

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 4-2 2024 (АПРЕЛЬ)

Учредитель журнала
Общество с ограниченной ответственностью
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Журнал издается с 2011 года.

Редакция:

Главный редактор
А.В. Царегородцев
Выпускающий редактор
Ю.Б. Миндлин
Верстка
М.А. Комарова

Подписной индекс издания
в каталоге агентства «Пресса России» — 80016
В течение года можно произвести подписку
на журнал непосредственно в редакции.

Издатель:

Общество с ограниченной ответственностью
«Научные технологии»

Адрес редакции и издателя:
109443, Москва, Волгоградский пр-т, 116-1-10
Тел/факс: 8(495) 142-8681
E-mail: redaktor@nauteh.ru
<http://www.nauteh-journal.ru>

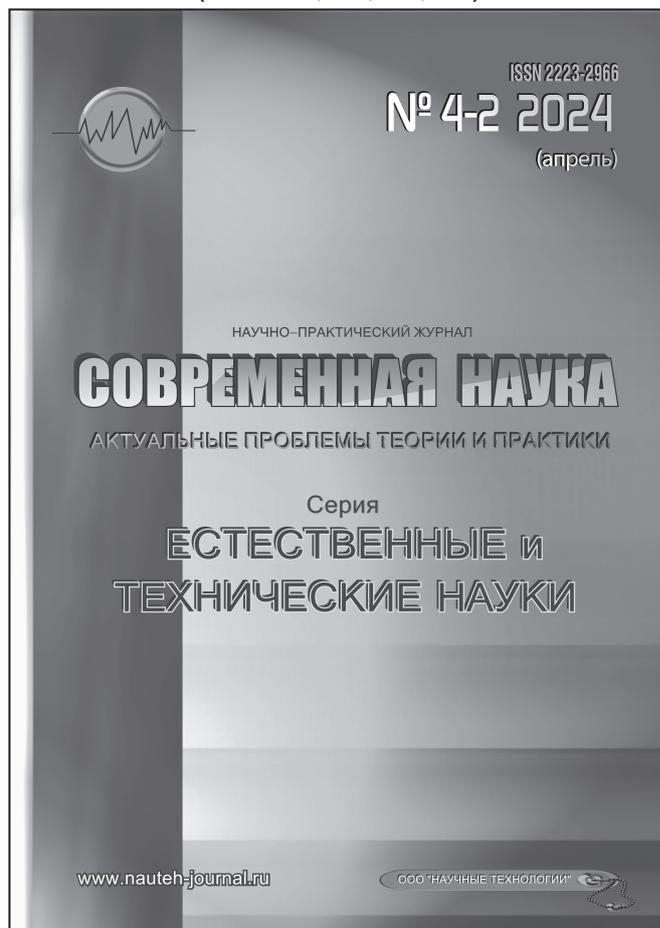
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС 77-44912 от 04.05.2011 г.

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(ВАК — 1.1.2, 1.5.x, 2.3.x, 3.1.x)



В НОМЕРЕ:

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ, ИНФОРМАТИКА,
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
И УПРАВЛЕНИЕ,
КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

Авторы статей несут полную ответственность
за точность приведенных сведений, данных и дат.

При перепечатке ссылка на журнал
«Современная наука:
Актуальные проблемы теории и практики» обязательна.

Журнал отпечатан в типографии
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296
Подписано в печать 25.04.2024 г. Формат 84x108 1/16
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



Редакционный совет

Атаев Алевдин Рашитханович — д.м.н., профессор, Дагестанский государственный медицинский университет

Безруких Марьям Моисеевна — д.б.н., профессор, Институт возрастной физиологии РАО

Бекетов Сергей Валериевич — д.б.н., ФГБНУ НИИ Пушного звероводства и кролиководства имени В.А. Афанасьева

Белых Владимир Иванович — Д.м.н., доцент, Алтайский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации

Грачев Николай Николаевич — доктор высшей степени в области технических наук (DoctorHabilitatus), профессор, Московский государственный институт электроники и математики НИУ ВШЭ (технический университет)

Гусева Анна Ивановна — д.т.н., профессор, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Зубкова Валентина Михайловна — д.б.н., профессор, Российский государственный социальный университет

Каллаев Нажмудин Омаркадиевич — д.м.н., профессор, Дагестанский государственный медицинский университет

Квасов Андрей Иванович — д.т.н., профессор, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикабаева

Корнеев Андрей Матиславович — д.т.н., профессор, Липецкий государственный технический университет

Корягина Наталья Александровна — д.м.н., доцент, Пермский государственный медицинский университет им. ак. Е.А.Вагнера Министерства здравоохранения Российской Федерации

Кравец Бронислава Борисовна — д.м.н., профессор, Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко Министерства здравоохранения Российской Федерации

Кулик Сергей Дмитриевич — д.т.н., доцент, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Матвеев Всеволод Борисович — д.м.н., профессор, ФГБУ РОНЦ им. Н.Н. Блохина, член-корреспондент РАН

Миндлин Юрий Борисович — к.э.н., доцент, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина

Надежкин Сергей Михайлович — д.б.н., профессор, Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур Россельхозакадемии

Овезов Алексей Мурадович — д.м.н., доцент, ГБУЗ МО Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского

Олейникова Светлана Александровна — д.т.н., доцент, Воронежский государственный технический университет

Рахимов Ильгизар Ильясович — д.б.н., профессор, Казанский (Приволжский) федеральный университет

Ромашкова Оксана Николаевна — д.т.н., профессор, Московский городской педагогический университет

Симаков Юрий Георгиевич — д.б.н., профессор, Московский государственный университет им. К.Г. Разумовского (ПКУ)

Симоненков Алексей Павлович — д.м.н., профессор, независимый эксперт

Трапезов Олег Васильевич — д.б.н., в.н.с., ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН»

Федорова Оксана Ивановна — д.б.н., доцент, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина

Харитонов Михаил Анатольевич — д.м.н., профессор, Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова

Царегородцев Анатолий Валерьевич — д.т.н., профессор, Московский государственный лингвистический университет redaktor3@nauteh.ru

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Общая биология

Борзенкова Т.Г., Егорова А.В. — Особенности естественного семенного возобновления клена ясенелистного в насаждениях Хабаровска
Borzenkova T., Egorova A. — Features of the natural seed renewal of the ash-leaved maple in the plantations of Khabarovsk7

Джанчаров Т.М., Шаламов Д.И., Котрелева А.Т. — Влияние абиотических факторов на рост и развитие яровых растений в условиях экологического стационара
Dzhancharov T., Shalamov D., Kotreleva A. — The influence of abiotic factors on the growth and development of spring plants in an ecological hospital10

Дударова Х.Ю., Дзармотова З.И. — Биоэкологическая характеристика и вредоносность *Zabrus tenebrioides* Goeze хлебной жужелицы в Республике Ингушетия
Dudarova Kh., Dzarmotova Z. — Ecology, harmfulness, and distribution of *Zabrus tenebrioides* Goeze grain beetle17

Нестеренко А.О., Целых Е.Д. — Влияние витальных факторов среды (вода, пища) на баланс микроэлементов в организме подростков разных этнических групп Охотского района Хабаровского края
Nesterenko A., Tselikh E. — Influence of vital environmental factors (water, food) on the balance of microelements in the body of teenagers in the Okhotsky district of Khabarovsk kray20

Информатика, вычислительная техника и управление

Айкин А.В., Никишин В.В., Игин П.К., Ремизов С.В. — Современные методы обработки и анализа сейсмических данных на основе машинного обучения
Aykin A., Nikishin V., Igin P., Remizov S. — Modern methods of processing and analyzing seismic data based on machine learning25

Аль-Думайни Омар Ахмед Хазаеа Шаиф, Величкин В.А. — Система климат-контроля для умных зданий на основе нечеткой логики IoT
Al-Dumaini Omar Ahmed Hazea Shaif, Velichkin V. — Climate control system for smart buildings based on fuzzy IoT logic28

Брусова А.А. — Применение нейронных сетей для антенных решеток
Brusova A. — The use of neural for antenna arrays . .32

Горячкин Б.С., Чиркин К.Н. — Анализ эффективности подходов фильтрации постов социальных сетей по теме эмиграции
Goryachkin B., Chirkin K. — Analysis of the effectiveness of approaches to filtering social media posts on the topic of emigration36

Горячкин Б.С., Канев А.И., Погосян С.Л. — Анализ эффективности взаимодействия компонентов клиент-серверной архитектуры информационной системы
Goryachkin B., Kanev A., Poghosyan S. — Analyzing the efficiency of interaction between components of client-server architecture of information system44

Ефимцев С.М., Журанков М.А., Мельников Д.А. — Применение нейросетевых алгоритмов и статистических моделей прогнозирования для автоматизации процессов управления проектами
Efimtsev S., Zhurankov M., Melnikov D. — Application of neural network algorithms and statistical forecasting models for automation of project management processes52

Жангериев А.Ю., Кардангушев И.З., Жангериев С.А. — О целесообразности использования нейросетевых детекторов в системе комплексной безопасности образовательной организации
Zhangeriev A., Kardangushev I., Zhangeriev S. — About the expediency of using neural network detectors in the integrated security system of an educational organization58

- Забавин А.С., Вихтенко Э.М.** — Разработка инфраструктуры автоматического взаимодействия ВУЗа с ГИС «Суперсервис: Поступай в вуз онлайн»
Zabavin A., Vikhtenko E. — Development of the infrastructure of automatic interaction of the university with GIS «Superservice: postupaj v vuz onlajn»63
- Зуева А.Н.** — Применение системного анализа для повышения эффективности управленческих решений в условиях неопределенности
Zueva A. — The use of system analysis to improve the effectiveness of management decisions in conditions of uncertainty70
- Косарева Е.А., Орлов С.П.** — Применение подхода системной инженерии при виртуальных испытаниях автономных автомобилей
Kosareva E., Orlov S. — Application of a systems engineering approach in virtual testing of autonomous vehicles77
- Максимейко В.Е.** — Применение алгоритмов прогнозирования энергопотребления
Maksimeyko V. — Application of energy consumption forecasting algorithms82
- Маринин А.К.** — Особенности назначения и анализ свойств ARM и x86 архитектур процессоров
Marinin A. — Features of assignment and analysis of properties of ARM and x86 processor architectures87
- Наумова К.Д., Радыгин В.Ю.** — Моделирование признаков и весов для построения доступной системы обнаружения и предотвращения атак на российских пользователей сети интернет, основанных на методах социальной инженерии
Naumova K., Radygin V. — Modeling of features and their weights for an accessible system for detecting and preventing attacks based on social engineering methods aimed at internet users and relevant to the current situation in the Russian Federation90
- Садовников В.К.** — Программно-аппаратный комплекс по оптимизации 3D-печатных деталей с использованием метода дифференциально сканирующая калориметрия
Sadovnikov V. — Software and hardware complex for optimization of 3D printed parts using the differential scanning calorimetry method95
- Сунь Хуэй, Чжуан Синьтун** — Применение технологий искусственного интеллекта для оптимизации технологических процессов в производстве
Sun Hui, Zhuang Xintong — The use of artificial intelligence technologies to optimize technological processes in production 102
- Сунь Хуэй, Чжуан Синьтун** — Разработка моделей прогнозирования и управления для автоматизированных производственных систем
Sun Hui, Zhuang Xintong — Development of forecasting and management models for automated production systems 110
- Федосеев А.И., Пономарева Л.А., Заболотникова В.С., Ромашкова О.Н.** — Математическая модель для оценивания влияния группы признаков цифрового портрета профессорско-преподавательского состава на конкурентоспособность вуза
Fedoseev A., Ponomareva L., Zabolotnicova V., Romashkova O. — A mathematical model for evaluating the influence of a group of features of a digital portrait of the teaching staff the competitiveness of the university 118
- Харичкин А.К.** — Проблемы и перспективы адаптации цифровых технологий в коммерческих предприятиях российской экономики
Kharichkin A. — Problems and prospects of digital technologies adaptation in commercial enterprises of the Russian economy 124
- Царева С.А., Уваровская П.А., Щербакова А.А., Денисова Я.В.** — Повышение результативности процесса пассажироперевозок на основе принципов потокового графа
Tsareva S., Uvarovskaya P., Shcherbakova A., Denisova Ya. — Improving the efficiency of the passenger transportation process based on the principles of the streaming graph 131
- Шалобанов С.В., Шалобанов С.С.** — Поиск кратных дефектов в непрерывных динамических системах
Shalobanov S., Shalobanov S. — Search for multiple defects in continuous dynamic systems 136

Клиническая медицина

Айвазова Д.С., Торопов (Григорян) К.А. — Беременность при спинальной мышечной атрофии
Aivazova D., Toropova (Grigoryan) K. — Pregnancy with spinal muscular atrophy 139

Батомункуев А.О. — Особенности микробиоты влагалища у беременных с истмико-цервикальной недостаточностью
Batomunkuev A. — Features of the vaginal microbiota in pregnant women with cervical incompetence. . 144

Ваганов А.Г., Лисицкий Д.А., Ночной М.С., Гавриленко А.В. — Определение показаний к гибридным реконструкциям на артериях нижних конечностей
Vaganov A., Lisitsky D., Nochnoy M., Gavrilenko A. — Determination of indications for hybrid reconstructions on the arteries of the lower extremities 150

Гаулика В.О., Парсаданян А.М., Кузнецов Е.В. — Пути улучшения и современные подходы к диагностике и лечению раннего рака толстой кишки: клинический случай
Gaulika V., Parsadanyan A., Kuznetsov E. — Ways to improve and modern approaches to diagnosis and treatment of early colon cancer: clinical case 156

Давлетшина А.Р. — Современные подходы к выбору конструкций при протезировании на зубных имплантатах у пациентов с полной адентией. Обзор литературы
Davletshina A. — Modern approaches to the choice of structures for prosthetics on dental implants in patients with complete adentia. Literature review 161

Ерокина Н.Л., Лепилин А.В., Бахтеева Г.Р., Жилкина О.В., Яворски Д.Я., Алланазаров А., Беянина Т.В., Волкова О.Ю. — Аппаратная реабилитация в лечении переломов нижней челюсти
Erokina N., Lepilin A., Bakhteeva G., Zhilkina O., Yavorsky D., Allanazarov A., Belyanina T., Volkova O. — Ardware rehabilitation in the treatment of fractures of the lower jaw 167

Загорулько А.И., Черняев М.В., Колединский А.Г. — Пятилетние результаты применения биорезорбируемых скаффолдов в исследовании Absorb IV. (Обзор литературы)

Zagorulko A., Chernyaev M., Koledinskiy A. — Five-year results of bioresorbable scaffolds in the Absorb study IV. (Literature review) 170

Иванов Д.О., Климов А.Г., Фищев С.Б., Филатова О.О., Курчина Е.В., Исаев Т.И., Дитковская Л.В., Миронова А.В. — Оптимизация стоматологической помощи детскому населению Чеченской республики
Ivanov D., Klimov A., Fischev S., Filatova O., Kurchina E., Isaev T., Ditkovskaya L., Mironova A. — Optimization of dental care for the children of the Chechen Republic 174

Коновалова М.В., Гайдуков С.Н., Прохорович Т.И., Матевосян И.Э., Васильев В.В. — Внематочная беременность после ЭКО: клинический случай
Konovalova M., Gaidukov S., Prokhorovich T., Matevosyan I., Vasiliev V. — Ectopic pregnancy after IVF: clinical case 179

Мальцев В.О., Яшнов А.А., Коновалова О.Г., Юмцунова Ч., Черешнева О.И., Вдовина М.Г. — Проблемы современной диагностики острого панкреатита (обзор)
Maltsev V., Yashnov A., Konovalova O., Yumtsunova Ch., Cheresheva O., Vdovina M. — Problems of modern diagnosis of acute pancreatitis (review) 183

Падерина Д.З., Иванова С.А. — Фармакогенетическое исследование нейрорептической гиперпролактинемии у пациентов с шизофренией в зависимости от профиля антипсихотической терапии
Paderina D., Ivanova S. — Pharmacogenetic study of neuroleptic hyperprolactinemia in patients with schizophrenia depending on the profile of antipsychotic therapy 188

Трубникова Л.И., Антонева И.И., Иглина М.А., Албутова М.Л., Клыкова А.В., Ларина Т.Н. — Маркеры рецидивирования наружного генитального эндометриоза
Trubnikova L., Antoneeva I., Iglina M., Albutova M., Klykova A., Larina T. — Recurrence markers of external genital endometriosis 192

Фищев С.Б., Шторина А.А., Галстян С.Г., Рожкова М.Г., Павлова С.Г., Севастьянов А.В., Пуздырева М.Н., Попов В.П. — Использование стекловолоконного шинирующего материала Dentapreg при генерализованном пародонтите

<i>Fischev S., Shtorina A., Galstyan S., Rozhkova M., Pavlova S., Sevastyanov A., Puzdyreva M., Popov V.</i> — The use of Dentapreg fiberglass splinting material for generalized periodontitis.....	197
Царенко Н.О., Лазарева А.С., Идрисова Л.Р., Муслимова Д.М., Ляннёва В.С. — Управление болью при эндодонтическом лечении: подготовка, процедуры и последующие шаги <i>Tsarenko N., Lazareva A., Idrisova L., Muslimova D., Lyapneva V.</i> — Pain management in endodontic treatment: preparation, procedures and next steps.....	201
Шторина А.А., Климов А.Г., Фищев С.Б., Рожкова М.Г., Павлова С.Г., Севастьянов А.В., Пуздырева М.Н., Фищева А.В. — Особенности использования стекловолоконных шинирующих материалов при подвижности зубов <i>Shtorina A., Klimov A., Fischev S., Rozhkova M., Pavlova S., Sevastyanov A., Puzdyreva M., Fischeva A.</i> — Features of the use of fiberglass splinting materials for dental mobility.....	205
Наши авторы	209

ОСОБЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО СЕМЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ КЛЕНА ЯСЕНЕЛИСТНОГО В НАСАЖДЕНИЯХ ХАБАРОВСКА

FEATURES OF THE NATURAL SEED RENEWAL OF THE ASH-LEAVED MAPLE IN THE PLANTATIONS OF Khabarovsk

T. Borzenkova
A. Egorova

Summary. The article considers the results of a study of the natural seed renewal of an introduced plant in the plantations of the city of Khabarovsk — *Acer negundo*. The species has a high ability to form seed progeny and successful survival of seedlings and undergrowth. The observations indicate that the ash-leaved maple is capable of active uncontrolled settlement in urban ecosystems. This determines the invasiveness of the species in the region.

Keywords: *Acer negundo*, self-seeding, early stages of ontogenesis, invasiveness.

Борзенкова Татьяна Геннадьевна

Аспирант, Тихоокеанский государственный университет (Хабаровск)
borzenkovatg@gmail.com

Егорова Анна Викторовна

Ассистент, Тихоокеанский государственный университет (Хабаровск)
lapatina_anna@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены результаты исследования естественного семенного возобновления интродуцента в насаждениях города Хабаровска — клена ясенелистного. У вида отмечается высокая способность к образованию семенного потомства и успешное выживание проростков и подраста. Проведенные наблюдения указывают на то, что клен ясенелистный способен к активному неконтролируемому расселению в условиях городских экосистем. Это предопределяет инвазивность вида в регионе.

Ключевые слова: *Acer negundo*, самосев, ранние этапы онтогенеза, инвазивность.

Городская дендрофлора рассматривается в качестве самостоятельного объекта исследования и характеризуется как парциальная флора локального уровня, включающая в себя аборигенные и чужеродные древесные виды, встречающиеся в открытом грунте без специальных мер ухода [1]. Одной из научных задач анализа дендрофлоры является исследование биологических особенностей древесных растений местного и чужеродного происхождения в городской среде.

Объект нашего исследования клен ясенелистный (*Acer negundo* L., Sapindaceae) — опасный инвазионный вид на территории России [2]. Этот североамериканский вид, интродуцированный в России почти полтора века назад, успешно натурализовался и активно расселяется, и внедряется в естественные и полуестественные сообщества во всех регионах страны. В городе Хабаровске вид широко представлен в городских насаждениях вдоль улиц, в парках и скверах, а также в антропогенных местообитаниях [3]. Активно заселяет заброшенные пустыри, овражные склоны, вдоль путепроводов, хозяйственных построек и ограждений. Причисляется к группе инвазионных видов Дальнего Востока России [4].

В задачу нашей работы входило исследование естественного семенного возобновления путем самосева и состояния проростков и сеянцев клена ясенелистного в условиях города Хабаровска. Оно необходимо для сравнительного анализа полученных данных с таковы-

ми по другим российским регионам, а также для научно-практических рекомендаций к мониторингу за популяциями инвазионного вида в регионе.

Ю.К. Виноградовой, С.Р. Майоровым и М.В. Костиной [4] представлены результаты исследования развития проростков и сеянцев клена ясенелистного в условиях ботанического сада, выращенных из семян, собранных в европейской части России, на Урале, Алтае, в Амурской области и на Сахалине. Отмечено, что рост и развитие проростков и сеянцев клена проявляют сильную вариативность, обусловленную происхождением семенного материала. Оказалось, что в условиях Московской области проростки клена, выращенные из семян дальневосточной репродукции (Амурская область, Сахалин), показывают средние значения ритма развития и темпов прироста растений. Наибольшие показатели наблюдаются у проростков, выращенных из семян европейского происхождения, а наименьшие — у проростков, выращенных из семян среднеазиатского и кавказского происхождения (Ташкент, Сухуми).

Материал для исследования был собран в естественных условиях в лесопарковой зоне города Хабаровска с мая по октябрь месяцы 2023 года. Климатические характеристики района исследования следующие: среднегодовое количество осадков 783 мм, средняя температура июля + 21,6° С, максимальное количество осадков в августе, безморозный период 200–210 дней (<https://>

ru.climate-data.org). Наблюдения проводились в ходе маршрутно-рекогносцировочных экскурсий, совершаемых в парках и скверах через каждые 10–14 дней. Выбирались места массового появления проростков и развития сеянцев. Обследованы местообитания вдоль ограждений и заборов, бордюров в условиях рассеянного (иногда полного) освещения, и под кронами материнских деревьев клена в тени. В местообитаниях почвенный покров, мало задерненный без застойного увлажнения, регулярного скашивания и прополки. Проводились количественные подсчеты проростков на 1 м² длины гипокотыля, длины эпикотыля, количество пар листьев, а также отмечались качественные изменения формы листьев от простых до сложных, характера ветвления и нарастания надземных осей. Годичные приросты определялись по почечным кольцам. В ходе наблюдений собраны гербарии и фотоматериалы.

В наших наблюдениях первые единичные проростки клена ясенелистного отмечались в конце апреля — в начале мая. В освещенных местообитаниях количество проростков 10–15 на 1 м². В относительной тени под деревьями количество проростков меньше 5–6 на 1 м². Прорастание надземное. Семядольные листья линейные, цельнокрайние. Гипокотиль (30,5 мм) и эпикотиль (30 мм) почти не различаются по длине. Семядоли находятся почти на одном уровне с первой парой настоящих листьев и принимают активное участие в фотосинтезе. Настоящие листья простые яйцевидной формы по краю сглаженнозубчатые.

В середине мая наблюдается активный рост проростков в различных освещенных экотопах. Количество их значительное до 100–150 шт. на 1 м². Семядольные листья замедляются в росте и желтеют. Гипокотиль прекращает свой рост в длину. Появляется первая пара настоящих листьев. Общая длина стебля увеличивается уже за счет роста второго и последующих междоузлий.

В первой половине июня отмечается усыхание семядолей и появление второй и третьей пары настоящих листьев. Наблюдается естественное самоизреживание проростков: в местах массового развития проростков. Число их уменьшается (от 100–150 шт. до 30–50 шт.). Это может быть связано с комплексом экологических факторов конкретного местообитания: израсходование питательных веществ в почве, снижение влагообеспеченности экотопа, уменьшение освещенности и усиление конкуренции со стороны травянистой растительности.

И.В. Ефимова и И.С. Антонова [5] отмечают, что в зародыше семени содержится две пары листьев и развитие третьей и последующих пар листьев осуществляется в ходе открытого роста. Поэтому при анализе темпов роста проростков важным показателем является длина второго-третьего междоузлий, что свидетельствует

об оптимальных условиях местообитания. По нашим наблюдениям, проростки, выросшие на свету, характеризуются большей длиной третьего междоузлия (~50 мм), чем проростки, выросшие в тени под кронами деревьев (~30 мм). Видимо, освещенность местообитания является важным экологическим фактором роста проростков.

В условиях Хабаровска у проростков клена ясенелистного в первый год образуются в основном 2–3 пары листьев с цельной пластинкой при небольшой общей длине стебля (от 100 до 120 мм). Интенсивный рост сеянцев наблюдается в июне-начале июля. В дальнейшем рост сеянцев замедляется. Образование верхушечной почки у большинства проростков происходит в течение августа месяца. Следовательно, в течение первого вегетационного сезона сеянцы клена ясенелистного в условиях Хабаровска находятся на стадии проростков, не переходя в последующую ювенильную фазу развития.

По сведениям Ю.К. Виноградовой, С.Р. Майоровой и М.В. Костиной [4], европейские сеянцы в первый же год формируют до 15–16 пар листьев и достигают высоты до 500 мм. На осях однолетних сеянцев образуются при нижних узлах простые цельные листья, средних узлах — простые тройчатолопастные, а при верхних узлах — тройчатосложные листья. То есть, европейские сеянцы характеризуются высокими темпами развития: переходят к ювенильной стадии онтогенеза уже в первый год жизни. В этом отношении, хабаровские сеянцы приступают к ювенильной стадии лишь на втором году жизни.

Развертываются тройчатолопастные и тройчатосложные листья до 7–8 пар. Стебель приобретает анизотропный рост: полегает в нижней прошлогодней части, перезимовывая под защитой листового опада и снегового покрова, а верхней части интенсивно возобновляется и растет вертикально. У сеянцев нарастание побега моноподиальное. Ветвления не наблюдается. Встречались единичные сеянцы, у которых наблюдается формирование ксилоризома.

На третьем году жизни сеянцы начинают ветвиться вследствие отмирания верхушки главной оси. Возможно, причина явления кроется в обмерзании зимой. Трехлетние сеянцы приобретают либо симподиальное нарастание, либо ложнодихотомическое нарастание. Побеги нарастания несут исключительно тройчатосложные листья. Это — имматурные (полувзрослые) особи.

При отсутствии нарушений почвенного покрова, имматурные особи начинают интенсивный рост и формируют пионерные группировки с высоким проективным покрытием.

В дальнейшем, последующие виргинильные и молодые генеративные особи, характеризующиеся наи-

большими приростами вегетативных ростовых побегов, образуют уже обширные по площади монодоминантные заросли [7]. В условиях города Хабаровска спонтанно выросшие кленовые заросли массово захватывают антропогенно нарушенные территории по заброшенным пустырям и овражным склонам.

Таким образом, ранние этапы онтогенеза клена ясенелистного при естественном семенном возобновлении в условиях Хабаровска характеризуются продолжительностью стадий: каждая стадия реализуется в течение целого вегетационного сезона. Переход к последующей стадии осуществляется лишь на следующий сезон. Поскольку город Хабаровск располагается в лесной зоне

с благоприятными общеклиматическими факторами среды для нормального роста широколиственных древесных растений, то временные и параметрические показатели ранних стадий онтогенеза клена ясенелистного возможно генетически предопределенные.

На стадиях проростков, ювенильных и имматурных особей клен ясенелистный не проявляет признаков активного расселения и является уязвимым. Такую естественную особенность онтогенеза вида необходимо учитывать при ограничении численности инвазионных популяций данного вида в городе Хабаровске путем уничтожения двух-трехлетних подростов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пастушенко А.Д. 2021. Дендрофлора города Рязани: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва. 20 с.
2. Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100). 2018. / Ред. Дзебуадзе Ю.Ю., Петросян В.Г., Хляп Л.А. М.: Т-во науч. изданий КМК. 668 с.
3. Калита Г.А., Калита О.Н. 2018. Клен ясенелистный (американский) — современное состояние интродукции // Материалы научно-практической конференции «Философия современного природопользования в бассейне Амура» (Хабаровск, июнь 2018). Хабаровск: Изд-во ТОГУ. С. 70–72.
4. Виноградова Ю.К., Антонова Л.А., Дарман Г.Ф. и др. 2021. Черная книга флоры Дальнего Востока: инвазионные виды в экосистемах Дальневосточного федерального округа. М.: Т-во науч. изданий КМК. 510 с.
5. Ефимова И.В., Антонова И.С. 2012. Развитие однолетних проростков *Acer negundo* L. в разных климатических и экологических условиях // Вестн. СПбГУ. Сер. 3. Вып. 3. С. 31–37.
6. Борзенкова Т.Г. Изучения жизненной формы инвазивного вида Клена ясенелистного (*Acer negundo* L.) в г. Хабаровске // Биоморфология растений: традиции и современность. Материалы Международной научной конференции. Киров, 2022. С. 113–116.

© Борзенкова Татьяна Геннадьевна (borzenkovatg@gmail.com); Егорова Анна Викторовна (lapatina_anna@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЯРОВЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА

THE INFLUENCE OF ABIOTIC FACTORS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF SPRING PLANTS IN AN ECOLOGICAL HOSPITAL

**T. Dzhancharov
D. Shalamov
A. Kotreleva**

Summary. On the territory of the ecological hospital, we have established experience in assessing the productivity of grain crops. The technique is based on the assessment of plant growth and associated weather conditions. The assessment was carried out according to meteorological observation data and data on the growth and development of grain crops, according to the ZADOX scale. The air temperature was measured with a mercury thermometer. An anemometer is used to analyze wind speed. To assess the soil temperature, an above-ground thermometer, urgent and maximum, as well as Savinov thermometers were used. The absolute humidity of the air is a value that estimates the amount of moisture in the air, is a calculated value and is estimated relative to the vapor pressure in the air to the equilibrium vapor pressure saturated at a given temperature, measured by a hygrometer.

Keywords: spring plants, abiotic factors, fertilizers, productivity, sowing.

Джанчаров Турмушбек Мурзабекович
канд. биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
имени К.А. Тимирязева, РФ, г. Москва
tdzhancharov@rgau-msha.ru

Шаламов Дмитрий Игоревич
ассистент, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
имени К.А. Тимирязева, РФ, г. Москва
shalamov.dmitrii@rgau-msha.ru

Котрелева Анна Тимофеевна
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, РФ, г. Москва
atnura05@mail.ru

Аннотация. На территории экологического стационара нами был заложен опыт по оценке продуктивности развития зерновых культур. Методика основана на оценке роста растения и связанных с ней погодных условий. Оценка проводилась по данным метеорологического наблюдения и данным по росту и развитию зерновых культур, по шкале ЗАДОКС. Для анализа скорости ветра используется анемометр. Для оценки температуры почвы использовался надпочвенный термометр срочный и максимальный, а также термометры Савинова. Абсолютная влажность воздуха — это величина, оценивающая количество влаги в воздухе, является вычисляемой величиной и оценивается относительно давления паров в воздухе к равновесному давлению паров, насыщенных при данной температуре, измеряется гигрометром.

Ключевые слова: яровая пшеница, абиотические факторы, погодные условия, удобрения, биопродуктивность.

Введение

Одним из наиболее важных факторов в развитии растений являются факторы абиотических воздействий, поскольку именно абиотические факторы воздействуют в большей части на растения. Современное глобальное изменение климата ставит новые задачи перед аграрными науками, что обосновывает актуальность проблемы.

Глобальное изменение климата напрямую воздействует на растения и человека, поскольку происходит общее изменение температурных показателей, и растениям и человеку приходится приспосабливаться к этим изменениям. В том числе, необходимо применение различных удобрений, которые могут позволить человеку сохранить урожай и не подвергнуть его урону, связанному со стрессом для растений.

Минеральные удобрения занимают важное место в развитии растений пшеницы. Макроэлементы, такие как: азот, фосфор и калий — наиболее важны для раз-

вития растений. Большое количество азота в пахотном горизонте ведет к крайне быстрому росту и развитию надземной части растений. При недостатке же азота растение может развиваться медленней. Крайне важно выбрать время внесения азотных удобрений, внесение должно быть обязательно завязано на фазах развития. Обязательно нужно равновесие в почве между азотом и калием, фосфором, но особенно необходимо следить за фосфором для хорошего развития колоса. Самую большую роль в растениях пшеницы азот имеет для развития колоса и грамотного его налива, очень важно контролировать азот в почве в течении всего периода вегетации для полноценного наблюдения за ростом и развитием растений пшеницы

Цель исследования — изучение влияния погодных факторов на рост и развитие опытных культур в условиях экологического стационара.

Задачи исследования:

1. Изучить формирование продуктивности яровой пшеницы в условиях вегетационного периода;

2. Проанализировать связь между влиянием температуры и других факторов внешней среды на рост и развитие яровой пшеницы;
3. Оценить воздействие метеоусловий на прохождение этапов онтогенеза яровой пшеницы за весь период вегетации.

Температура — один из наиболее лимитирующих факторов для роста и развития пшеницы. Идеальная температура существования пшеницы от 12 до 25 градусов. Эти цифры относятся ко всему периоду вегетации, конкретно по фазам развития, влияние температуры отличается. Крайне важна температура не только воздуха, но и почвы, и крайне важно чтобы растение не ощущало перегрева. Важность температуры, как фактора, также оказывает сильное воздействие на первые дни посева растений. Важно, чтобы почва не перегревалась и обладала достаточным количеством влаги, растворенной в профиле почвы.

Яровая пшеница довольно устойчива к низкой температуре и выдерживает низкие температуры при условии, что почва будет сухой. Если почва влажная, то устойчивость семян к низким температурам сильно снижается и может в скором времени привести к снижению выживаемости растений.

Климат Москвы выраженно умеренно-континентальный, с большим влиянием морского атлантического течения, в климате Москвы отчетливо выделяется выраженная сезонность. Морозы в Москве не бывают дольше чем 2–4 недели, а период большой жары летом может быть до 1,5 месяцев, например, такой жаркий год был в 2010–2011 годах

Территория же экологического стационара обладает всем означенными особенностями рельефа Москвы. В целом, это несколько плоских полей, среди которых находится пойма реки Жабенки, от которой лучами отходят мелиоративные углубления, которые, в свою очередь, были построены в прошлом веке с целью оросительно-осушительных мероприятий на этой территории.

На территории экологического стационара выражены Урбанизированные агродерново-подзолистые почвы.

Приборы и методология исследований

На территории экологического стационара нами был заложен опыт по оценке продуктивности развития зерновых культур. Методика основана на оценке роста растения и связанных с ней погодных условий. Оценка проводилась по данным метеорологического наблюдения и данным по росту и развитию зерновых культур, по шкале ЗАДОКС. В качестве метеорологиче-

ских данных изучалась температура в полдень, как одна из наиболее высоких, и температура в полночь, как одна из наиболее низких, на их основе проводилось нахождение разницы температур, производилась оценка скорости ветра, относительной влажности, осадков. Также производилась оценка среднего суточного дефицита насыщенности воздуха, одним из наиболее важных факторов была выделена температура почвы на поверхности среднесуточная, а также температура поверхности почвы максимальная, в том числе в качестве дополнительного параметра выделены были: температура почвы на глубине 5 см, температура почвы на глубине 10 см.

Осадки измеряются при помощи специализированных емкостей, которые закапываются в землю, а над ними ставится воронка 6 которая и собирает все осадки с данной поверхности.

Для анализа скорости ветра используется анемометр, это специализированный прибор, который также может исследовать движение газов в атмосфере или же в вентиляции, в нашем же случае он используется для определения конкретной скорости ветра.

Посев и агротехнические приемы

Предварительно перед посевом на территории стационара был проведен целый спектр подготовительных мероприятий, таких как очистка полей от отходов. Дискование почвы проводится перед вспашкой для более качественной подготовки почвы для будущего посева, процедура в целом предназначена для проведения осенью, но, в данном случае, была выбрана весна.

Фитосанитарный контроль

На территории экологического стационара в период вегетации были замечены насекомые вредители. Обыкновенная злаковая тля, один из представителей этих насекомых, вредитель злаков, крайне распространенный на территории центрального региона России.

Влияние температурного стресса на продуктивность пшеницы

Потеря урожайности состоит в сокращении продолжительности вегетационного периода, при котором теряется в среднем 6-я часть урожая. Избежать этих потерь невозможно. Поскольку не существует полноценного агротехнического приема способного стабилизировать данные потери, необходимо конкретное изучение повреждений, которые наносятся абиотическими факторами. Необходимо изучение различных факторов, влияющих на развитие и рост растений, и оценка периодов, в которые растение наиболее подвержено урону абиотических факторов. В качестве факторов, влияющих

на развитие растений пшеницы на территории экологического стационара, были выбраны несколько факторов.

Результаты анализа погодных условий

Данные о погодных явлениях были перенесены в таблицы и подвергнуты анализу. Цветами в таблицах отмечены кодировки различных стрессов. Красным характеризуется сильный стресс, который может подвергнуть растение серьезному негативному влиянию. Оранжевым характеризуется средний стресс, который может подвергнуть растение негативному влиянию. Желтым характеризуется слабый стресс, который оказывает слабое негативное воздействие на растение.

В таблице 1 мы можем заметить, что из 16 дней полностью бесстрессовым является только 19 мая, остальные же разнятся от малого и до сильного стресса.

В таблице 2 можно заметить, что всего 9 дней по разнице температур характеризовались слабым стрессом, 1 день характеризовался средним стрессом, в целом же, месяц более стабилен в плане разницы температур. Количество осадков в июне меньше среднегодовой нормы почти на 30 %, однако это компенсируется довольно равномерным их выпадением.

В июле температурный режим продолжал в общем сглаживаться и температурные колебания были не так велики, в таблице 3 можно отметить 9 дней стресса, 1 день среднего стресса и 2 дня стресса малого.

Август месяц характеризовался стабильным температурным режимом, в таблице 4 можно заметить, что всего 11 дней характеризовались слабым стрессом, что не могло повлиять на рост и развитие растений

По рассмотренным данным можно заключить (по таблице 5), что наибольшее отставание от графика наблюдалось в период посева и начального развития растений, эта ситуация вызвана серьезными стрессами, которые происходили с растениями пшеницы в этот период, однако уже с наступлением июня отставание от шкалы Задокса начинает корректироваться, это связано с несколькими факторами, одним из них является внесение удобрений, особенно Агриноса 2, который позволил растениям развить стабильно расти и развиваться.

Исследование показало тесную связь развития растений и температурного режима, а также большое влияние своевременного внесения удобрений и уничтожение насекомых и болезней позволило скомпенсировать

Таблица 1.

Погодные данные за май месяц

День	t°C полдень	t°C полночь	Разница температур	Ветер м/с	Относительная влажность % полдень	Осадки, мм	Средний суточный дефицит насыщения воздуха, гПа	t°C на поверхности почвы средн	t°C на поверхности почвы макс	t°C на поверхности почвы мин	t°C почвы на глубине 5 см	t°C почвы на глубине 10 см
15	20,7	13,6	7,1	1	68	0,8	6,4	17,6	33,4	8,3	17,6	17,2
16	21,7	13,1	8,6	1	66		8,2	20,6	38,4	8,2	17,5	16,8
17	25,2	17	8,2	1	60		11,1	24,1	41,3	14	19,5	18,4
18	24,7	19,7	5	1	74	5,9	7	21,6	46,4	13,3	18,8	18,1
19	16,2	15,2	1	1	91	13,7	1,6	16,1	25,3	13,9	16,9	16,6
20	10,8	11,4	-0,6	3	93	9,6	0,9	12,4	15,5	9,5	13,7	14,3
21	18	9,2	8,8	2	56		8,5	15,8	29,5	3,4	13,8	13,8
22	16	11,1	4,9	1	63		6,9	14,2	28,5	5,2	13,4	13,8
23	20,3	14,6	5,7	1	70		7,2	19,2	33	10,2	16,8	15,7
24	22,3	13,1	9,2	2	67		8	20	37,6	7,2	17,5	16,7
25	16,9	16,8	0,1	3	55		8,5	20,6	36,1	11,2	17,9	17,3
26	18,2	12,7	5,5	1	52		9,1	18,7	33,6	5,6	16,6	15,8
27	21,6	12,8	8,8	1	52		10,3	20,5	36	6	18	16,7
28	16,2	16	0,2	3	58		7,8	19,4	38	9,4	19	17,6
29	18,8	9,7	9,1	2	52		9,9	19,4	40,4	4,4	18,1	17,1
30	23,3	17,2	6,1	3	51		12	23,6	40,2	11,2	19,9	18,2
31	12	15,7	-3,7	4	59		5,7	15,6	32,6	8,4	16,7	17,3

Таблица 2.

Погодные данные за июнь месяц

День	t°C полдень	t°C полночь	Разни- ца t°C	Ветер м/с	Относи- тельная влажность % полдень	Осадки, мм	Средний суточ- ный дефицит насыщения воздуха, гПа	t°C на поверх- ности почвы средн	t°C на по- верхности почвы макс	t°C на по- верхности почвы мин	t°C почвы на глуби- не 5 см	t°C почвы на глубине 10 см
1	9,70	6,8	2,90	4	41	–	5,4	22,4	35,4	16,6	21,6	21,3
2	16,1	8,6	7,50	2	35	–	9,5	21	32,2	15	20,8	20,8
3	20	16	4,00	1	32	–	11,4	16,5	26,6	8,5	17,7	18,4
4	19,5	17,8	1,70	2	34	1	9,8	17,7	26,5	13,3	17,4	17,5
5	12,9	14,6	1,70	3	58	6	3,5	18,7	30,4	10,5	17,8	17,6
6	9,8	7,5	2,30	2	46	0,6	4,7	19,9	33,5	12,7	18,5	18,2
7	11,1	8,1	3,00	1	37	0	6,1	21,9	33,7	12,6	19,3	19
8	11,6	12,4	0,80	2	57	12,3	3,8	19,3	30,4	14,4	19,1	18,8
9	9,8	9,3	0,50	3	44	0	4,5	18,1	28	13,4	18,2	18
10	9,4	6,9	2,50	1	81	1,8	2,3	18,5	28,1	12	18,8	18,7
11	13,5	9,8	3,70	1	64	1	3,9	16	29,2	9	13,8	13,3
12	16,7	13,4	3,30	2	39	9,5	5	17,9	36,5	13,2	15,8	15,2
13	16,8	16,7	0,10	3	68	–	5,8	18,9	32,4	11,1	16,9	16,2
14	13,1	11,7	1,40	2	47	–	6,2	16,7	29,5	6,7	15	15,3
15	15,8	11,2	4,60	2	30	–	9,7	19	36,3	8,4	17,2	16,5
16	17,3	11,7	5,60	1	28	–	10,8	20,5	41	5,7	18,2	17,6
17	18,9	13,8	5,10	1	32	–	10,6	22,6	41,6	9,3	19,6	18,8
18	21	15,1	5,90	1	31	–	12,8	24,3	45,4	10,3	20,5	19,7
19	20,9	17,1	3,80	1	57	4,1	8,7	23,7	44,3	13,4	21,5	20,6
20	19,5	19,1	0,40	2	33	–	11,6	22,7	36,5	14,7	20,7	20,1
21	18,3	12,9	5,40	2	38	–	9,6	20,3	35,6	9	19,3	19,1
22	22,7	16,2	6,50	1	36	–	13,2	25,1	41,8	11,5	21,7	20,7
23	21,5	21,2	0,30	2	49	7,6	8,6	25,6	44,2	16,6	23,9	22,9
24	23,4	23,5	0,10	1	42	–	13,2	22	37,7	15,4	22	21,6
25	18,1	15,8	2,30	1	46	0,4	8,3	21,5	38	12,6	20,9	20,4
26	19,8	16,8	3,00	2	32	–	11,5	23,1	48,4	12,3	21,6	21
27	21,6	16,3	5,30	2	34	–	13,4	27,3	49,5	13	22,4	21,4
28	21,8	17,3	4,50	2	31	–	13,3	28,3	48,7	11,9	23,1	22,2
29	22,3	16,1	6,20	2	34	–	13,1	25,9	48,8	12,9	23,2	22,6
30	22,6	16,3	6,30	1	56	10	9,1	26,2	47,4	16,6	23,2	22,6

изначальное состояние, и даже превратить отрицательную динамику развития в положительную. В качестве рекомендаций, следует выделить необходимость во всестороннем изучении различных периодов развития растений пшеницы, а также дополнительно внимательно вносить достаточное количество удобрений для стабилизации возможного отставания в развитии растений пшеницы.

Заключение

1. Исследование абиотических факторов показало их значительное влияние на рост и развитие растений в условиях вегетационного периода.
2. Установлена тесная связь метеоусловий с особенностями онтогенеза яровой пшеницы, в особенности в начале вегетации, по нашим наблюдениям отставание от шкалы Задокса составило до 14 дней.

Таблица 3.

Погодные данные за июль месяц

День	t°C полдень	t°C полночь	Разница температур	Ветер м/с	Относительная влажность % полдень	Осадки, мм	Средний суточный дефицит насыщения воздуха, гПа	t°C на поверхности почвы средн	t°C на поверхности почвы макс	t°C на поверхности почвы мин	t°C почвы на глубине 5 см	t°C почвы на глубине 10 см
1	21,1	20,8	0,3	1	80	5,5	5,9	22,4	35,4	16,4	21,6	21,3
2	19,1	18,4	0,7	2	62		8,8	21	32,2	15	20,8	20,8
3	15,9	20,4	-4,5	1	63	0,5	7	16,5	26,6	8,5	17,7	18,4
4	15,3	15,5	-0,2	1	81	4,9	3,4	17,7	26,5	13,3	17,4	17,5
5	16,5	13,3	3,2	1	77	10,7	5,5	18,7	30,4	10,5	17,8	17,6
6	18,9	16,9	2	3	64		8,7	19,9	33,5	12,7	18,5	18,2
7	18,9	17	1,9	4	67		7,7	21,9	33,7	12,6	19,3	19
8	17,6	15,8	1,8	1	86	4,9	3,1	19,3	30,4	14,4	19,1	18,8
9	16,7	15,8	0,9	2	87	2,4	2,7	18,1	28	13,4	18,2	18
10	18,1	16,9	1,2	1	83		3,9	18,5	28,1	12	20	18,7
11	9,6	17,2	-7,6	2	83		4,5	21,8	33,6	16,2	21	20,3
12	21,5	18	3,5	1	65		11	23,3	37	12	21	20,7
13	20,6	17,1	3,5	1	68		8,8	21,5	38,8	11,4	21,5	21
14	21,4	18,6	2,8	1	72	0,3	7,9	23,3	39,5	16,5	22,7	21,6
15	22,5	19,3	3,2	1	73		8,9	23,7	43,4	15,5	23,9	22,9
16	24,5	20,3	4,2	2	66		12,5	29,3	50,2	15,9	25,3	24,1
17	25	23,4	1,6	1	65		12	28,5	49,5	17	22,5	22,7
18	21,7	23,1	-1,4	3	82	1,9	5	22,1	29,6	18,6	21,4	21,3
19	21,3	21,1	0,2	2	83	19,6	4,4	23	36,6	19,2	22	21,5
20	21,5	20	1,5	1	90	19,2	3	23,7	33,6	22	22,1	21,6
21	22	21,4	0,6	1	84		4,7	23,2	33	20	22,2	21,7
22	21,3	21	0,3	1	83	1	4,5	21,2	36,2	16,1	20,7	20,7
23	19,6	19,9	-0,3	1	78	1,2	5,5	20,4	29,5	16,6	19,1	19,4
24	17,9	18	-0,1	2	88	1	2,7	19,1	25	16	20,2	20
25	20	18,5	1,5	1	73	0,5	7	21,1	36,2	16,1	21,5	20,8
26	21,5	17,6	3,9	2	79	0,7	6,4	23,1	36,8	14,7	22,6	21,9
27	23,8	20,2	3,6	1	70		10,1	24,7	38,7	18,2	23,6	22,9
28	24,9	23,2	1,7	1	71	9,5	10,5	27,7	46	19,8	22,6	22,5
29	21,9	19,1	2,8	2	73	1,5	7,8	24,5	36,2	19,5	20,4	20,8
30	20,3	17,2	3,1	1	69		7,9	22,3	37,2	13	20,6	20,6
31	18,8	15,2	3,6	1	62		10,9	23	38,2	11,4	21,4	21,2

3. Высокая амплитуда колебаний температуры, до 12–14 градусов, негативно влияла на рост и развитие растений в вегетационный период.
4. Неравномерное выпадение осадков в июле месяце негативно отразилось на росте растений яровой пшеницы в поздние периоды развития.
5. Внесение минеральных удобрений и биопрепаратов сглаживало негативное воздействие абиотических факторов воздействия внешней среды на исследуемую культуру.
6. Поздний посев в сочетании со стрессовыми факторами отразились на продуктивности яровой пшеницы (в среднем 20 ц/га), несмотря

Таблица 4.

Погодные данные за август месяц

День	t°C полдень	t°C полночь	Разница t°C	Ветер м/с	Относи- тельная влажность % полдень	Осад- ки, мм	Средний суточ- ный дефицит насыщения воздуха, гПа	t°C на по- верхности почвы средн	t°C на по- верхности почвы макс	t°C на по- верхности почвы мин	t°C почвы на глуби- не 5 см	t°C почвы на глубине 10 см
1	21,9	20,3	1,6	1	61		12,7	25,5	45,7	11,4	21,7	21,3
2	23	21,4	1,6	2	64		12,4	25,3	45,5	13,8	22,9	22,3
3	23,3	20,6	3,24	1	62		12,9	25,6	47,2	10,8	23,3	22,7
4	23,7	20,3	3,4	1	66	2,2	11,1	25,5	43,2	14	22,8	22,5
5	22	20,4	1,6	2	70		9,1	26,3	45,2	14	22,1	22,1
6	21,4	18,2	3,2	2	70		8,7	20,8	46,5	14,1	21,9	21,7
7	19,5	18,9	0,6	1	71	0,4	6,8	22,3	35,2	13	20,7	20,8
8	18	16,8	1,2	2	67	0,9	7,9	22,5	40	9,2	19,7	19,7
9	18,4	13,2	5,2	1	63		10,2	25,1	44,1	8,4	20	19,9
10	20,8	14,5	6,3	2	61		11,8	24,2	47	8,6	21	20,7
11	22,2	18,3	3,72	2	57		13	25,7	45,5	11,3	21,9	21,4
12	21,9	17,7	4,2	1	59		12,2	24,4	44,2	12,5	21,5	21,6
13	18,3	19	-0,7	1	60		8,8	20,7	39,4	14,5	20,9	21
14	18,7	17,1	1,6	2	63		9,1	23,1	41	9,6	20,4	20,7
15	19,8	15,2	4,6	1	75	11,4	6,2	20,1	36,6	8,2	18,5	20,2
16	17,6	19,3	-1,7	1	87	0,4	2,8	17,8	24,3	9,6	17,6	18,9
17	17,8	21,4	-3,6	1	67		8,3	18,6	31,6	8,2	17,7	27,8
18	17,6	23,1	-5,5	2	64		8,9	18,5	31,6	9,8	18,9	17,8
19	19,7	25,4	-5,7	1	63		10,8	20	35,6	14,6	20,4	19
20	20,4	23,3	-2,9	1	69		7,9	21,2	34	11,3	19,8	20
21	18,5	21,3	-2,8	1	76	2	5,2	18,3	28,3	13,7	18,6	18,9
22	15	17,8	-2,8	2	63		7	16,3	30,6	8,8	16,4	16,4
23	14,3	12,3	2	1	63		7,2	16,2	33,3	7	17,1	18,9
24	16	14,2	1,8	1	65		8	17,6	35,5	4,5	17,3	16,8
25	18,6	17,3	1,3	1	59		11,4	19,3	38,5	7,2	18,5	17,6
26	19,9	18,3	1,6	2	59		12,6	20,8	38,2	8,9	19,3	17,3
27	20,7	20,4	0,3	1	58		13,7	21,5	41,2	10	19,9	18,4
28	22	20,7	1,3	2	55		14,9	22,7	42,5	11,2	20,4	19,2
29	22,6	19,3	3,3	1	56		10,6	22,8	41,7	10,2	21,1	19,6
30	20,9	18,5	2,4	1	60		13,5	20,8	37	11,8	20,8	20,4

на внесение минеральных удобрений и биопрепаратов.

7. За все время наблюдения, больше половины периода вегетации характеризовалось различны-

ми уровнями стресса, вызванного внешними условиями, что привело к потерям продуктивности до 50 %.

Таблица 5.
Сопоставление прогноза по Цадоксу (Цадоксу)
с реальной ситуацией

Дата	Фактическая ситуация	Прогноз по Цадоксу	Разница в днях
15.май	Посев		
20.май	1 побег		2
22.май	Первый лист	1 побег	
24.май			
25.май		Начало кущения	-15
26.май			
27.май	Острые второго листа		
28.май	Формирование 2-х листов		
04.июнь	Формирование 3-х листов		
05.июнь		Образование боковых побегов	-6
07.июнь			
08.июнь			
09.июнь	Начало кущения	Удлинение листовых влагалищ	
11.июнь	Образование боковых побегов		-4
12.июнь	3-й побег кущения		
13.июнь	Удлинение лист. влагалищ	Псевдостебель	
14.июнь			-4
15.июнь		Виден первый узел стебля	
16.июнь		Виден второй узел стебля	
17.июнь	Псевдостебель, начало выхода в трубку		
18.июнь	Виден первый узел стебля		

Дата	Фактическая ситуация	Прогноз по Цадоксу	Разница в днях
19.июнь	Виден второй узел стебля		-3
20.июнь			
21.июнь		Виден последний стебель	
23.июнь	Виден последний стебель	Виден язычок последнего листа	-2
25.июнь	Появления флагового листа		-2
26.июнь	Флаговый лист развит		
28.июнь	Флаговый лист открылся		
29.июнь	Колос в «трубке»		4
30.июнь	Колошение		от 5 до 13
01.июль			
02.июль	Цветение	Колос в «трубке»	от 8 до 12
03.июль			
04.июль			
05.июль			
12.июль		Колошение	
13.июль	Цветение		
15.июль			
17.июль		Молочная спелость	
19.июль			
23.июль			
24.июль		Созревание	
25.июль			
27.июль			
31.июль			
06.август			
14.август			
15.август			

ЛИТЕРАТУРА

1. Выездная учебная практика экологов. Яшин И.М., Васенев И.И., Постников Д.А., Атанбеков Р.А., Таллер Е.Б., Джанчаров Т.М., Рамазанов С.Р., Черников В.А., Прохоров И.С., Морев Д.В. Москва, 2015.
2. Ивенин, В.В. оптимизация биологических и химических факторов при возделывании яровой пшеницы / В.В.Ивенин [и др.] // Земледелие и его ресурсное обеспечение. Матриалы научно-практ. конференции. — Н. Новгород, 2010. — 44–49.
3. Лошаков В.Г. Севооборот и плодородие почвы. / Москва: Изд-во ВНИИА, 2012, 512 с.
4. Методика закладки опытов с влаголюбивыми культурами (мох, тростник, рогоз) в условиях городских экосистем. Шаламов Д.И., Джанчаров Т.М. Агрехимический вестник. 2022. № 3. С. 74–78.
5. Методические указания. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых. ВИР: пополнение, сохранение и изучение (под ред. Вишняковой М.А.). — СПб.: ООП «КопиР Групп», 2010 — 142 с.
6. Немченко, В.В. Оптимизация приемов агротехники перспективных сортов яровой пшеницы / В.В. Немченко, А.С. Филиппов // Земледелие. — 2011. — № 6. — С. 15–17.
7. Обработка почвы, как фактор регулирования почвенного плодородия / А.Ф. Витери, В.И. Турусов, В.М. Гармашов и др. Воронеж: Изд-во «Истоки», 2011. — 208 с.
8. Оценка влияния структурирующих добавок и минеральных удобрений на содержание тяжелых металлов в городских почвах под газонами. Гвоздь В.К., Джанчаров Т.М., Шаламов Д.И., Жевнеров А.В., Васильев Д.А. Агрехимический вестник. 2023. № 3. С. 86–90.
9. Российский статистический ежегодник. М., 2022–2023.
10. Соболева Е.В. Формирование качества зерна сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Центрального района Нечерноземной зоны РФ. // Дис. на соиск. уч. степени к. с.-х. н. Москва, 2008. — 129 с.

© Джанчаров Турмушбек Мурзабекович (tdzhancharov@rgau-msha.ru); Шаламов Дмитрий Игоревич (shalamov.dmitrii@rgau-msha.ru); Котрелева Анна Тимофеевна (atnura05@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

БИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ВРЕДНОСТЬ ZABRUS TENEBRIOIDES GOEZE ХЛЕБНОЙ ЖУЖЕЛИЦЫ В РЕСПУБЛИКЕ ИНГУШЕТИЯ

ECOLOGY, HARMFULNESS, AND DISTRIBUTION OF ZABRUS TENEBRIOIDES GOEZE GRAIN BEETLE

Kh. Dudarova
Z. Dzarmotova

Summary. In our article, we outlined the bioecological features, distribution and degree of harmfulness of *Zabrus tenebrioides* Goeze. Bread beetle is one of the most dangerous pests of ear crops in the North Caucasus region, causing significant damage to winter ear crops on a larger area of the arable wedge. The beetle is 12–18 mm long, 5.3–8 mm wide, oblong-oval, convex monophonic black, less often dark brown with a metallic sheen, antennae and legs are brown. Egg 2.0–2.3 mm, rounded, white. Larva up to 25 mm, campodiform; white or grayish in color with large chitinized, brown spots on top and small segments on the sides; the last segment ends with two processes (urogomphs). Factors contributing to the development of bread beetle: noncompliance with the technology of cultivation of culture; favorable climatic conditions.

Keywords: bread beetle, harmfulness, agricultural crops, ecology, control measures.

Дударова Хадишат Юсуповна

к.б.н., доцент,

Ингушский государственный университет, г. Магас
dhadishat@yandex.ru

Дзармотова Залина Иссаевна

к.б.н., доцент,

Ингушский государственный университет, г. Магас
Dzarmotova@yandex.ru

Аннотация. В данной статье изложены биоэкологические особенности, распространение и степень вредности *Zabrus tenebrioides* Goeze. Хлебная жужелица — один из самых опасных вредителей колосовых культур в Северо-Кавказском регионе, причиняет значительный ущерб озимым колосовым культурам на большей площади пахотного клина. Жук длиной 12–18 мм, шириной 5,3–8 мм, продолговато-овальный, выпуклый однотонно-чёрный, реде тёмно-коричневый с металлическим блеском, усики и ноги коричневые. Яйцо 2,0–2,3 мм, округлое, белое. Личинка до 25 мм, камподиевидная; белого или сероватого цвета с крупными хитинизированными, коричневыми пятнами сверху и маленькими по бокам сегментов; последний сегмент заканчивается двумя отростками (урогомфами). Факторы, способствующие развитию хлебной жужелицы: несоблюдение технологии возделывания культуры; благоприятные климатические условия.

Ключевые слова: хлебная жужелица, вредность, сельскохозяйственные культуры, экология, меры борьбы.

Введение

Хлебная жужелица является серьезным вредителем колосовых хлебов. Осенью из отложенных в землю яиц отрождаются личинки и начинают питаться падалицей и всходами озимых, что продолжается до наступления холодов, когда личинки уходят на зимовку. К этому моменту личинки достигают 1,5 см в длину, т.е. приблизительно 2-го возраста (Добровольский). Этот вопрос уточнялся путем определения возрастов личинок в имевшихся многочисленных сборах, при чем за основу брались признаки, приводимые в работе Знойко).

При этом удалось установить, что уже в декабре преобладают личинки 3-го, т.е. последнего возраста.

Весной развитие личинок продолжается и в апреле значительное большинство их достигает 3-го возраста. Впрочем, в небольшом количестве личинки 2-го возраста могут встречаться и в середине мая.

Во второй половине мая количество личинок уменьшается, и вскоре они исчезают, так как начинают оку-

кливаться там же, где кормились, т.е. на поврежденных посевах. Окукливание происходит в земле, на глубине около 20 см. Примерно, через 10 дней сформировывается куколка. По наблюдениям в полевых условиях и в садках, стадия куколки продолжается около 15 дней.

Массовое появление жуков обычно бывает в июне.

Питаются жуки зернами колосовых хлебов. Днем прячутся в землю и под различные прикрития на поверхности земли, спасаясь тем самым от жары. В августе и в сентябре (Добровольский) происходит спаривание и откладка яиц в землю на глубине в 3–4 см.

Через 15–20 дней из отложенных яиц отрождаются личинки, питающиеся всходами падалицы и озимыми до глубокой осени, т.е. до ухода на зимовку. Таким образом, генерация одногодичная. Таким образом, хлебная жужелица дает одно поколение в год и ежегодно происходит смена поколения.

Личинки хлебной жужелицы питаются листьями всходов злаков, превращая их бесформенные комки

волокон, что часто приводит растения к гибели. Жуки хлебной жужелицы повреждают колосья, обгрызая зерно чешуйки и ости. Имаго осенью повреждают семена высеянных озимых зерновых.

Хлебная жужелица относится к почвенным насекомым, так как весь цикл развития ее проходит в почве. Но питаются жуки и личинки преимущественно 96 наземными частями растений. Питание, как правило, происходит в ночные часы, однако при расселении жуков их можно наблюдать на поверхности почвы и днем.

На распространение вредителя оказывает влияние не столько состав почвы, сколько степень увлажнения и структура. Вредоносность хлебной жужелицы отмечается на посевах пшеницы, ячменя, ржи некоторых видов культурного овса и кукурузы.

Кроме того, хлебная жужелица питается следующими видами трав; мятликов одноцветным, мятником луговым, мятником обыкновенным, тишняком, имреем ползучим, костром безостым, тимфеевкой луговой, лисохвостом луговым, овсяницей (кроме овсяницы тростниковой).

Основной вред зерновым культурам причиняют личинки, повреждая всходы озимых осенью и еще не окрепшие после зимовки растений весной. По данным Л. Ястремской, личинки I-II возрастов при численности их в I на 1 кв. м за 5 суток продвигаются на 0,75 м вглубь посева, уничтожая на своем пути все растения, пшеницы в фазе 4-3 листьев. По нашим наблюдениям, проведенным в Назрановском районе РИ, на участке, где насчитывалось 57 личинок на 1 кв. м. к первой декаде мая озимая пшеница была полностью уничтожена. Вред, причиняемый жуками, тоже весьма значителен. В работе Л. Ястремской (1935) указывается, что за 10 суток один жук повреждает 25 зерен пшеницы, часть которых поедается полностью, а некоторые обгрызают частично, если учесть, что в период созревания зерна жуки находятся на посевах 20-25 дней, то каждый жук может повредить за это время 50-60 зерен. Кроме того, в период дополнительного питания осенью жуки уничтожают сеянное зерно озимой пшеницы.

Повреждается, гл. обр., озимая пшеница, затем озимая ячмень и рожь в посевах. Весной, кроме указанных культур, на погибших посевах, пересеянных яровыми, повреждаются яровая пшеница, ячмень и даже (единичные случаи) просо и кукуруза. Осень, по имеющимся данным о размерах повреждений, можно считать периодом наиболее опасных и значительных повреждений. По-видимому, это объясняется тем, что осенью молодые личинки более прожорливы, а неокрепшие всходы более чувствительны к повреждениям, нежели перезимовавшие растения.

Около повреждаемого растения личинка устраивает округлую в поперечном сечении норку, стенки которой цементирует выделениями. В эту норку личинка затягивает один за другим и изжевывает листья, находящиеся поблизости растений. После того, как растения вокруг норки объедены, личинка устраивает новую норку в другом месте. Небольшие повреждения часто мало заметны в общей массе зелени, однако, при внимательном осмотре, у самой поверхности земли можно увидеть пожелтевшие 97 «курчавые» кустики с изжеванными стеблями и листьями, закрученными в комочки. Корневая шейка и корни не повреждаются, так что достаточно окрепшие к моменту повреждения растения могут отрастать вновь. Питаются личинки вечером и ночью, а днем прячутся в норках.

Вредят и жуки, питающиеся зернами колосовых хлебов. Они взбираются на колосья, чаще всего поодиночке, и энергично грызут зерна, предпочитая зерно, находящееся в стадии молочной спелости: впрочем, могут повреждаться и затвердевшие зерна. При массовом появлении жуки сплошь выгрызают колосья. Жуки питаются преимущественно после захода солнца и ночью, но могут питаться и днем, особенно в пасмурную погоду. Однако днем они весьма пугливы и при приближении к ним падают на землю и скрываются в трещинах и под комками почвы. Период наиболее сильных повреждений приходится на июнь, т.е. на время массового появления жуков.

Наряду с пшеницей и ячменем, жуки могут сильно повреждать и рожь. Повреждения жуков могут иметь существенное значение.

Условиями, вызывающими сильное размножение хлебной жужелицы из года в год, являлись бессменная культура хлеба по хлеб и посев колосовых по стерне.

Известно, что физиологическое состояние вредителя определяется условиями питания и погоды, влияющими на его плодовитость, развитие и выживаемость. Для личинок хлебной жужелицы характер накопления жировой ткани является более определенным показателем их выживаемости и дальнейшего развития. Допитавшиеся, накопившие достаточное количество жира (до 20% по отношению к сухому весу тела) личинки уходят в нижние слои почвы до наступления заморозков и хорошо переносят зиму. Личинки с малыми запасами жира менее устойчивы к неблагоприятным воздействиям внешней среды.

Климат зоны вредоносности хлебной жужелицы характеризуется продолжительным летним и сравнительно коротким зимним периодами.

Весьма вероятно, что более сильные и длительные промерзания почвы могут быть губительными для зиму-

ющих личинок и потому общие границы зоны устойчивой вредоносности определяются именно этим фактором.

На жуков хлебной жужелицы большое влияние оказывает влажность почвы и воздуха, от которых зависят состояние внутренних органов и поведение насекомых. Так, после продолжительной осенней засушливой погоды обычно отмечается резкое снижение численности хлебной жужелицы.

Установлено, что засушливая погода в августе-сентябре затягивает начало откладки яиц. При продолжительной засушливой погоде осенью у некоторых жуков не развиваются яйца.

Основываясь на литературных данных и личных наблюдениях, можно сказать, что оптимальная температура для жуков 20–26°. Предел активной жизнедеятельности жуков отмечается при температуре, превышающей 30°, а продолжительное действие выше 36° вызывает их гибель. Осенью в условиях постепенного понижения температуры процессы жизнедеятельности в организме жуков замедляются. Для личинок хлебной жужелицы наиболее благоприятной является температура 16,5–18,2°. Более высокая или низкая температура замедляет рост и развитие личинок, затягивает переход их из возраста в возраст, хотя температуру от 0 до 26° личинки хлебной жужелицы переносят хорошо.

Смена культур на данном участке создает неблагоприятные условия питания для хлебной жужелицы. Жуки вынуждены прилетать или переползать в поисках пищи с одного посева на другой. Недостаток пищи, и частые миграции понижают плодовитость жуков. Ограждающиеся после яйцекладки личинки попадают часто в неблагоприятные для развития условия, что частично влияет на изменение общей численности хлебной жужелицы.

Меры борьбы

1. Соблюдение севооборота — посев зерновых культур по зерновым не более двух лет подряд.
2. Уборка зерновых культур в ранние и сжатые сроки, борьба с потерями зерна, немедленное и тщательное удаление соломы с полей, лушение стерни с последующей вспашкой на глубину 20–22 см.
3. В значительной степени снижают численность хлебной жужелицы паразитические и хищные насекомые. Наиболее распространена и многочисленна муха-тахина, заражающая жуков.
4. Протравливание семян перед посевом, опыливание и опрыскивание посевов инсектицидами против личинок младших возрастов.
5. Инсектицидные обработки.

Чередование в севообороте зерновых культур с культурами, не поражаемыми хлебной жужелицей, уборка урожая без потерь, культивация поля во избежание прорастания падалицы лишают вредителя кормовой базы. Проведение этих мероприятий является важнейшим средством снижения численности и распространения хлебной жужелицы. Однако, если их проводят несвоевременно и недоброкачественно, они перестают оказывать отрицательное влияние и создают предпосылки для массового 99 размножения хлебной жужелицы. При систематическом и доброкачественном осуществлении всего комплекса агротехнических мероприятий можно добиться снижения вредоносности хлебной жужелицы. В то же время следует учитывать, что высеv пшеницы в течение нескольких лет всегда является главной причиной ощутимой вредоносности хлебной жужелицы. В этих условиях даже соблюдение прочих правил, норм агротехники не приводит к предотвращению появления хлебной жужелицы на посевах зерновых и приходится применять специальные химические мероприятия.

Распространен повсеместно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дударова Х.Ю., Аушева Д. Видовой состав жесткокрылых, вредителей зерновых культур (Elateridae, Carabidae) республики Ингушетия. Материалы I Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием Экологические проблемы Российского Кавказа». Магас, 2023. С. 94.
2. Дударова Х.Ю., Измайлова Х. Фаунистический анализ и степень вредности семейства Carabidae республики Ингушетия. I Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием Экологические проблемы Российского Кавказа». Магас, 2023. С. 98.
3. Дударова Х.Ю., Абдурахманов Г.М. Актуальность исследования биологического разнообразия насекомых агроэкосистем Республики Ингушетия. Материалы VI Международной конференции «Биологическое разнообразие Кавказа». Нальчик, 2004 — с. 116–117.
4. Дударова Х.Ю., Абдурахманов Г.М. Жесткокрылые — вредители запасов сельскохозяйственных культур Республики Ингушетия. Материалы VIII Международной конференции «Биологическое разнообразие Кавказа». Нальчик, 2006 — с. 44–45.
5. Дударова Х.Ю. Постоянные вредители зерновых культур Республики Ингушетия. Международный сборник научных работ аспирантов, магистров и студентов «Родник». Махачкала, 2007 — с. 56–57.
6. Добровольский Б.В. Вредители сельскохозяйственных культур и меры борьбы с ними. 1924.
7. Знойко Д.В. Краткий определитель личинок родов жужелиц и описание личинок *Zabrus tenebrioides* Goeze, *Harpalus pubescens* Muell. и *Amara equestris* Duft. Заш. Раст. от вредит., 1929.

ВЛИЯНИЕ ВИТАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ (ВОДА, ПИЩА) НА БАЛАНС МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ ПОДРОСТКОВ РАЗНЫХ ЭТНИЧЕСКИХ ГРУПП ОХОТСКОГО РАЙОНА ХАБАРОВСКОГО КРАЯ

INFLUENCE OF VITAL ENVIRONMENTAL
FACTORS (WATER, FOOD)
ON THE BALANCE OF MICROELEMENTS
IN THE BODY OF TEENAGERS
IN THE OKHOTSKY DISTRICT
OF KHABAROVSKY KRAY

**A. Nesterenko
E. Tselikh**

Summary. Human health is largely related to the influence of various environmental factors operating in the area of residence, one of which may be the entry of high or low concentrations of chemicals into the human body. *Aim of the study:* analysis of the chemical composition of environmental components (water, food) and their influence on the microelements' balance in the hair of teenagers of different ethnic groups in the Okhotsky district. *Object of study:* teenagers of Russian and Even nationality. The content of Fe, Cu, Zn, Se in hair and water was determined by atomic emission spectroscopy. *Results:* analysis of drinking water showed an excess of Fe and Cu, low levels of Zn and Se. The content of essential microelements in the average daily diet is deficient in all groups. Deficiency of Cu and Zn in the hair of teenagers is due to low content in the average daily diet. Correlations were established for low Se content in water and hair in the Evens, and Zn in the Russians. Correlations in the Even group are stronger compared to Russians. Thus, the deficiency of essential microelements in the environment affects content in the human body.

Keywords: microelements, teenagers, hair, water, diet.

Нестеренко Алена Олексовна

Старший преподаватель, Тихоокеанский
государственный университет, (г. Хабаровск)
alenushka_3@inbox.ru

Цельих Екатерина Дмитриевна

Д.б.н., профессор, Дальневосточный государственный
университет путей сообщения (г. Хабаровск)
celixed@mail.ru

Аннотация. Здоровье человека во многом связано с действием различных экологических факторов, действующих на территории проживания, одним из которых может быть поступление высоких или низких концентраций химических веществ в организм человека. *Цель работы:* анализ химического состава компонентов окружающей среды (вода, пища) и их влияние на баланс микроэлементов в волосяном покрове головы подростков разных этнических групп Охотского района. *Объект исследования:* подростки национальности русские и эвены. Содержание Fe, Cu, Zn, Se в волосах и воде проведено методом атомно-эмиссионной спектроскопии. *Результаты:* анализ питьевой воды показал избыток Fe и Cu и низкое содержание Zn и Se. Поступление эссенциальных элементов с пищей дефицитно во всех группах. Дефицит Cu и Zn в волосах подростков обусловлен низким содержанием в среднесуточном рационе. Установлены корреляционные связи низкого содержания Se в воде и волосах в группе эвенов, Zn — в группе русских. В группе эвенов корреляционные связи сильнее по сравнению с русскими. Таким образом, дефицит эссенциальных микроэлементов в окружающей среде оказывает влияние на элементный статус подростков.

Ключевые слова: микроэлементы, подростки, волосы, вода, рацион.

Человек живет во взаимосвязи с окружающей средой, и его здоровье зависит от химического состава воды, почвы, воздуха, особенностей питания. Все компоненты среды содержат различные эссенциальные микроэлементы (железо, селен, медь, цинк и др.). Многие из них входят в состав важнейших биологически активных веществ, например, гормонов и ферментов [5].

Поступление оптимальных концентраций химических элементов обеспечивает все процессы жизнедеятельности организма [5; 8]. В настоящее время изучение роли микроэлементов в организме актуально, так как уровень здоровья населения находится в прямой зависимости от качества окружающей среды, а микро-

элементный состав биологических субстратов (кровь, волосы), по мнению ряда авторов, отражает суммарное поступление эссенциальных микроэлементов и загрязняющих веществ из воды и продуктов питания [1; 9]. Различные национальности имеют неодинаковую генетическую предрасположенность к окружающей среде и ее изменениям [6].

Целью работы является анализ химического состава компонентов окружающей среды (вода, пища) и их влияние на баланс микроэлементов в волосяном покрове головы подростков разных этнических групп Охотского района.

Материалы и методы

Был проведен забор проб питьевой воды из кранов жилых домов и школы п. Арка Охотского района ($n=20$) в осенний период 2022 года.

Произведено обследование подростков (русские, эвены, $n=77$, без учета пола) в возрасте $14,60 \pm 0,21$ лет, $14,57 \pm 0,54$ лет, проживающих в п. Арка, расположенном в Охотском районе.

Анализ среднесуточного рациона питания подростков эвенов и русских составлен при помощи 24-часового дневника питания, в котором фиксировались все потребляемые продукты и напитки.

Известно, что волосы наиболее объективно отражают процессы, длительное время протекающие в организме, и поэтому могут служить средством диагностики ряда заболеваний, связанных с нарушениями элементного обмена. Элементный состав волос является интегральным показателем элементного статуса организма человека, который может быть использован для оценки адекватности питания, состояния здоровья человека и его адаптации к окружающей среде. В связи с этим в последние годы все чаще исследование волос используется как один из методов выявления нарушения обмена веществ [7].

Для определения химического состава волос использовался метод атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) на базе Хабаровского инновационно-аналитического центра Института тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН. Для статистической обработки данных были применены корреляционный анализ на основе коэффициента парной корреляции и критерий Стьюдента для определения достоверности различий [4]. Для математических расчетов использовались статистический пакет Statistica 10.0 и офисный пакет Microsoft Office Excel 2013.

Результаты исследования

В ходе исследования проб питьевой воды поселка Арка Охотского района были определены концентрации эссенциальных микроэлементов: железо, цинк, медь и селен (таблица 1).

Концентрация железа в питьевой воде составила $145,84$ мг/л, что превышает установленный норматив. Содержание меди превышает ПДК в $1,96$ раз. Концентрация цинка в большинстве проб питьевой воды (65%) превышает установленные нормативы.

Согласно медицинским исследованиям, повышенное содержание цинка, железа и меди в питьевой воде может

Концентрация эссенциальных микроэлементов ($M \pm m$) в пробах питьевой воды п. Арка, Охотский район

	Содержание в пробах питьевой воды	Норматив по СанПиН 2.1.3684–21
Железо (Fe)	$145,84 \pm 16,02^{**}$	$0,3$ мг/л
Медь (Cu)	$1,96 \pm 0,25^{***}$	1 мг/л
Цинк (Zn)	$8,73 \pm 0,57^*$	5
Селен (Se)	$0,001 \pm 0,0001^{**}$	$0,01$

Примечание: достоверные различия концентраций химических элементов с ПДК показаны: $p \leq 0,05$ (*), $p \leq 0,01$ (**), $p \leq 0,001$ (***)

являться предиктором различных дисфункциональных состояний организма и приводить к развитию заболеваний, таких как неврологические расстройства, анемия, иммунодефицит и другие заболевания человека [3].

Концентрация селена согласно СанПиН 2.1.3684–21 в питьевой воде находится в пределах установленных нормативов. Однако, учитывая, что данный микроэлемент является жизненно необходимым, его низкая концентрация в питьевой воде не может восполнить суточную потребность для организма. Вероятность ошибки при измерении содержания селена составляет не более 1% , что говорит о достоверности результатов исследования ($p \leq 0,01$).

Анализ химического состава рациона питания представлен на рисунке 1. По результатам исследования было установлено, что среднесуточное содержание железа в рационе питания эвенов выше, чем в группе русских в $3,67$ раза. Поступление меди, цинка и селена не соответствует гигиеническим суточным потребностям в обеих этнических группах. Следует отметить наличие этнических различий в среднесуточном рационе питания ($p \leq 0,001$). Данное наблюдение указывает на значительные различия в составе рациона питания между этническими группами: культуре питания, доступности определенных продуктов, разнообразия в рационе.

Поступление эссенциальных микроэлементов в организм может зависеть не только от его количества в рационе и питьевой воде, но и от других факторов, таких как наличие патологических процессов в организме или разной степени восприимчивости различных микроэлементов (физиологическими свойствами), обусловленной этническими особенностями [2]. Таким образом, необходимо уделять внимание разработке сбалансированного рациона питания с учетом индивидуальных потребностей и факторов здоровья, чтобы обеспечить достаточное поступление всех необходимых микроэлементов для поддержания здоровья и профилактики различных заболеваний. Особенно важно это для населения, проживающего в условиях неблагоприятного климата.

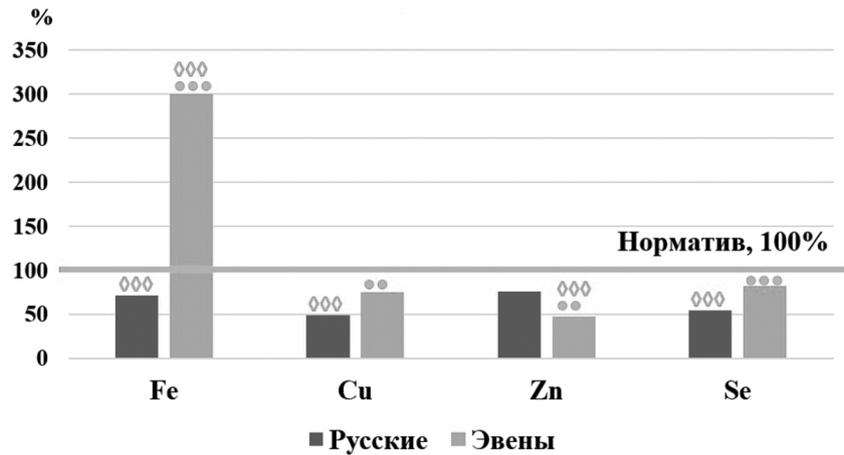


Рис. 1. Содержание эссенциальных элементов ($M \pm m$) в среднесуточном рационе питания в сравнении с нормативом (в % от норматива) подростков национальности эвены и русские (без учета пола), ($n=77$)

Примечание: здесь и далее: достоверное различие с границей физиологического норматива показано: при $p \leq 0,05$ (\diamond); при $p \leq 0,01$ ($\diamond\diamond$); при $p \leq 0,001$ ($\diamond\diamond\diamond$); достоверное различие с группой сравнения показано: при $p \leq 0,05$ (\bullet); при $p \leq 0,01$ ($\bullet\bullet$); при $p \leq 0,001$ ($\bullet\bullet\bullet$).

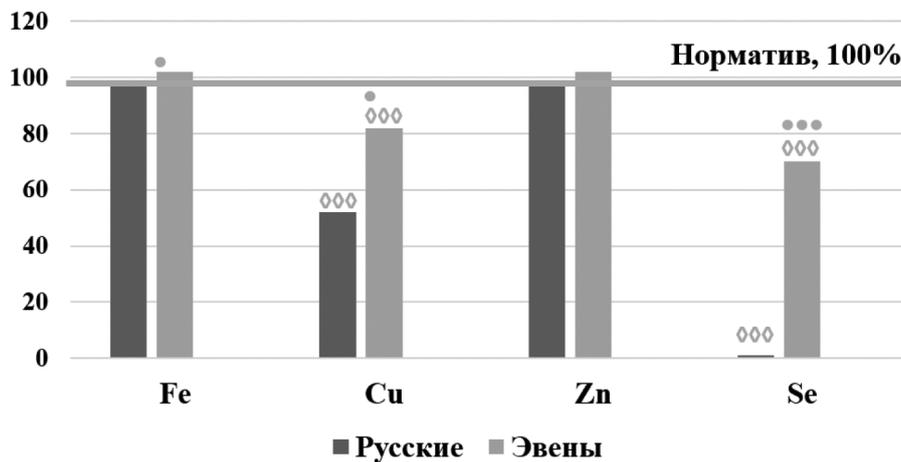


Рис. 2. Содержание эссенциальных элементов ($M \pm m$) в волосяном покрове головы подростков национальности эвены и русские (без учета пола), ($n=77$) в сравнении с нормативом (в % от норматива)

Концентрация железа, меди, селена и цинка в волосах подростков разных этнических групп, проживающих в поселке Арка Охотского района, представлена на рисунке 2.

Проведенное исследование показало, что содержание железа в волосах подростков русской национальности находится в пределах нормы, которая составляет 5,0–25,0 мг/г, в то время как у эвенов содержание железа в волосах превышает референтные значения в 1,1 раза. Были установлены значимые этнические различия в поступлении железа ($p \leq 0,001$). Различия содержания железа в твердом биосубстрате (волосы) подростков русского населения с нормативом также являются статистически значимыми ($p \leq 0,001$).

Содержание меди в волосах подростков обеих этнических групп находится в дефиците, что указывает на недостаточное поступление данного микроэлемента с пи-

щей и водой. Этнические различия в поступлении меди достоверны ($p \leq 0,001$).

Концентрация цинка в волосах подростков русских и эвенов находится в пределах референтных значений. Содержание данного микроэлемента в волосах эвенов выше показателей русского населения в 1,29 раза ($p \leq 0,001$).

В результате исследования было выявлено, что концентрация селена в волосах подростков обеих этнических групп находится в дефиците ($p \leq 0,001$). Этнические различия по содержанию селена в волосяном покрове головы достоверны ($p \leq 0,001$).

Анализ волосяного покрова головы показал, что у подростков эвенов значения эссенциальных микроэлементов значительно превышают средние значения русских (рисунок 2).

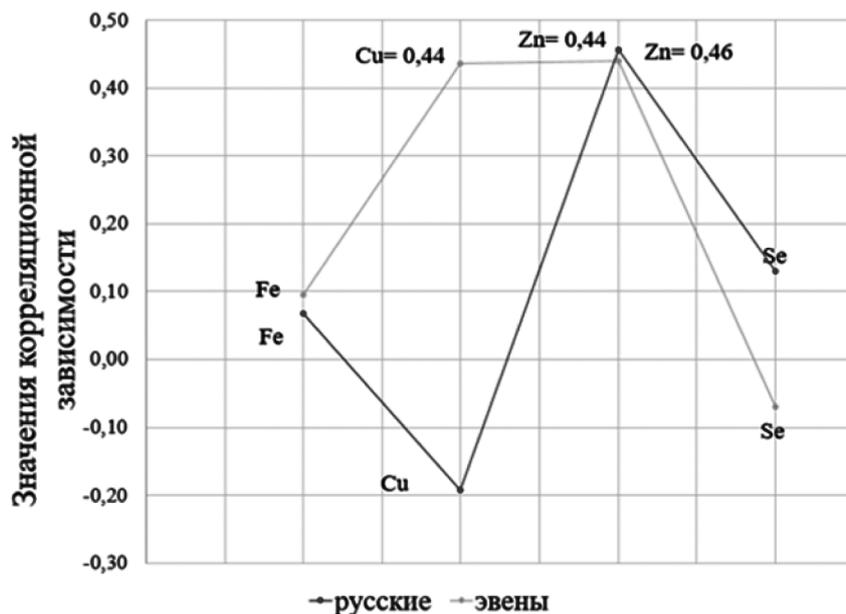


Рис. 3. Корреляционные взаимосвязи содержания микроэлементов в рационе питания и волосах подростков русских и эвенков п. Арка, Охотский район

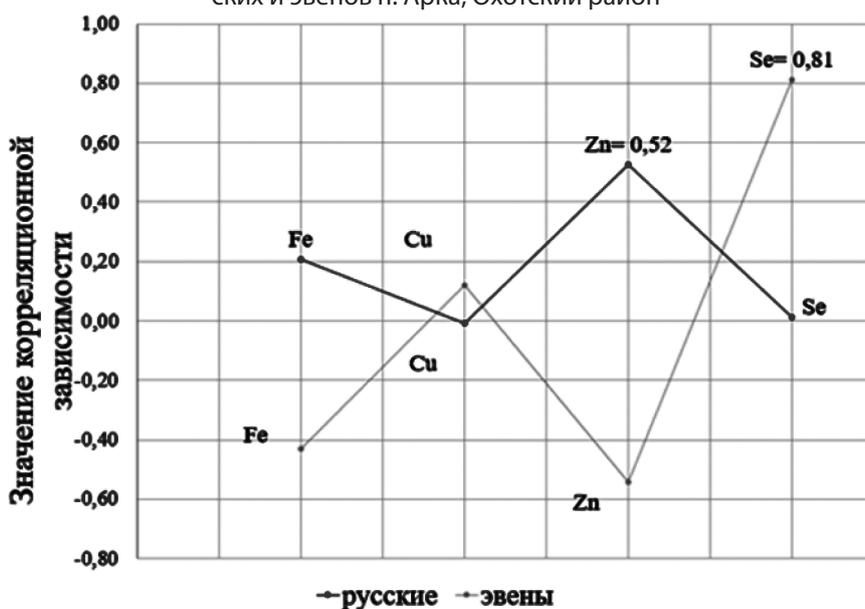


Рис. 4. Корреляционные взаимосвязи микроэлементов (железо, медь, цинк, селен) в питьевой воде и в волосах подростков русских и эвенков

Была установлена корреляционная зависимость между содержанием эссенциальных микроэлементов в волосах подростков Охотского района и поступлением элементов с питьевой водой и пищей.

На рисунке 3 показана корреляционная зависимость содержания микроэлементов в волосяном покрове головы подростков от рациона питания. В группе эвенков выявлены средние по силе корреляционные взаимосвязи для меди и цинка ($r=0,44$ и $0,44$, соответственно), а в группе русских только для цинка ($r=0,46$).

Анализ корреляционных взаимосвязей содержания элементов в волосах и питьевой воде показал среднюю по силе связь для цинка ($r=0,52$) в группе русских (рисунок 4). Наиболее значимая связь в группе эвенков установлена для селена: низкая концентрация элемента в питьевой воде оказывает влияние на дефицит селена в волосах ($r=0,81$).

Результаты исследования подтвердили, что рацион питания оказывает наибольшее влияние на содержание меди и цинка в организме подростков эвенков, тогда как питьевая вода в большей степени влияет на содержание селена в волосах.

На концентрацию жизненно важных микроэлементов может влиять ряд других факторов: индивидуальные особенности каждого организма и его потребности в микроэлементах; подверженность воздействию неблагоприятного климата. Для достижения оптимального уровня микроэлементов в организме необходимо сбалансированное питание, а также контроль за качеством питьевой воды. Регулярное проведение исследований и мониторинг состояния микроэлементов в организме является профилактикой предотвращения

возможных заболеваний, связанных с дефицитом микроэлементов.

Результаты исследования указывают на необходимость учета этнических и географических особенностей при проведении анализа состава волос и интерпретации результатов. В частности, у эвенов наблюдается более низкое содержание железа и меди в волосах по сравнению с русскими, что может быть связано с особенностями их пищевых привычек и качеством питьевой воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авцын А.Т. Микроэлементозы человека: монография / А.Т. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш, Л.С. Строчкова. — Москва: Медицина, 1991. — 493 с.
2. Даренская М.А. «Этнические аспекты метаболических реакций женщин при дисрегуляторной патологии» / М.А. Даренская, Л.И. Колесникова, С.И. Колесников. — М.: Российская академия наук, 2020. — 168 с.
3. Евсеева Г.П., Пичугина С.В., Яковлев Е.И., Пепеляева Л.Р. Экологическое воздействие качества окружающей среды Хабаровского края на уровень заболеваемости детского населения // Региональные проблемы. — 2018. — № 4. — 93–100 с.
4. Ермолаев О.Ю. Математическая статистика для психологов / О.Ю. Ермолаев. — М.: Московский психол.-соц. ин-т. Из-во Флинт, 2003. — С. 19–72.
5. Искандарова Ш.Ф. Минералы — важная составная часть биологически активных добавок / Ш.Ф. Искандарова, Н.А. Джаббаров // Science Time, 2018. — С. 44–47.
6. Нестеренко А.О. Влияние рациона питания на микроэлементный статус детей подросткового возраста разных этнических групп северных территорий Хабаровского края / А.О. Нестеренко, Е.Д. Целых, Г.П. Евсеева // Вопросы питания. Приложение, 2018. — Т. 87. — № 5. — С.147–148.
7. Сальникова Е.В. Региональные особенности содержания микроэлементов в биосфере и организме человека / Е.В. Сальникова, Т.И. Бурцева, А.В. Скальный // Гигиена и санитария, 2019. — Т. 98. — №2. — С. 148–152.
8. Тихонов М.Н. Металлоаллергены в общей проблеме безопасности жизнедеятельности человека / М.Н. Тихонов, В.Н. Цыган // Современная медицина. — 2004. — 54 с.
9. Шашель В.А. Микроэлементный состав волос как маркер коморбидных состояний у детей с желчнокаменной болезнью, проживающих в экологически неблагоприятных территориях Краснодарского края / В.А. Шашель, С.Ю. Маталаева // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология, 2020. — Т.173. — №1. — С. 76–83.

© Нестеренко Алена Олександровна (alenushka_3@inbox.ru); Целых Екатерина Дмитриевна (celixed@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

MODERN METHODS OF PROCESSING AND ANALYZING SEISMIC DATA BASED ON MACHINE LEARNING

**A. Aykin
V. Nikishin
P. Igin
S. Remizov**

Summary. The control of seismic events during mining operations is an extremely important aspect of the safety and efficiency of mining. To ensure the control of seismic events during mining operations, various methods are used, such as monitoring of seismic activity, modeling of seismic processes, the use of special technologies and equipment. The most effective model for predicting the occurrence of seismic events is the RandomForestClassifier (Accuracy score 0,98606). This is also confirmed by analytical data, where the result of similar work is similar in value obtained probabilities of occurrence of seismic events.

Keywords: mountain impact, machine learning, seismic events, seismic observation data.

Айкин Андрей Владимирович

Директор, ООО НЦ БИТ, Кемерово
andrey.aykin@yandex.ru

Никишин Виктор Викторович

Ведущий инженер-программист, ООО НЦ БИТ, Кемерово
nikishin.vv@ncbit.ru

Игин Павел Константинович

Ведущий программист, ООО НЦ БИТ, Кемерово
igin.pk@ncbit.ru

Ремизов Станислав Вадимович

Начальник научного отдела,
ООО НПО «АЛЗАМИР», Кемерово
remizov.stanislav@yandex.ru

Аннотация. Контроль сейсмических событий при ведении горных работ является крайне важным аспектом безопасности и эффективности добычи полезных ископаемых. Для обеспечения контроля сейсмических событий при ведении горных работ используются различные методы, такие как мониторинг сейсмической активности, моделирование сейсмических процессов, применение специальных технологий и оборудования. Наиболее эффективной моделью предсказания возникновения сейсмических событий является — RandomForestClassifier (Accuracy score 0,98606). Это так же подтверждается аналитическими данными, где результатом похожих работ являются схожие по значению полученные вероятности возникновения сейсмических событий.

Ключевые слова: горный удар, машинное обучение, сейсмические события, данные сейсмических наблюдений.

Введение

Сейсмические исследования являются одним из основных методов изучения структуры и состава земной коры. Современные методы обработки и анализа сейсмических данных позволяют получить более точные и детальные сведения о геологическом строении подземных образований, что в свою очередь помогает улучшить прогнозирование различных геологических процессов.

Контроль сейсмических событий позволяет предотвратить возможные аварии, уменьшить риск разрушения горных выработок, защитить окружающую среду и обеспечить безопасность работников. Кроме того, контроль сейсмических событий помогает оптимизировать процессы добычи и улучшить качество добытых материалов.

Для обеспечения контроля сейсмических событий при ведении горных работ используются различные ме-

тоды, такие как мониторинг сейсмической активности, моделирование сейсмических процессов, применение специальных технологий и оборудования.

В настоящий момент перспективным направлением исследований является применение алгоритмов машинного обучения для анализа сейсмических данных. Алгоритмы нейронных сетей показали высокую эффективность при классификации сейсмических событий [1, 2]. Так же ведутся исследования по выявлению очагов сейсмических событий методами кластерного анализа [3, 4].

Цель исследования: Разработка модели машинного обучения для предсказания сейсмических ударов.

Задачи исследования:

1. Изучить и описать массив данных о возникновении сейсмических событий и параметров, которые были зарегистрированы в момент их происхождения. Выявить статистические характеристики дата

сета. Выявить ключевые параметры для дальнейшего анализа. Провести обработку данных.

2. Подобрать модели классификации для предсказания высокоэнергетических сейсмических ударов. Подобрать наиболее приемлемые параметры настройки моделей.
3. Оценить производительности моделей, описать результаты исследования.

Объект и методы исследования

Опасности, связанные с подземной добычей угля, многообразны. Однако одной из очень распространенных опасностей является сейсмическая опасность. Сейсмическая опасность — это вероятность того, что в данном географическом районе в течение данного промежутка времени произойдет землетрясение с интенсивностью движения грунта, превышающей определенный порог. Обычной практикой является использование показаний энергии и количества сейсмических событий, зарегистрированных за определенный промежуток времени, для прогнозирования возникновения горного удара. Горный удар — это сейсмическое событие с энергией более 1000 джоулей.

Для проведения исследования был выбран дата сет размещенный на ресурсе «Kaggle» [5]. Данные, представленные в этом наборе данных, взяты из угольной шахты Забже-Бельшовице в Польше.

Дата сет состоит из 19 столбцов, 18 независимых и 1 зависимая переменная. Из 18 независимых переменных 4 имеют тип str. Всего 2584 наблюдения. Не за-

висимые переменные содержат данные сейсмических наблюдений (результат оценки сейсмической опасности сдвига, полученный сейсмоакустическим методом, тип сдвигов, сейсмическая энергия, количество импульсов и т.д.). Зависимая переменная описывает факт возникновения или отсутствия горного удара за период смены (8 часов).

В процессе анализа и предобработки дата сета показано, что зависимая переменная class принимает только два значения 0 и 1. Соответственно для прогнозирования сейсмических событий на данном наборе данных необходимо решить задачу бинарной классификации. Для решения данной задачи были выбраны следующие алгоритмы:

- LogisticRegression;
- RandomForestClassifier;
- Perceptron;
- Support vector machines (svm).

Для анализа работы алгоритмов использованы такие метрики как — Ф — мера, матрица ошибок, accuracy_score.

Результаты исследования

Процедура предобработки данных содержит следующие операции:

- удаление пустых или повторяющихся данных;
- нормализация числовых данных (тип нормализации — z — оценка);
- кодирование вещественных данных;
- разбиение на тренировочную и тестовую выборку.

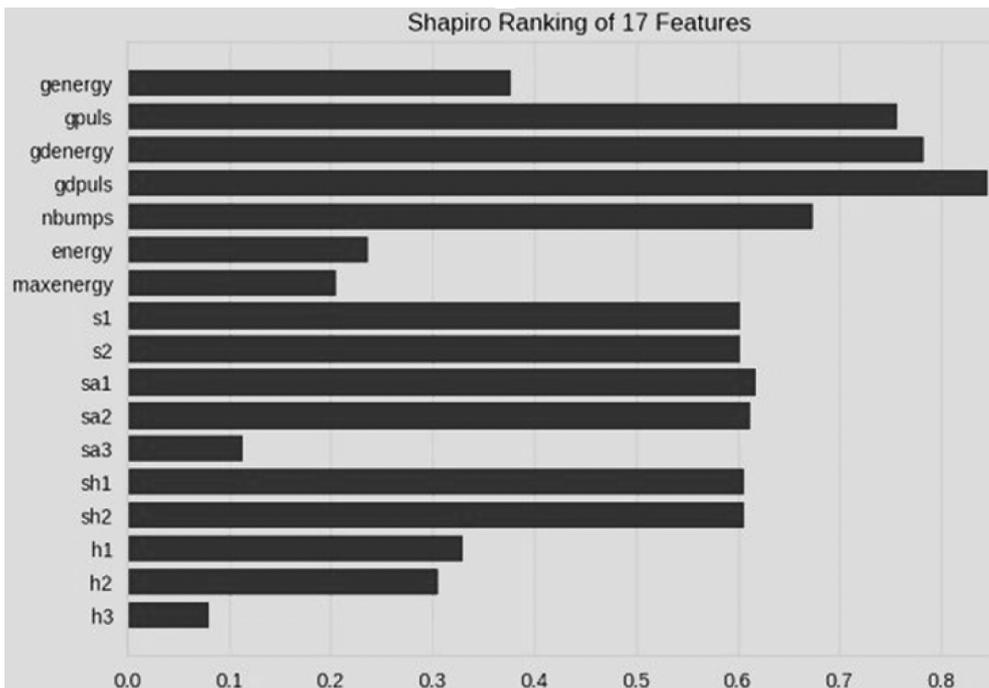


Рис. 1. Ранжирование признаков дата сета

Далее проведено ранжирование признаков (рисунок 1).

После обучения моделей были проведены предсказания, и сравнение точности предсказания используя метрику качества (таблица 1).

Таблица 1.

Результаты предсказания

Модель	Accuracy score	Матрица ошибок		Φ — мера
Logistic Regression	0,93266	2405	9	0,965088
		165	5	
RF	0,98606	2411	3	0,99259
		33	137	
Perceptron	0,93382	2413	1	0,96577
		170	0	
Svm	0,94543	2408	6	0,97155
		135	35	

Согласно метрикам качества максимально эффективно предсказывать возникновение сейсмических событий можно с применением алгоритма Random Forest.

Заключение

Использование алгоритмов машинного обучения позволяет с высокой точностью предсказывать возможные

сейсмические удары, что может быть полезно для принятия мер по предотвращению чрезвычайных ситуаций и защите населения.

Наиболее эффективной моделью предсказания возникновения сейсмических событий является — RandomForestClassifier (Accuracy score 0,98606). Это так же подтверждается аналитическими данными, где результатом похожих работ являются схожие по значению полученные вероятности возникновения сейсмических событий.

Дальнейшее развитие данной работы состоит в улучшении качества данных, использование более сложных алгоритмов машинного обучения и расширение набора признаков для более точного прогнозирования сейсмических ударов. Также возможно внедрение данной модели в реальные системы мониторинга и предупреждения о сейсмических ударах.

Решение вопроса прогнозирования возникновения сейсмических ударов является актуальной и перспективной задачей, которая может значительно улучшить безопасность и защиту населения от природных катастроф.

ЛИТЕРАТУРА

- Сергунин М.П., Еременко В.А. Обучение нейронной сети предсказывать параметры сдвижения горных пород налегающей толщи на основании данных о трещиноватости массива на примере рудника «Заполярный» // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2019. № 10. С. 106–116. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-10-0-106-116.
- Liang WZ, Sari YA, Zhao GY, McKinnon S, Wu H. Probability Estimates of Short-Term Rockburst Risk with Ensemble Classifiers // Rock Mechanics and Rock Engineering. 2021. 54. P. 1799–1814. doi.org/10.1007/s00603-021-02369-3.
- А.П., Ревин И.Е., Морозов К.В. Композитная модель анализа данных сейсмического мониторинга при ведении горных работ на примере Кукисвумчоррского месторождения АО «Апатит» // Записки Горного института. 2023. Т. 262. С. 571–580. DOI: 10.31897/PMI.2023.9
- Захаров Л.А., Мартюшев Д.А., Пономарева И.Н. Прогнозирование динамического пластового давления методами искусственного интеллекта // Записки Горного института. 2022. Т. 253. С. 23–32. DOI: 10.31897/PMI.2022.11
- Seismic Bumps Data Set [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.kaggle.com/datasets/pranabroy94/seismic-bumps-data-set/data> (Дата обращения: 20.03.2024).

© Айкин Андрей Владимирович (andrey.aykin@yandex.ru); Никишин Виктор Викторович (nikishin.vv@ncbit.ru); Игин Павел Константинович (igin.pk@ncbit.ru); Ремизов Станислав Вадимович (remizov.stanislav@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СИСТЕМА КЛИМАТ-КОНТРОЛЯ ДЛЯ УМНЫХ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ИОТ

CLIMATE CONTROL SYSTEM FOR SMART BUILDINGS BASED ON FUZZY IOT LOGIC

*Al-Dumaini Omar Ahmed Hazea Shaif
V. Velichkin*

Summary. The article develops a temperature and relative humidity control system for automating cooling systems of smart buildings by applying fuzzy logic rules. Temperature and relative humidity are considered as input parameters, the AC mode is considered as an output parameter. A model device is presented where the system receives input data from a temperature and humidity sensor (DHT11) using an Arduino microcontroller, then the received data is analyzed by a control system based on fuzzy logic. The action of the proposed system is considered, where it automatically controls cooling devices when the temperature changes from 0 to 50 °C and relative humidity from 0 % to 90 %. The optimal method of transmitting system data using the ESP8266-12E Node MCU Wi-Fi microcontroller for monitoring and controlling parameters in real time online via the Internet of Things is considered. The results obtained show that the proposed system can be practically applied in smart buildings, provide early warning to the user about changes in remote parameters in real time and at the same time start the cooling system to adapt the temperature regime to the desired one.

Keywords: smart building, IoT, DHT11, Arduino microcontroller, fuzzy logic system, temperature, relative humidity, automatic regulation, microclimate parameters, temperature, energy consumption.

Аль-Думайни Омар Ахмед Хазаеа Шаиф
Аспирант, Московский государственный
строительный университет
aomar3909@gmail.com

Величкин Владимир Александрович
кандидат технических наук, доцент Московский
государственный строительный университет
velichkinva@mgsu.ru

Аннотация. В статье разрабатывается система контроля температуры и относительной влажности для автоматизации систем охлаждения умных зданий с помощью применения правил нечеткой логики. Температура и относительная влажность рассматриваются как входные параметры, режим Ас — как выходной параметр. Представлено устройство модели, где система получает входные данные от датчика температуры и влажности (DHT11) с помощью микроконтроллера Arduino, затем полученные данные анализируются системой управления на основе нечеткой логики. Рассмотрено действие предложенной системы, где она автоматически управляет охлаждающими устройствами при изменении температуры от 0 до 50°C и относительной влажности от 0 % до 90 %. Рассмотрен оптимальный способ передачи данных системы с помощью Wi-Fi микроконтроллера ESP8266-12E Node MCU для мониторинга и управления параметрами в режиме реального времени в режиме онлайн через Интернет вещей. Полученные результаты показывают, что предложенная система может быть практически применена в умных зданиях, обеспечить раннее предупреждение пользователя об изменении удаленных параметров в реальном времени и в то же время запустить систему охлаждения для адаптации температурного режима к желаемому.

Ключевые слова: умное здание, IoT, DHT11, микроконтроллер Arduino, система нечеткой логики, температура, относительная влажность, автоматическое регулирование, параметры микроклимата, температура, энергопотребление.

Для обеспечения работы умных зданий используется огромное количество данных, поставляемых через Интернет вещей (IoT). К IoT может подключиться каждый, в любой точке мира [1]. С расширением IoT и недавним развитием встраиваемых систем, приложения для умных зданий стали более распространенными [2]. Благодаря использованию беспроводных мобильных технологий и датчиков, IoT позволяет подключить миллиарды объектов для сбора данных и их передачи людям по всему миру. Приложения IoT могут использоваться для удаленного мониторинга и управления электроприборами, установленными в здании. Данные о температуре и относительной влажности являются двумя наиболее важными элементами, которые можно контролировать с помощью них. Датчик DHT11 используется для определения данных значений для окружающей среды с хорошим уровнем стабильности

при двухсекундной задержке [4–6]. Он содержит влагуудерживающий компонент, расположенный между двумя клеммами внутри датчика; небольшое изменение влажности приводит к изменению проводимости компонента, что вызывает изменение импеданса между этими клеммами. Также, этот датчик включает в себя термистор, который действует как термозависимый переменный резистор, измеряющий значения температуры. Датчик DHT11 оснащен АЦП (аналого-цифровым преобразователем), благодаря которому входные данные преобразуются в цифровые значения. В этом случае нет необходимости во внешнем АЦП для обработки входных данных на микроконтроллере [7]. Относительная влажность и температура автоматически контролируются с помощью датчиков и микроконтроллеров через системы интеллектуальных зданий на базе IoT. Система управления на основе нечеткой логики является одним

из наиболее подходящих методов искусственного интеллекта для управления состоянием выхода в зависимости от входных параметров [8]. Нечеткая логика становится очень популярной благодаря простому способу реализации человеческого подхода к управлению, зависящего от правильной математической модели [9]. Она обладает рядом преимуществ, позволяющих управлять нелинейными сложными системами, а также математически трудно представимыми системами [8]. Благодаря наличию специализированного инструментария нечеткой логики, выполнение контроллера нечеткой логики в среде программирования MATLAB является популярным подходом [9], [10].

На сегодняшний день программная система Arduino является хорошим аппаратным обеспечением и проста в использовании, поскольку имеет небольшой вес, компактный дизайн и поддерживает интерфейс для датчиков цепи. Эти возможности делают систему эффективной, простой в использовании и точной [11].

Чтобы обеспечить беспроводную связь с Arduino, необходимо включить в состав чипа ESP8266-12E Node MCU Wi-Fi, который является недорогим микроконтроллером системы на кристалле, с открытым исходным кодом для создания IoT-платформ [12].

В этой статье мы предлагаем разработку и реализацию системы контроля температуры и относительной влажности для автоматических умных зданий на базе микроконтроллера Arduino с использованием нечеткой логики. Система нечеткой логики используется для принятия решений через набор правил, которые применяются к входным параметрам, полученным от датчика DHT11sensor, и управляет системой охлаждения через выход Ac mode. Разработанная система также может отслеживать входные данные и управлять выходом в режиме онлайн через IoT с помощью микроконтроллера ESP8266 12— E Node MCU.

Система управления играет важную роль во многих приложениях с обратной связью. Она способна контролировать, управлять и влиять на условия работы динамических систем для обеспечения лучшей работы замкнутого контура. Условия рабочего состояния обычно связаны с выходными параметрами [11]. В данной работе представлена замкнутая система управления температурой и относительной влажностью с использованием контроллера нечеткой логики на примере микроконтроллера Arduino UNO, который управляет выходом системы охлаждения через релейный модуль. Кроме того, данные ввода/вывода могут контролироваться и управляться пользователем через ESP8266-12E Node MCU с помощью приложения ThingSpeak путем изменения относительного времени работы реле в соответствии с рабочим циклом для выходного сигнала.

Предлагаемая умная система управления температурой и относительной влажностью воздуха в здании состоит из четырех основных частей. Это чувствительный датчик температуры и относительной влажности (DHT11), микроконтроллер Arduino Uno, микроконтроллер ESP8266-12E Node MCU и контроллер нечеткой логики.

Сначала датчик собирает данные из окружающей среды здания и отправляет их на микроконтроллеры Arduino Uno и ESP8266-12 Node MCU. Диапазон значений температуры и относительной влажности устанавливается в пределах от 0°C до 50°C и от 0 % до 90 % соответственно. Эти входные данные анализируются и обрабатываются нечетким логическим контроллером для получения желаемых выходных значений режима Ac, которые управляют системой охлаждения путем включения реле на определенное время работы при соблюдении заданных условий.

MCU ESP8266-12E Node загружает данные ввода-вывода в реальном времени через Wi-Fi соединение на облачный сервер IoT по протоколу HTTP, а также генерирует набор данных для ThingSpeak. Любой, кто проверяет состояние системы управления зданием через веб-сайт, должен войти в систему, используя идентификатор пользователя и пароль для доступа, что обеспечивает безопасность данных.

Рабочая модель предлагаемой системы выглядит так:

- Датчик DHT11 — недорогой, высоконадежный 4-контактный датчик. Вывод 1 — это Vcc, а вывод 2 — это вывод данных, который получает данные извне и отправляет их на микроконтроллер Arduino. Датчик обнаруживает изменения параметров окружающей среды и отправляет их на один из цифровых входных контактов Arduino. Последний имеет 14 цифровых входов/выходов, шесть из которых могут быть использованы в качестве выводов широтно-импульсной модуляции (ШИМ).
- Цифровое значение входных данных обрабатывается в микроконтроллере Arduino Uno, который регулирует работу интеллектуальной системы управления с помощью нечеткого логического контроллера, смоделированного с помощью файла FIS MATLAB, который реализован на микроконтроллере Arduino путем преобразования файла FIS в файл скетча среды программирования C с заголовочным файлом и использованием библиотеки eFLL (Embedded Fuzzy Logic Library), поддерживающей метод Мамдани.
- Система охлаждения управляется с помощью ШИМ-сигнала, генерируемого микроконтроллером Arduino. ШИМ может использоваться для объяснения аналогового, цифрового и PWM (аналоговый входной сигнал, воспроизведенный

из цифрового выходного сигнала). Этот сигнал используется для определения времени работы реле в режиме ВКЛ/ВЫКЛ. Длительность работы реле регулируется в зависимости от рабочего цикла с диапазоном от 0 % до 100 %. Рабочий цикл означает определенное время, в течение которого импульс включен в течение цикла работы реле.

- Полученные датчиком входные значения в реальном времени необходимо передавать на облачный сервер IoT. Для этого требуется сеть связи Wi-Fi, подключаемая к MCU ESP8266-12E Node. Этот модуль имеет один аналоговый и двенадцать цифровых выводов ввода/вывода. Он определяет изменения в данных ввода/вывода в реальном времени и непрерывно передает их реальному пользователю для мониторинга и управления по мере необходимости через платформу ThingSpeak с сайта www.ThingSpeak.com или <https://exponenta.ru/thingspeak>. Этот веб-сервис обеспечивает анализ данных с открытым исходным кодом на платформе MATLAB с полным доступом к профилю и предоставляет простой способ просмотра и анализа данных, собранных полевыми устройствами, на облачном сервере IoT. Одновременно эти данные в реальном времени выводятся на последовательный монитор Arduino IDE.

Принципиальная схема нечеткой логической системы управления состоит из трех основных компонентов: фаззификации, фаззи-инференционной системы и дефаззификации [13].

Фаззификация. Нечеткие входы в нечеткую систему управления отображают нечеткие множества; эти множества описывают различные интервалы, которые принадлежат входам. При фаззификации получают значения степени принадлежности в диапазоне от 0 до 1.

Фаззи-инференционная система. На этом этапе мы получаем выходные сигналы в соответствии с заданными входами системы. Для нечетких управляющих входов используется треугольная функция членства, а для выхода — трапециевидная функция членства. Для определения правил и значений принадлежности нечеткого вывода необходимо знать рабочие диапазоны входного датчика DHT11.

Дефаззификация. Генерируются конкретные нечеткие выходные значения, полученные в результате работы системы вывода для управления значениями температуры и относительной влажности, а также настройки режима работы системы охлаждения.

Для получения точных результатов нечеткой системы семь нечетких множеств (холодный, прохладный, нор-

мальный, теплый, горячий, очень горячий) выбраны для входной температуры в диапазоне от 0°C до 50°C, а пять лингвистических нечетких множеств (очень низкий, низкий, нормальный, высокий и очень высокий) выбраны для относительной влажности от 0 % до 90. Семь нечетких множеств, (крайне низкий (EL), очень низкий (VL), низкий (L), нормальный (N), высокий (H), очень высокий (VH) и крайне высокий (EH)), используются для выходной переменной режима Ac от 0 до 3.

После этого генерируются нечеткие правила, построенные по типу IF-THEN с операцией AND. Из разработанных нечетких наборов входных переменных общее количество возможных правил составит $7 \cdot 5 = 35$ правил, которые используются для обучения нечеткой системы (см. Таблицу 1). Для принятия решений в соответствии с правилами модели используется метод Мамдани Тип-1.

Таблица 1.
35 нечетких правил для управления системой охлаждения

Влажность, %	Температура, °C					
	холодная 0–7°C	прохладная 8–15°C	нормальная 16–21°C	теплая 21–25°C	горячая 26–30°C	очень горячая >30°C
очень низкая менее 30 %	EL	VL	VL	N	N	H
низкая 30–50%	EL	VL	L	N	H	VH
нормальная 50–70 %	EL	VL	L	N	H	VH
высокая 70–85%	VL	L	L	N	VH	EH
очень высокая более 85 %	L	L	N	H	EH	EH

Таблица 2.
Результаты ввода-выхода и условия выхода разработанного симулятора фаззи-инференционной системы

Вход		Выход	
Температура, °C	Влажность, %	Режим Ac	Состояние режима Ac
8	72	0.73	низкий
21	61	1	низкий
25	49	1.5	нормальный
28	62	2.1	высокий
33	47	2.5	очень высокий
40	34	2.5	очень высокий
46	90	2.9	крайне высокий

Оценка системы нечеткой логики после обучения проводится с помощью редактора моделирования Matlab FIS, а некоторые значения результатов моделирования ввода/вывода представлены в таблице (2).

Таким образом, в данном исследовании представлен прототип автоматической интеллектуальной системы охлаждения с использованием Интернета вещей (IoT). Данное исследование позволяет интегрировать реле с микроконтроллерной платой для управления строительными приборами из различных удаленных мест

в режиме реального времени. Преимущество разработанной системы заключается в сокращении потерь энергии и человеческих усилий за счет использования нечеткого логического контроллера для принятия решения о соответствующем состоянии работы. Данные ввода-вывода в реальном времени могут быть отправлены и сохранены на облачном сервере IoT для мониторинга и управления через ThingSpeak. Эти параметры можно просматривать и анализировать, нанося их на график для использования в будущем анализе, чтобы помочь пользователям более эффективно управлять системой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gonzalez-Torres M. et al. Overview of information on energy consumption of buildings: trends, uses, fuels and driving forces // Energy reports. 2022. Vol. 8, pp. 626–637.
2. Mir U. et al. Energy consumption management in smart buildings and houses: modern approaches, hypothetical solutions, open questions and tasks // IEEE Access. 2021. Vol. 9, pp. 94132–94148.
3. Khalil M. et al. Machine Learning, Deep Learning and Statistical Analysis for Predicting energy consumption of buildings — a systematic review // Engineering applications of artificial intelligence. 2022. Vol. 115, p. 105287.
4. Anastasiadou M., Santos V., Diaz M. S. Machine learning methods focused on energy characteristics of buildings: analysis of dimensions and methods // Buildings. 2021. Vol. 12, No. 1, p. 28.5
5. Iwayemi A., Wang W., Zhou S. Energy consumption management in intelligent buildings. In Energy management systems; ed.; IntechOpen: Rijeka, Croatia, 2011; Chapter 6.
6. Ambrosiak A., Chojecki A. Optimization module of the PID controller using a fuzzy self-adjusting PSO for a supply and exhaust system in continuous operation // Engineering applications of artificial intelligence. — 2023. Vol. 117, p. 104485.
7. McDowell R., Montgomery R. Fundamentals of HVAC control systems // Elsevier Science: Amsterdam, the Netherlands, 2008.
8. Izhikevich E.M. Dynamic systems in neuroscience: the geometry of excitability and rupture // Massachusetts Institute of Technology Publishing House, 2007.
9. Ahmed K. et al. Probabilistic inference using neural networks with stochastic bursts on a neurosynaptic processor // International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN) 2016. IEEE, 2016. pp. 4286–4293.
10. Nyrkov A. et al. Mathematical models for solving problems of ensuring the reliability of marine systems // Achievements in the field of systems, control and automation, 2018. pp. 387–394.
11. Nyrkov A. et al. Problems of identification and tracking during qualimetric checks in distributed control systems of drilling platforms, Conference of young researchers in the field of electrical engineering and electronics IEEE NW Russia 2016 (EIconRusNW), St. Petersburg, 2016. pp. 641–645.
12. Maliutov D.M. et al. Estimation of the covariance matrix for modeling interest rate risk using smooth and monotonic regularization // IEEE Journal on Selected Topics in Signal Processing, 2016. T 10, pp. 1006–1014.
13. Pradityo F., Suranta N. Indoor air quality monitoring and management system based on the Internet of Things and fuzzy logic // 7th International Conference on Information and Communication Technologies (ICICT) 2019. IEEE, 2019. pp. 1–6.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

THE USE OF NEURAL FOR ANTENNA ARRAYS

A. Brusova

Summary. Neural networks are universal tools for research and solving various problems. One of the areas of application is radar. In particular, consideration of antennas and radiation patterns. This article is more of an overview than a practical one.

Keywords: neural networks, antenna arrays, PAA, radiation pattern.

Брусова Анна Александровна

Аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА — Российский технологический университет» (г. Москва)
SupernaturalAnn@yandex.ru

Аннотация. Нейронные сети являются универсальными инструментами для исследования и решения различных задач. Одной из областей применения является радиолокация. В частности, рассмотрение антенн и диаграмм направленности. Данная статья имеет больше обзорный характер, чем практический.

Ключевые слова: нейронные сети, антенные решетки, ФАР, диаграмма направленности.

Введение

Искусственный интеллект в современном мире, несомненно, играет решающую роль, создавая новые возможности для инноваций и роста в различных отраслях. Одним из методов искусственного интеллекта являются нейронные сети.

Искусственная нейронная сеть (ИНС) — это модель обработки информации, вдохновленная тем, как биологические нервные системы, такие как мозг, обрабатывают информацию. Ключевым элементом этой модели является новая структура системы обработки информации. Он состоит из большого количества тесно взаимосвязанных обрабатывающих элементов (нейронов), работающих в унисон для решения конкретных задач. ИНС, как и люди, учатся на собственном примере. ИНС настраивается для конкретного приложения, такого как распознавание образов или классификация данных, в процессе обучения. Обучение в биологических системах включает в себя корректировку синаптических связей, существующих между нейронами. Это верно и для ИНС. Нейронные сети, обладающие замечательной способностью извлекать смысл из сложных или неточных данных,

могут использоваться для извлечения закономерностей и выявления тенденций, которые слишком сложны, чтобы их могли заметить люди или другие компьютерные технологии. Обученную нейронную сеть можно рассматривать как «эксперта» в той категории информации, которую ей предоставили для анализа. Затем этот эксперт может быть использован для составления прогнозов в новых, представляющих интерес, ситуациях и ответа на интересующие вопросы.

Присущие нелинейности, связанные с диаграммами направленности антенн, делают антенны очень подходящими кандидатами для ИНС.

Формирование диаграммы направленности антенны для фазированной решётки

Постановка задачи:

Дана прямоугольная фазированная антенная решетка (рис. 1), где каждый излучатель задан отдельно и имеет диаграмму направленности вида, представленного на рисунке 2. А общая диаграмма направленности всей антенной решетки изображена на рисунке 3.

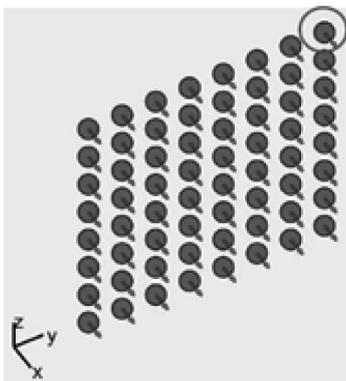


Рис. 1.

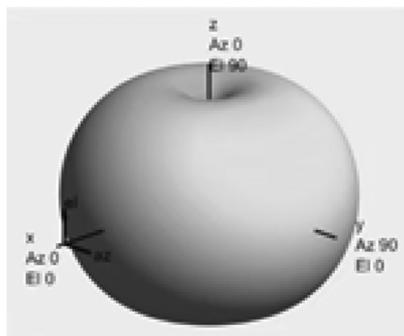


Рис. 2.

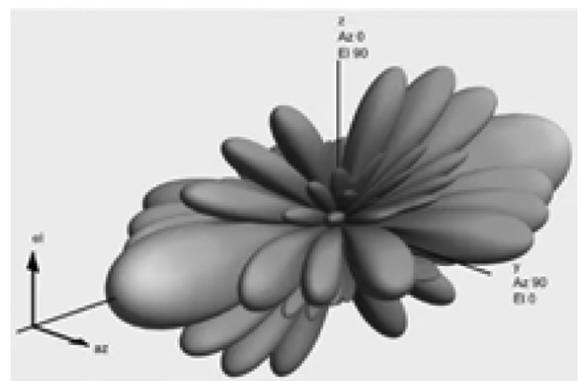


Рис. 3.

Сечение диаграммы направленности, где угол места равен 0 (рис 4).

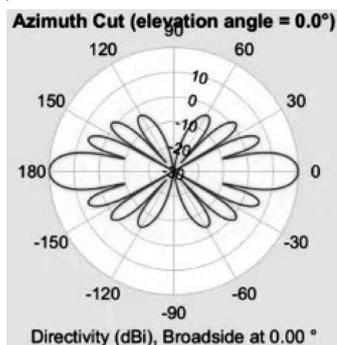


Рис. 4.

В качестве зондирующего сигнала применяется ЛЧМ длительностью 0,1 миллисекунда, с частотой девиации 100 килогерц. Цель располагается на расстоянии 5 километров.

Как мы можем увидеть, помеховая составляющая на данный момент отсутствует, поэтому все великолепно распознается, виден корреляционный пик.

В корне меняет ситуацию появление помех (Гауссовский шум). В данном случае помеха промоделирована в правом боковом лепестке. Координаты помехи — азимут 21 градус угол места 0.

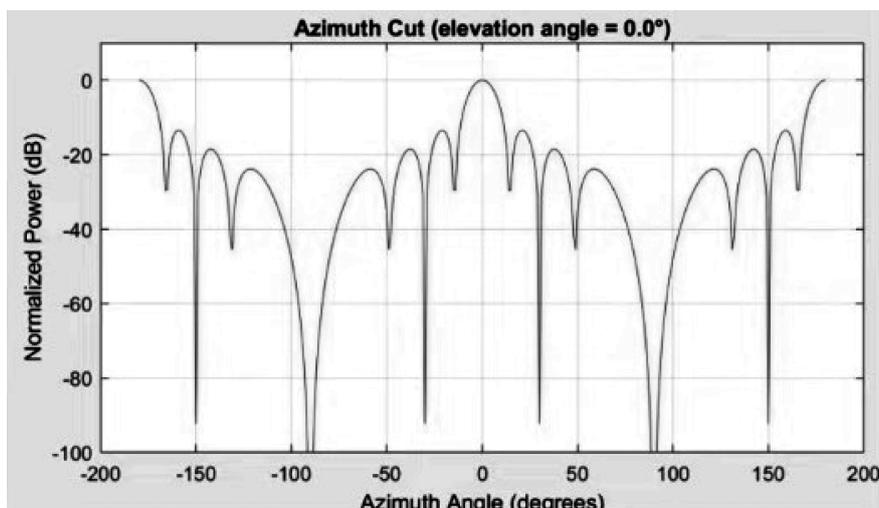


Рис. 5.

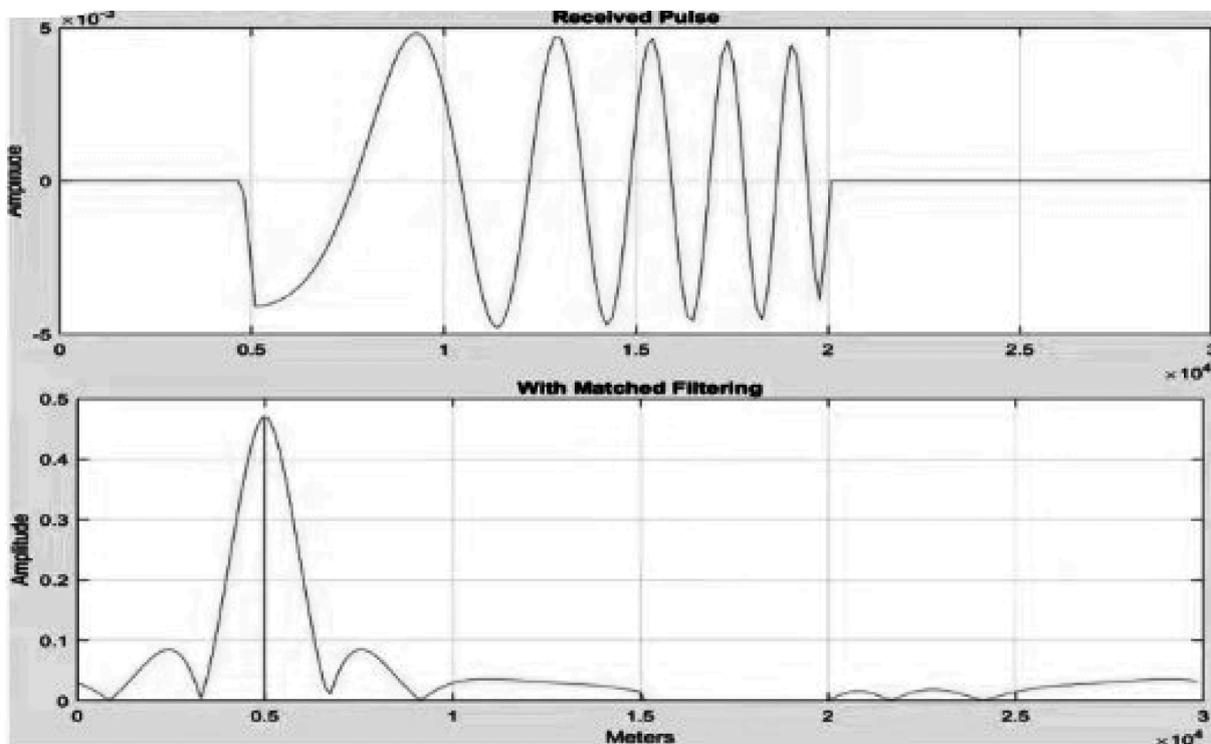


Рис. 6.

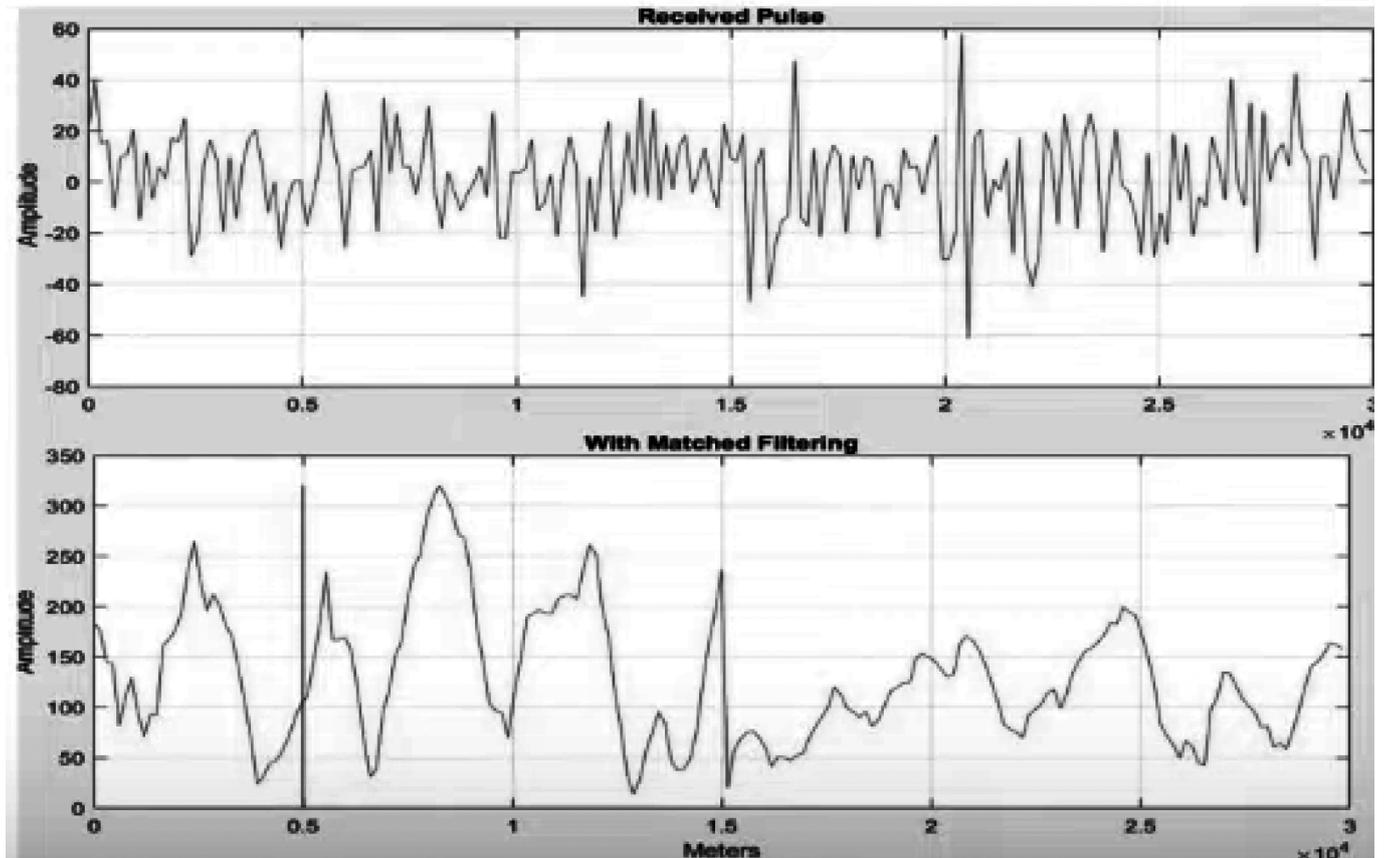


Рис. 7.

На выходе мы видим, что сигнал зашумлен и обнаружения нет. Есть необходимость осуществлять адаптацию.

ФАР как линейная нейронная сеть

Рассмотрим, что собой представляет антенная решетка. В простом виде ее можно характеризовать следующей структурной схемой (рисунок 8). Она мало чем отличается от обычной однослойной нейронной сети (рисунок 9). Разница заключается только в функции активации. Поэтому, почему бы не заменить функцию активации на линейную. Тогда две схемы — первая (рисунок 8) и третья (рисунок 10) ничем не отличаются. Поэтому, в данной задаче удобно использовать однослойную линейную нейронную сеть.

Адаптация диаграммы направленности

Адаптация произошла успешно. Получены диаграммы адаптации. Где синяя диаграмма — после линейной нейронной сети. Также проводилось сравнение этой сети с оптимальным фильтром, который дает максимум отношения сигнал/шум. Как можно видеть, корреляционный пик оптимального фильтра выше. Это логично, так как задача классическая, где все известно. Поэтому, оптимальная фильтрация работает здесь более качественно. Но, нейронные сети будут проявлять свою

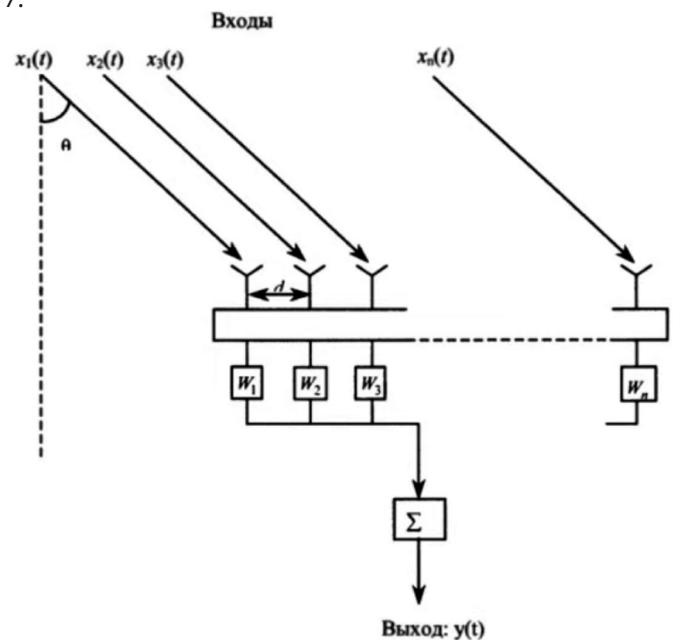


Рис. 8.

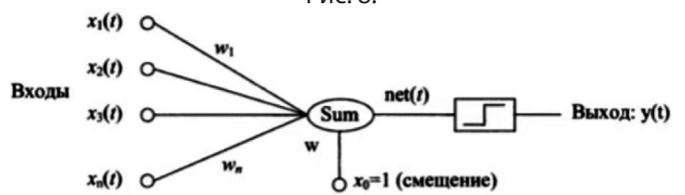


Рис. 9.

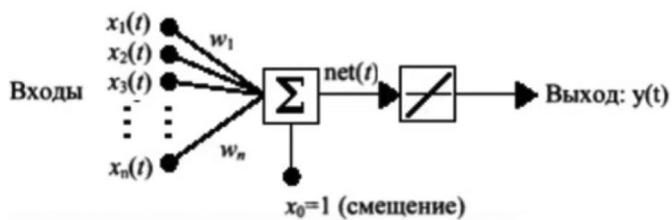


Рис. 10.

эффективность, когда ситуация будет нелинейная и неоднородная, и когда помехи будут не стационарными. В таком случае, существенный выигрыш ожидается за нейронными сетями.

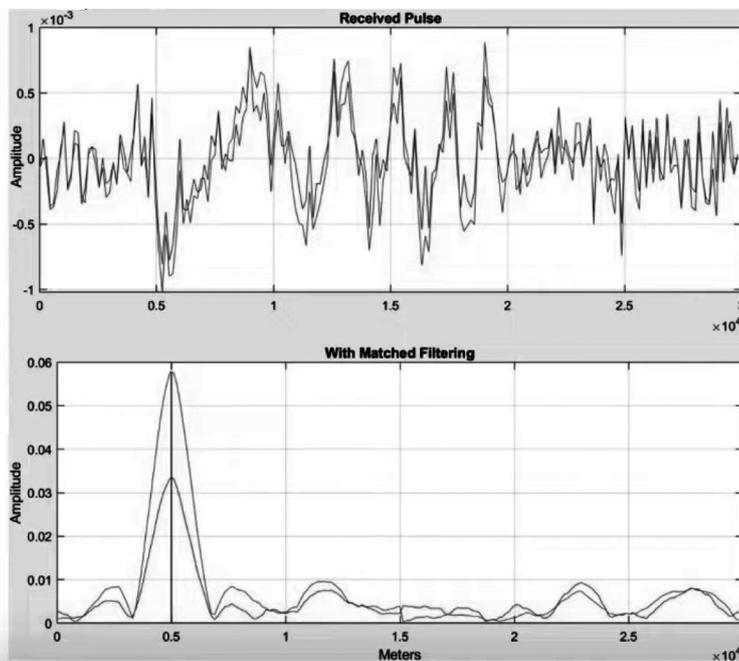
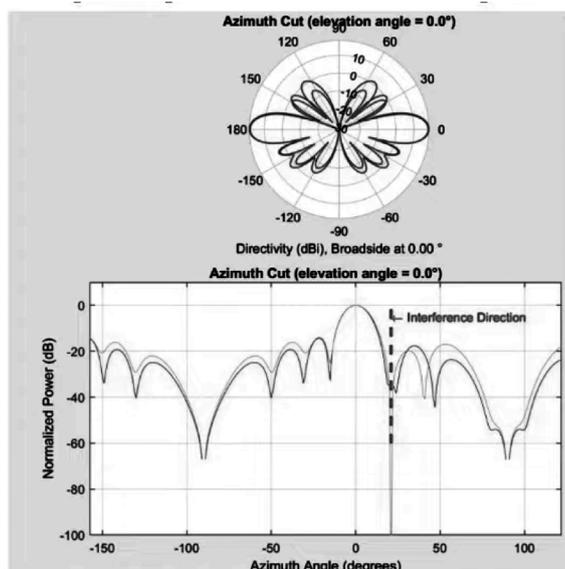


Рис. 11.

ЛИТЕРАТУРА

1. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Станислав Осовский; [пер. с польск. И.Д. Рудинского]. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Горячая линия — Телеком, 2017. — 448 с.: рис.
2. А. Али, А.В. Николаев, П.А. Титовец. Нейронная сеть для восьмиэлементной фазированной антенной решетке. Телекоммуникации и информационные технологии. — 2021. — Т. 8. — № 2. — С. 5–13.
3. Ф.М. ГАФАРОВ, А.Ф. ГАЛИМЯНОВ. Искусственные нейронные сети и приложения. — 2018. учеб пособие УДК 004.032.26. — С. 1–121.
4. Доррер, М.Г. Моделирование нейронных сетей в системе MatLab: лабораторный практикум / М.Г. Доррер; СибГУ им. М.Ф. Решетнева. — Красноярск, 2021. — 98 с.
5. Ланкин Ю.П., Басканова Т.Ф. Нейронные сети для сложных систем и сигналов // Ползуновский альманах №3, 2007. С. 11–13.
6. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание: Пер. с англ — М.: Издательский дом «Вильямс», 2006.

© Брусова Анна Александровна (SupernaturalAnn@yandex.ru)
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДХОДОВ ФИЛЬТРАЦИИ ПОСТОВ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПО ТЕМЕ ЭМИГРАЦИИ

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF APPROACHES TO FILTERING SOCIAL MEDIA POSTS ON THE TOPIC OF EMIGRATION

**B. Goryachkin
K. Chirkin**

Summary. Problem statement. The problem of emigration of the population from the Russian Federation is becoming more and more relevant, and in order to take measures to reduce it, it is necessary to understand the factors of emigration of the population. The authors propose an analysis of the texts of social network posts to identify factors of population emigration. However, since posts are collected using keywords that can be semantically rich, a large number of irrelevant posts may be included in the sample for analysis. In this regard, it is necessary to decide on the most effective approach to filtering social network posts, since, on the one hand, it is necessary to cut off irrelevant posts as much as possible to reduce analysis time, and on the other hand, to include the maximum number of relevant posts in the sample so as not to miss out on valuable information.

Target. Determining the most accurate approach to filtering social network posts on the topic of emigration.

Results. An algorithm based on an automated structural approach and a neural network approach were implemented. The accuracy of filtering posts using each approach was measured. A comparative analysis of post filtering approaches was carried out.

Practical significance. The most effective approach to filtering posts will be used in a technological algorithm for identifying emigration factors based on the analysis of texts of social network posts and will increase the effectiveness of this algorithm. The algorithm, in turn, will allow public authorities, as well as researchers, to identify factors of emigration of the population in order to develop measures to reduce it. Such measures should be more effective, as they will be developed taking into account public opinion.

Keywords: emigration factors, neural network approach, neural network, automated structural approach, social networks.

Горячкин Борис Сергеевич

кандидат технических наук, доцент,
Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана
bsgor@mail.ru

Чиркин Константин Николаевич

Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана
kostachirkin@gmail.com

Аннотация. Постановка проблемы. Проблема эмиграции населения из РФ становится все более и более актуальной, а для принятия мер по ее снижению необходимо понимание факторов эмиграции населения. Авторами для выявления факторов эмиграции населения предлагается анализ текстов постов социальных сетей. Однако, так как сбор постов производится по ключевым словам, которые могут быть семантически насыщены, в выборку для анализа может попадать большое количество нерелевантных постов. В этой связи необходимо определиться с наиболее эффективным подходом фильтрации постов социальных сетей, так как, с одной стороны, необходимо максимальное отсеечение нерелевантных постов для сокращения времени анализа, а с другой стороны, максимальное попадание релевантных постов в выборку, чтобы не упустить ценную информацию.

Цель. Определение наиболее точного подхода фильтрации постов социальных сетей по теме эмиграции.

Результаты. Реализованы алгоритм на основе автоматизированного структурного подхода и нейросетевой подход. Измерена точность фильтрации постов с помощью каждого из подходов. Проведен сравнительный анализ подходов фильтрации постов.

Практическая значимость. Наиболее эффективный подход фильтрации постов будет использован в технологическом алгоритме выявления факторов эмиграции на основе анализа текстов постов социальных сетей и позволит повысить эффективность данного алгоритма. Алгоритм, в свою очередь, позволит органам государственной власти, а также исследователям, выявлять факторы эмиграции населения, с целью разработки мер по ее сокращению. Такие меры должны быть более эффективными, так как будут разработаны с учетом общественного мнения.

Ключевые слова: факторы эмиграции, нейросетевой подход, нейросеть, автоматизированный структурный подход, социальные сети.

Введение

Если обратиться к графику миграционного сальдо за 1997–2022 гг., построенному на основе данных Федеральной службы государственной статистики (Росстата) [1] на рис. 1, а также к графику направленности миграции, где «1» — миграционный прирост, «–1» — миграционный отток, на рис. 2, то очевидно, что, в целом, из развивающихся стран наблюдается приток населе-

ния, а в развитые страны — отток населения (страны отнесены к развитым или развивающимся в соответствии с классификацией Международного валютного фонда [2], «другие страны» — те страны, которые были отнесены Росстатом к этой группе).

Учитывая тот факт, что, как правило, в развивающиеся страны эмигрирует более квалифицированное население, а из развивающихся стран менее квалифициро-

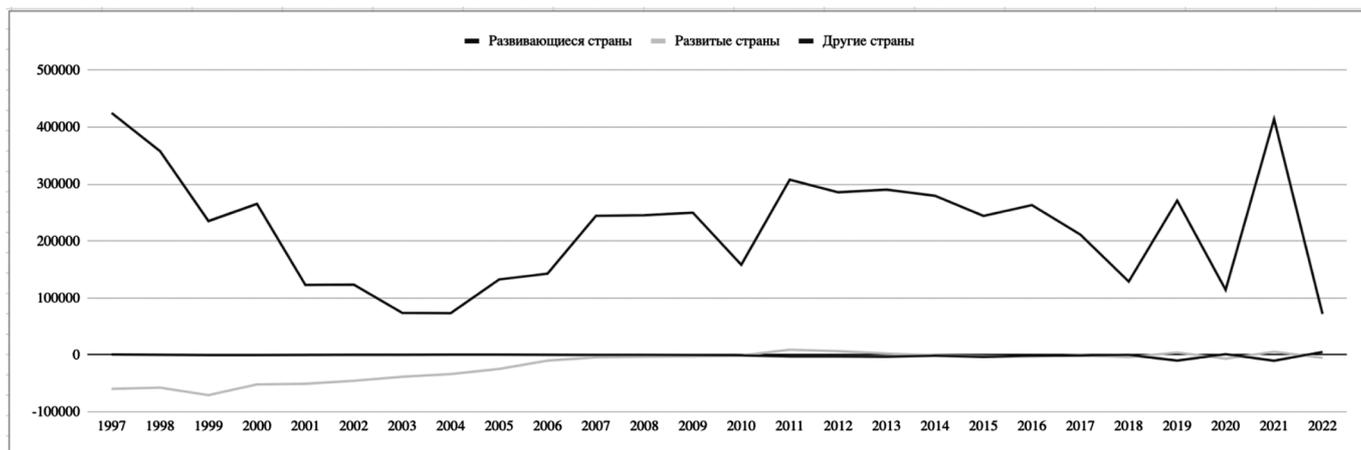


Рис. 1. Миграционное сальдо за 1997–2022 гг.



Рис. 2. Направленность миграции

ванное население, наблюдается тренд замещения более квалифицированной рабочей силы менее квалифицированной или постепенное снижение квалификации населения РФ и снижение технологически-инновационного потенциала РФ.

Политические события 2022 года обострили эти тенденции. Эмигрировать стало не только экономически активное квалифицированное население, но и менее квалифицированное население.

Человеческий капитал является ключевым источником устойчивого общественного развития, повышения конкурентоспособности страны на международной арене, роста и безопасности национальной экономики [3] [4][5][6]. Руководство РФ также осознает ключевую роль человеческого капитала, поэтому в стратегии экономической безопасности до 2030 года (указ Президента РФ от 13 мая 2017 г. № 208) снижение качества человеческого капитала относится к вызовам и угрозам экономической безопасности, а его развитие — цель государственной политики в сфере обеспечения экономической безопасности [7].

Фундаментальность проблемы эмиграции становится более очевидной, если учитывать тот факт, что для развития человеческого капитала, население непосредственно должно находиться в стране. Если человек эмигрировал, какие бы меры государство не предпринимало по развитию человеческого капитала, они будут бесполезны. Таким образом, первостепенной задачей государства является именно сохранение человеческого капитала, а уже затем его развитие.

Анализ постов социальных сетей по теме эмиграции как способ определения факторов эмиграции

Для решения проблемы эмиграции населения из РФ необходимо понимать факторы-мотиваторы и сдерживающие факторы эмиграции. Рассмотрим методы их выявления, которые представлены в современных научных исследованиях.

Одним из основных методов исследования факторов эмиграции является применение методов матема-

тической обработки данных применительно к данным Росстата или к данным, полученным с помощью социологических методов. Такой подход в своих работах используют, например, Морозова Е.А. и Кочнева О.П. [8]; Тихомирова А.М. [9]; Винокурова А.В., Мунхбат Оролмаа и Оюунханд Шагдар [10]; Бареев М.Ю. и Курмышкина О.Н. [11]; Шворина К.В. и Фалейчик Л.М. [12]; Собкин В.С., Смылова М.М. и Коломиец Ю.О. [13]. Одним из основных его недостатков является низкая частотность исследований, так как данные Росстата обновляются раз в год, а социологические исследования требуют относительно больших время- и трудозатрат, из-за чего также проводятся не часто. Но главный недостаток — неполное раскрытие факторов эмиграции из-за потери социально-психологических характеристик населения, так как исследуются данные, а не тексты [14]. Другим популярным методом исследования факторов эмиграции является использование социологических методов: опросов, анкетирования, интервью. Такой подход, например, встречается в работах Вяльшиной А.А. и Дакировй С.Т. [15]; Сидоровой Н.П. [16]; Петрук Г.В. и Ким А.Г. [17]; Осадчей О.А. [18]; Шаровой К.А. [19]; Комбаева А.В. [20]. К этой же группе можно отнести и проективные техники (например метод ассоциации из области психологии, который был применен Ивановой Н.А. [21], метод незаконченных предложений с последующим контент-анализом предложений, законченных респондентами, использованный Амбросовой В.И. [22]). Основным недостатком такого подхода является реактивность — наличие модератора исследования может подтолкнуть респондента к социально ожидаемым ответам или иным образом исказить его ответы. И все те же недостатки: небольшой объем и низкая частота исследований, из-за ресурсозатратности метода. Кроме того, вероятно, что теоретические концепты, которые операционализируются в анкетные вопросы, недостаточно хорошо схватывают реальность, возможно, респондент хотел бы выразить больше, но это не предусмотрено планом исследования [23].

Учитывая приведенные недостатки основных методов исследования факторов эмиграции, понятны попытки исследователей применить новые. Так, Богданов М.Б. и Смирнов И.Б.; Черданцева А.М., рассматривают новые возможности, которые открывает использование цифровых следов (информации об активности пользователей и паттернах использования социальных сетей), обрабатываемых с помощью Big Data, в качестве новых социологических методов [23][24]. Или Исакова Е.В. и Епишкина И.И., которые рассматривают социальные сети не только как инструмент присутствия и информирования населения о деятельности органов государственной власти, но и как инструмент сбора обратной связи [25]. Но и эти методы обладают серьезным недостатком — цифровые следы также не настолько глубоко как тексты отражают социально-психологические характеристики населения.

Исходя из всего вышеперечисленного можно сделать вывод о том, что анализ текстов из социальных сетей мог бы обеспечить исследование факторов эмиграции с меньшими время- и трудозатратами, высокой частотностью, большим объемом исследуемых данных, а также с большей глубиной раскрытия социально-психологических характеристик населения, меньшей реактивностью и с возможностью более детального исследования факторов эмиграции и их историчности, так как будут исследоваться тексты из социальных сетей, а не числовые данные.

Проблема фильтрации постов социальных сетей по теме эмиграции

Перейдем теперь к сути технологического алгоритма, который позволил бы выявлять факторы эмиграции с указанными выше преимуществами. Во-первых, алгоритм должен содержать шаг «Сбор постов из социальных сетей». Во-вторых, алгоритм должен содержать шаг «Качественный контент-анализ постов социальных сетей», так как качественный контент-анализ позволяет выделять из текста категории и производить с ними статистические операции. В качестве категорий можно определять факторы эмиграции и ранжировать их по убыванию упоминаемости, что позволит использовать эту информацию для социального управления. Кроме того, технологический алгоритм должен содержать также шаг «Фильтрация постов из социальных сетей». Так как при сборе в выборку попадает большое количество непригодных для дальнейшего исследования постов, анализ которых значительно ухудшил скорость и целесообразности алгоритма. Поэтому необходима автоматизация процесса фильтрации постов социальных сетей с помощью одного из подходов классификации текстов (текстам, которые не должны быть использованы в дальнейшем анализе, необходимо проставить класс «Нерелевантный», а текстам, которые должны — класс «Релевантный»).

Иными словами, описать рассматриваемый технологический алгоритм можно с помощью структурной схемы технологического алгоритма на рис. 3 (на рис. 4 представлены условные обозначения для структурной схемы).

Для осуществления шагов «Сбор постов из социальных сетей» и «Качественный контент-анализ постов социальных сетей» создано специализированное ПО, решающее поставленную задачу, поэтому вопрос о выборе подхода для этих шагов не стоит.

Что же касается шага «Фильтрация постов из социальных сетей», то для его осуществления могут быть использованы несколько подходов. Широко распространенными являются автоматизированный структурный подход [26][27][28][29] и нейросетевой подход [26][27][29].



Рис. 3. Структурная схема технологического алгоритма выявления факторов эмиграции из социальных сетей



Рис. 4. Условные обозначения для структурной схемы

Менее распространенным является еще один подход, упоминаемый в работе Урвачева П.М. и Степаненко Р.А., — семантический поиск [29]. Этот подход предполагает, помимо ключевых слов, в тексте учитывать их контекст. Однако авторы отмечают, что данный подход недостаточно разработан для практического применения, а также его реализация является ресурсозатратной. Позволить себе его использование могут лишь технологические гиганты. Поэтому ограничимся рассмотрением двух подходов: автоматизированный структурный и нейросетевой.

Необходимо определить, какой из двух подходов является наиболее эффективным для фильтрации постов социальных сетей по теме эмиграция. Время классификации постов у этих двух подходов находится на примерно одном и том же уровне, и не играет существенной роли в рамках поставленной задачи. С другой стороны, требуется максимально сократить число нерелевантных постов, которые попадут на ручную процедуру качественного контент-анализа, чтобы не упустить ценную информацию. Поэтому в качестве характеристики эффективности выберем точность классификации.

Таким образом, цель исследования — определение наиболее точного подхода фильтрации постов социальных сетей по теме эмиграции.

Для достижения данной цели были в настоящей статье решаются следующие исследовательские задачи:

1. сбор массива постов для оценки каждого из подходов;
2. реализация автоматизированного структурного подхода;
3. реализация нейросетевого подхода;
4. фильтрация постов на собранном массиве с помощью каждого из подходов, определение точности каждого из подходов;
5. сравнение точности каждого из подходов, выбор наиболее эффективного.

Объектом исследования является технологический алгоритм выявления факторов эмиграции на основе анализа постов социальных сетей. Предмет исследования — точность подходов фильтрации постов по теме эмиграции.

Датасет

Для тестирования точности классификации был собран датасет — массив постов, собранный с помощью API социальной сети VK, по темам «релокация», «эмиграция», «уехать из России», «в какую страну уехать», «почему я не уезжаю из России», «причины остаться в России». Было собрано 100 000 постов, из которых для обучения и тестирования нейросети (нейросетевой подход), а также создания и тестирования алгоритма классификации постов на основании автоматизированного структурного подхода, было отобрано 10 118 постов, которые были размечены (то есть им был проставлен класс «Релевантный» или «Нерелевантный») вручную. Данный датасет далее был разделен на обучающую часть размером 8 000 постов и на тестовую часть размером 2 118 постов.

Автоматизированный структурный подход к фильтрации постов

Автоматизированный структурный подход предполагает, что для классификации могут быть использованы как текст поста, так и его структурные особенности, однако текст поста анализируется на менее глубоком уровне, чем при нейросетевом подходе, так как для фильтрации по тексту используются регулярные выражения,

ключевые слова, минус-слова, что в случае использования семантически насыщенных тем и слов, как правило, ведет к ошибочным срабатываниям.

Чтобы оценить точность автоматизированного структурного подхода, был построен алгоритм фильтрации постов, а затем была осуществлена его программная реализация на языке программирования Python. Для построения алгоритма был произведен анализ попавших в обучающую часть датасета постов для выявления признаков нерелевантности. Если какой-либо признак поста часто соотносился с классом «Нерелевантный», он попадал в набор признаков нерелевантности постов. Соответственно, если пост содержит хотя бы 1 из признаков нерелевантности постов, он относится к классу «Нерелевантный», а если не содержит ни одного признака нерелевантности постов, то — к классу «Релевантный». Сформированный алгоритм представлен на рис. 5.

В заключение, можно отметить, что автоматизированный структурный подход обладает некоторыми концептуальными недостатками. Во-первых, учет текста поста производится только по ключевым словам, регулярным выражениям и минус-словам, что в случае семантически насыщенных слов ведет к ошибочным срабатываниям. Во-вторых, в отличие от обучения нейросети, которое

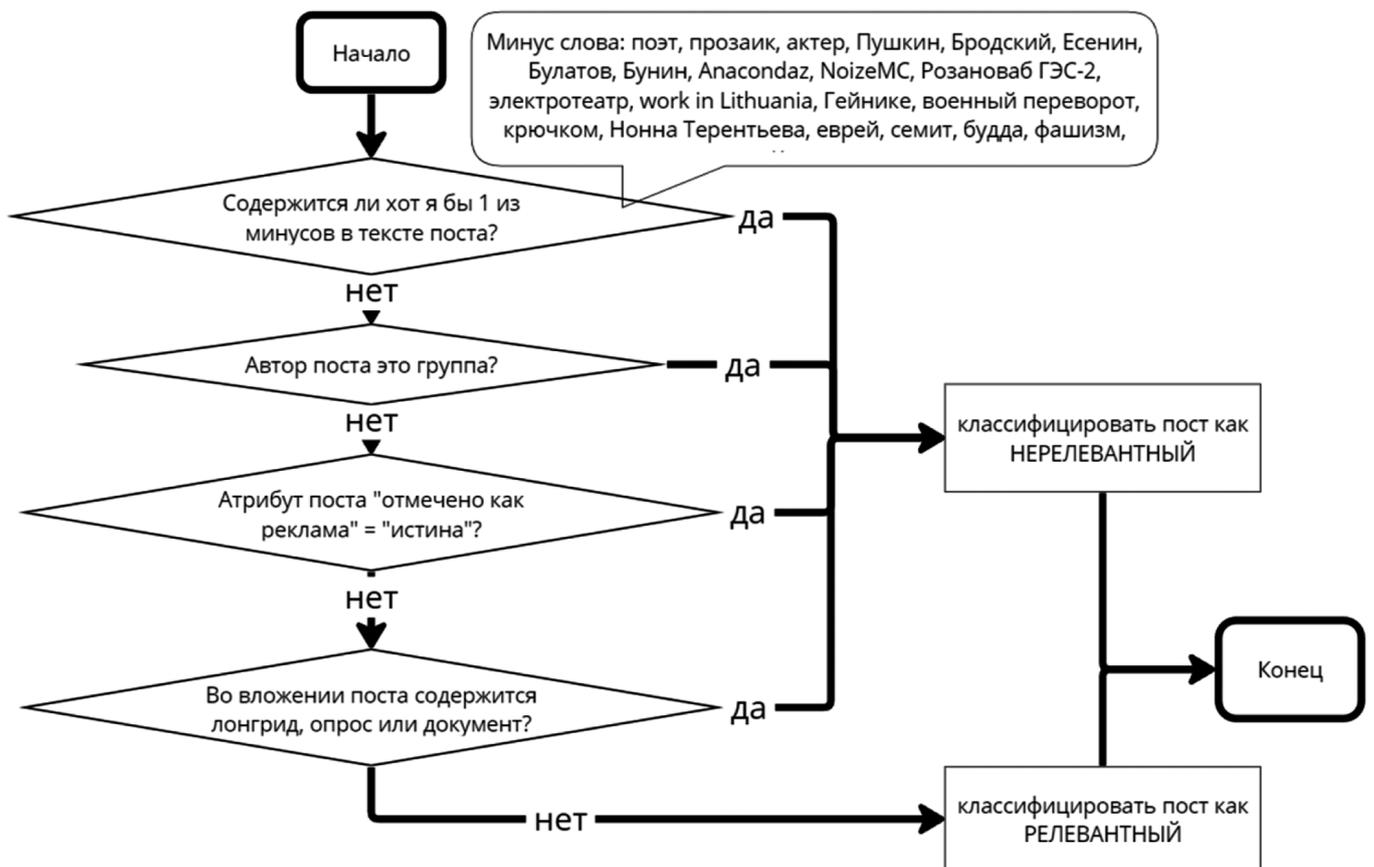


Рис. 5. Алгоритм фильтрации постов социальных сетей по теме эмиграции на основе автоматизированного структурного подхода

производится в автоматическом режиме, формирование алгоритма на основе автоматизированного структурного подхода производится в ручном режиме — для этого необходим анализ обучающего датасета и формирование признаков нерелевантности постов, то есть подготовка алгоритма к использованию более трудозатратна, а также подвержена ошибкам человеческого фактора. Поэтому перейдем к рассмотрению нейросетевого подхода.

Нейросетевой подход к фильтрации постов

Для реализации нейросетевого подхода была выбрана информационно-аналитическая платформа PolyAnalyst, которая позволяет осуществлять не только анализ данных, но и текстовую аналитику. В контексте нашей задачи важно наличие в PolyAnalyst модуля «Классификация текстов», позволяющего осуществить классификацию текста с помощью нейросети.

Использование данного модуля предполагает построение цепочки обработки данных, представленную на рис. 6. Во-первых, это загрузка данных. Далее производится фильтрация данных, отсеиваются посты, текст которых пуст, так как нейросеть не сможет классифицировать такие посты. Индексация необходима для корректной работы модуля «Классификация текстов», а модуль «Проверка орфографии» позволяет исправить орфографические ошибки в тексте поста. На вход модуля «Классификация текстов» подаются посты из обучающей части датасета и производится обучение нейросети, а затем на основе обученной модели формируется модуль «Применение моделей» на вход которого подаются уже посты из тестовой части датасета.

Сравнительный анализ автоматизированного структурного и нейросетевого подходов

Каждый пост, по итогам применения нейросетевого или автоматизированного структурного подхода, был отнесен к одному из 4 классов (для каждого из подходов):

1. TruePositive — к этому классу отнесены посты, которые были классифицированы алгоритмом/нейросетью как релевантные и фактически релевантны для дальнейшего анализа;
2. FalsePositive — к этому классу отнесены посты, которые были классифицированы алгоритмом/нейросетью как релевантные, а фактически нерелевантны для дальнейшего анализа;
3. FalseNegative — к этому классу отнесены посты, которые были классифицированы алгоритмом/нейросетью как нерелевантные, а фактически релевантны для дальнейшего анализа;
4. TrueNegative — к этому классу отнесены посты, которые были классифицированы алгоритмом/нейросетью как нерелевантные и нерелевантны для дальнейшего анализа.

Точность предсказания была рассчитана как $ACC = (TruePositive + TrueNegative) / (TruePositive + TrueNegative + FalsePositive + FalseNegative) * 100 \%$.

По итогам применения алгоритма фильтрации постов на основе автоматизированного структурного подхода к используемой тестовой части датасета была получена точность на уровне 92,87 %. Также раскрыть эффективность данного подхода может матрица ошибок автоматизированного структурного подхода, представленная на Рис. 7

А по итогам применения обученной нейросети к используемой тестовой части датасета была получена точность на уровне 99,24 %. Также раскрыть эффективность данного подхода может матрица ошибок автоматизированного структурного подхода, представленная на Рис. 8.

На матрицах ошибок отражается особенность классификации постов социальной сети — преобладание класса TrueNegative. Это можно объяснить тем, что большинство постов в датасете нерелевантны, так как сбор постов из API социальной сети VK осуществляется по ключевым словам. Это означает, что в выборку зача-

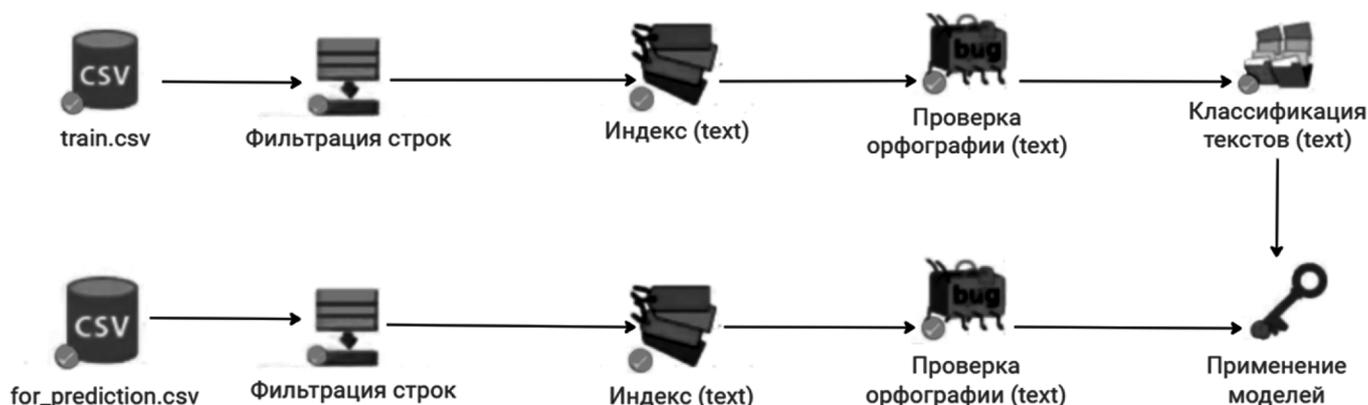


Рис. 6. Цепочка обработки данных в PolyAnalyst

		Предсказание	
		Релевантный	Нерелевантный
Фактический	Релевантный	TruePositive 13	FalseNegative 8
	Нерелевантный	FalsePositive 143	TrueNegative 1954

Рис. 7. Матрица ошибок для автоматизированного структурного подхода

		Предсказание	
		Релевантный	Нерелевантный
Фактический	Релевантный	TruePositive 17	FalseNegative 4
	Нерелевантный	FalsePositive 12	TrueNegative 2085

Рис. 8. Матрица ошибок для нейросетевого подхода

стуют попадают слова, которые относятся к темам эмиграции, релокации и пр., однако не выражают факторов эмиграции населения из РФ или попали в датасет из-за семантической насыщенности использованных для сбора постов ключевых слов (например, эмиграция может

пониматься как перемещение человека из страны исхода в другую страну, а может пониматься как переход с одной IT-системы на другую IT-систему). Соответственно нейросеть обучается больше в сторону классификации постов социальной сети, учитывая особенности предметной области, такой особенностью работы нейросети можно пренебречь.

Заключение

Нейросетевой подход демонстрирует большую точность, а также матрица ошибок нейросетевого подхода имеет более приемлемый, в рамках поставленной задачи, вид, а также соответствует особенностям и ограничениям предметной области. Поэтому нейросетевой подход является более предпочтительным подходом для фильтрации постов социальных сетей по теме эмиграции, чем автоматизированный структурный подход.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральная служба государственной статистики. Демография [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781>
2. Database — WEO Groups and Aggregates Information. Country Composition of WEO Groups. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2020/01/weodata/groups.htm>
3. Михалева О.М. Роль человеческого капитала в инновационном развитии территорий // Вестник БГУ. 2019. №1 (39).
4. Чарочкина Е.Ю., Сергеев П.В. Роль человеческого капитала в формировании конкурентоспособной экономики // Известия Юго-Западного государственного университета. — №2 (47). — 2013. С. 50–55
5. Соколов А.П. Роль человеческого капитала в обеспечении устойчивого и сбалансированного развития территории // Научное обозрение. серия 1: экономика и право. — №4. — 2016. — С. 68–75
6. Шумилина В.Е. Понятие человеческого капитала и его роль в экономической безопасности российской федерации // Наука и мир. — №2. — 2017. — С. 7–13
7. Указ Президента РФ от 13 мая 2017 г. № 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года» [Электронный ресурс]. Доступ из системы ГАРАНТ.
8. Морозова Е.А., Кочнева О.П. Миграционные настроения молодежи Кемеровской области — Кузбасса // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. 2021. №3 (21).
9. Тихомирова А.М. Миграционные настроения студентов — в поисках достойного труда и жизни // Достойный труд — основа стабильного общества [Текст]: материалы X Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 24–27 октября 2018 г.) / [отв. за вып. Е.Е. Лагутина, М.И. Плутова]. — Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та. — 2018. — С. 151–155
10. Винокурова А.В., Мунхбат Орломаа, Оюунханд Шагдар Демографическое поведение и миграционные настроения населения современной Монголии: основные тренды и динамика развития // Социальные и экономические системы. — №3 (21). — 2021. — С. 190–202
11. Бареев М.Ю., Курмышкина О.Н. Внешняя миграция как потеря социального капитала в региональном социуме / М.Ю. Бареев, О.Н. Курмышкина // Регионоведение. 2022. №1 (118).
12. Шворина К.В., Фалейчик Л.М. Основные тренды миграционной мобильности населения регионов Сибирского и Дальневосточного федеральных округов // Экономика региона. 2018. №2.
13. Собкин В.С., Смылова М.М., Коломиец Ю.О. Миграционные установки аспирантов: к вопросу об «утечке мозгов» [Электронный ресурс] // Психологопедагогические исследования. 2020. Том 12. № 3. С. 61–79. DOI:10.17759/psyedu.2020120304
14. Воскресенская Н.Г. Контент-анализ в медиа коммуникациях: учебно метод. пособие [Электронный ресурс] / Н.Г. Воскресенская. — Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2019. — 45 с.
15. Вяльшина А.А., Дакирова С.Т. Социологический анализ миграционных настроений выпускников сельских школ / А.А. Вяльшина, С.Т. Дакирова // Регионоведение. 2020. №1 (110).
16. Сидорова Н.П. Влияние уровня жизни населения на формирование миграционных настроений / Н.П. Сидорова // Власть и управление на Востоке России. 2019. №1 (86).
17. Петрук Галина Владимировна, Ким Ангелина Георгиевна Миграционные настроения молодежи как индикатор социально-экономического положения Дальневосточного региона России // АНИ: экономика и управление. 2019. №4 (29).

18. Осадчая О.А. Специфика использования опросного метода при изучении антропологических аспектов миграционных настроений старшеклассников (на примере учеников 9–11 классов МБОУ «Большереченская СОШ» Омской области) // Специфика использования опросного метода при изучении антропологических аспектов миграционных настроений. — 2020. — С. 281–283
19. Шарова К.А. Эмпирические исследования миграции городской молодежи / сб. ст. под общ. ред. Е.П. Велихова; отв. за выпуск Е.В. Абилова, О.А. Хэгай // Молодежь и будущее: управление экономикой и социумом: сб. ст. участников всерос. науч.-практ. конф. РеФОРУМа «Управлять мечтой!» (Челябинск, 16 апр. 2020 г.). — Челябинск. — 2020. — С. 292–293
20. Комбаев А.В., Суманев Е.В. Миграционные настроения студентов вузов Бурятии // Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова. — 2022. — С. 137–143
21. Иванова Н.А. Применение метода свободных ассоциаций в эмпирических социологических исследованиях // Вестник Санкт-Петербургского университета. Социология. 2013. №3.
22. Амбросова В.И. Гражданская идентичность и миграционные намерения старшеклассников (на примере пгт. Эльбан) // Амурский научный вестник. — №2. — 2018. — С. 4–15
23. Богданов М.Б., Смирнов И.Б. Возможности и ограничения цифровых следов и методов машинного обучения в социологии // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. — 2021 №1. С. 304–328.
24. Черданцева А.М. Особенности применения цифровых технологий в регулировании миграции: анализ европейского опыта // Материалы X международной социологической Грушинской конференции «Жить в России. Жить в мире. Социология повседневности», 20 мая — 14 ноября 2020 г. / отв. ред. А.В. Кулешова. — М.: ВЦИОМ. — 2020. — С. 250–255
25. Исакова Е.В., Епишкин И.И. Аккаунты органов государственной власти в социальных сетях как инструмент обратной связи // Материалы IX международной социологической Грушинской конференции «Социальная инженерия: как социология меняет мир», 20–21 марта 2019 г. / отв. ред. А.В. Кулешова. — М.: АО «ВЦИОМ». — 2019. — С. 208–216
26. Головнин О.К., Дубинина И.Н., Иващенко А.В., Кривошеев А.В., Ситников П.В. Выявление проблемных вопросов по социально-направленным тематикам на основе данных открытых источников // IX Международная конференция и молодёжная школа «Информационные технологии и нанотехнологии» (ИТНТ-2023). 2023
27. Василькова Валерия Валентиновна, Легостаева Наталья Игоревна Социальные боты в компьютерной пропаганде: серфинг на информационной волне коронавируса // Мониторинг. 2020. №6 (160)
28. Кривенко А.И. О подходах к анализу мнений населения на основе данных социальных медиа на примере Каспийского региона // Каспий и глобальные вызовы. 2022
29. Урвачев П.М., Степаненко Р.А. Организация работы кибер-волонтеров. инструменты сетевого мониторинга социальных сетей на основе семантического поиска // Современные стратегии и цифровые трансформации устойчивого развития общества, образования и науки. 2022

© Горячкин Борис Сергеевич (bsgor@mail.ru); Чиркин Константин Николаевич (kostachirkin@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

ANALYZING THE EFFICIENCY OF INTERACTION BETWEEN COMPONENTS OF CLIENT-SERVER ARCHITECTURE OF INFORMATION SYSTEM

**B. Goryachkin
A. Kanev
S. Poghosyan**

Summary. The article analyzes the efficiency of interaction of client-server architecture components. The main focus is on the formats of textual representation of transmitted messages. The processes of transformation of these messages between language structure and string representation are investigated. The analysis considers three popular formats: JSON, YAML and TOML, in the context of three programming languages: Go, Python and JavaScript. The performance of the formats is evaluated using an integral criterion that allows comparing different aspects and reducing a multi-criteria problem to a single-criteria one. The research results demonstrate the advantages of JSON in the speed of serialization and deserialization processes.

Keywords: serialization, deserialization, JSON, YAML, TOML, client-server architecture, ergonomics.

Горячкин Борис Сергеевич

кандидат технических наук, доцент,
Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана
bsgor@mail.ru

Канев Антон Игоревич

старший преподаватель, Московский государственный
технический университет им. Н.Э. Баумана
aikanev@bmstu.ru

Погосян Сос Левонович

Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана
pogosyan777.sp@gmail.com

Аннотация. Статья освещает анализ эффективности взаимодействия компонентов клиент-серверной архитектуры. Основной фокус сделан на форматы текстового представления передаваемых сообщений. Исследуются процессы преобразования этих сообщений между структурой языка и строковым представлением. В рамках анализа рассматриваются три популярных формата: JSON, YAML и TOML, в контексте трех языков программирования: Go, Python и JavaScript. Осуществляется оценка эффективности форматов с помощью интегрального критерия, позволяющего сравнить различные аспекты и свести многокритериальную задачу к однокритериальной. В результате исследований демонстрируются преимущества JSON в скорости процессов сериализации и десериализации.

Ключевые слова: сериализация, десериализация, JSON, YAML, TOML, клиент-серверная архитектура, эргономичность.

Введение

Реалии развития информационных технологий на сегодняшний день таковы, что сайтами и интернет-приложениями могут одновременно пользоваться сотни и даже миллионы человек. Все они обращаются к одному ресурсу, который должен выдержать большое количество запросов, корректно их обрабатывать и возвращать ответы за, относительно, малое количество времени. Для обеспечения этих требований все больше поставщиков программного обеспечения (ПО) внедряют серверную обработку данных. Благодаря клиент-серверной [1] архитектуре эта цель становится достигнутой.

На сегодняшний день практически все сайты и интернет-ресурсы построены на клиент-серверной архитектуре. Также ее используют десктопные приложения, которые передают данные по сети. Стоит отметить, что на равне с доступностью, на перевод обработки данных на сторону сервера повлияли также и другие факторы, такие как: обеспечение безопасности бизнес-процессов,

сбор данных для Big Data аналитики [2], увеличение популярности облачных решений и многое другое.

Вместе с этим, проблемы доступности серверного ПО и эффективности взаимодействия его компонентов становятся ключевыми вопросами, влияющими на удобство работы с приложением. Под эффективностью взаимодействия понимается метрика, оценивающая время, необходимое для получения ответа клиентом на выполненный им запрос.

Решение задачи по повышению эффективности взаимодействия требует комплексного подхода на разных этапах проектирования, разработки и эксплуатации системы. Примерами методов решения могут быть разработка собственного сетевого протокола для оптимизации скорости обмена данными, проведение анализа кода программного обеспечения, профилирование и выявление узких мест, интеграция горизонтального масштабирования [3], использование сервисов балансировки [4] и менеджеров очередей [5], а также другие технические решения.

Описание языков программирования

Языки программирования — это формальные языки для создания компьютерных программ. Программирование постоянно развивается, а с ним и языки программирования, которые используются разработчиками.

- Go (Golang)

Go, или Golang, — это компилируемый, строго типизированный язык программирования, созданный для решения проблем масштабируемости и эффективности [6]. Язык Go был представлен в 2009 году корпорацией Google. Его полное название — Golang — производное от «Google language». Он легок в изучении, быстр и надежен, что делает его популярным для создания высокопроизводительных систем, таких как облачные сервисы и сетевые приложения.

- Python

Python — интерпретируемый динамический язык программирования общего назначения с простым синтаксисом, что делает его идеальным для начинающих. Разработчики используют Python, потому что он эффективен, прост в изучении и работает на разных платформах. Python востребован в разработке веб-приложений, научных исследований, машинного обучения и искусственного интеллекта. Благодаря богатой экосистеме библиотек и инструментов, Python продолжает удерживать позиции лидера [7].

- Node JS

Node.js — это среда выполнения кода JavaScript вне браузера [8], которая позволяет писать серверный код для веб-страниц и веб-приложений, а также для программ командной строки.

Node.js — не отдельный язык программирования, а платформа для использования JavaScript на стороне сервера. С помощью платформы можно работать с файлами, сетью, базами данных и другими системными ресурсами на сервере.

Если говорить о языке, то как для фронтенда, так и для бэкенда используется один и тот же JavaScript, который является интерпретируемым, динамическим языком программирования. Разница только в наборе API, которые используют фронтендеры и бэкендеры. Браузерный JavaScript использует Web API, которые обеспечивают доступ к DOM и пользовательскому интерфейсу страниц и веб-приложений. Серверный JavaScript использует API, обеспечивающие доступ к файловой системе приложений, HTTP-запросам, потокам.

Описание форматов представления данных

Эти форматы являются весьма распространенными и широко применяемыми в различных областях информационных технологий, таких как сетевое взаимодействие, конфигурационные файлы, непрерывная интеграция и развертывание (CI/CD), описание системных развертываний, интерфейсов и многие другие. Ниже приведены описания форматов текстового представления информации.

- JSON

JSON (JavaScript Object Notation) — текстовый формат обмена данными, основанный на JavaScript [9]. Но при этом формат независим от JS и может использоваться в любом языке программирования. Чаще всего используется в REST API для обмена между клиентской и серверной частью приложений, в API и для хранения вспомогательных данных в простом текстовом формате, который позволяет разрабатывать приложения и данные для них параллельно. Этот формат также удобно передавать по сети в виде запросов/ответов к API.

- YAML

YAML («Yet Another Markup Language») — это язык для сериализации данных, который отличается простым синтаксисом и позволяет хранить сложноорганизованные данные в компактном и читаемом формате [10].

Язык похож на XML и JSON, но использует более минималистичный синтаксис при сохранении аналогичных возможностей. YAML обычно применяют для создания конфигурационных файлов в программах типа «Инфраструктура как код» (IaC), или для управления контейнерами в работе DevOps.

- TOML

TOML — это минимальный формат файла конфигурации. Целью TOML является простота чтения, однозначное сопоставление со словарями и простота анализа различных структур данных. TOML имеет спецификацию с открытым исходным кодом [11], которая получила поддержку сообщества. TOML поддерживается многими языками программирования, такими как C, C#, Dart, Elixir, Erlang, Go, Java, PHP, Python, Ruby, Swift и т. д. Файлы TOML в основном состоят из пар ключ/значение, разделов/таблиц, комментариев и должны быть допустимым документом Unicode в кодировке UTF-8. TOML поддерживает типы данных String, Integer, Float, Boolean, Datetime, Array и Table (хэш-таблица/словарь).

Для наглядности рассмотрим простую структуру и ее представление в разных форматах (таблица 1).

Таблица 1.
Различное представление простой структуры данных

Формат данных	Структура данных
Исходная структура	Поля Имя Фамилия: Иван Иванов Год рождения: 1949 Год смерти: 1982 Профессия: актер, режиссер
JSON	{ «name»: «John Belushi», «birth_year»: 1949, «death_year»: 1982, «profession»: «actor,soundtrack,writer» }
Yaml	birth_year: 1949 death_year: 1982 name: John Belushi profession: actor,soundtrack,writer
Toml	birth_year = 1949 death_year = 1982 name = «John Belushi» profession = «actor,soundtrack,writer»

Критические моменты преобразования форматов

Из-за разнообразия структуры сериализуемой информации возникает ряд критических моментов, оказывающих влияние на метрики. Эти моменты включают:

1. Сложность вложенности структуры. Различные форматы сериализации используют разные способы обозначения вложенных структур. Некоторые форматы требуют больше дополнительных символов для описания вложенности, а некоторые добавляют символы для каждого поля вложенной структуры (как, например, YAML).
2. Размер ключей и значений. Если размер полей в структуре увеличивается, то это может привести к увеличению объема информации, необходимой для их представления в текстовом виде. Однако, для больших значений, увеличение размера может не иметь существенного влияния на общий объем данных, так как накладные расходы на описание структуры могут стать незначительными по сравнению с объемом данных.
3. Обработка массивов. Различные форматы могут представлять массивы по-разному, что может влиять на объем информации и накладные расходы для конкретного формата.
4. Обработка чисел с плавающей точкой. При сериализации чисел с плавающей точкой могут возникать неожиданные затраты памяти из-за различий в их текстовом представлении. Например, для чисел с большим количеством знаков после запятой может потребоваться больше памяти для

их хранения в текстовом формате, чем для чисел с меньшим количеством знаков.

Анализ библиотек языков программирования

Ввиду того, что операции сериализации и десериализации выполняются методами конкретных библиотек языка, скорости выполнения данных операций напрямую зависят от внутренней его архитектуры. С целью минимизировать влияние характеристик конкретного языка на анализ, были рассмотрены несколько языков программирования, в частности Go, Python и JavaScript, наравне с этим фактором также рассмотрены сторонние библиотеки.

Стоит отметить, что JSON на текущий момент является одним из самых распространенных форматов данных для обмена сообщениями между клиентом и сервером. Именно по этой причине в статье рассматриваются не только стандартные библиотеки выбранных языков программирования, но и сторонние наиболее популярные реализации.

Библиотеки языков программирования — представляют из себя готовый набор функций и объектов. Обычно такие наборы объединены назначением или сферой использования и предназначены для ускорения и упрощения работы.

- Golang

В Go попытались объединить скорость, характерную для C-подобных языков, и лёгкость разработки, характерную для Python. Его задумывали как универсальный, и с этой ролью он справляется, но лучше всего Go показывает себя в разработке серверных приложений: парсеров, сложных вычислительных систем, многопоточных приложений. Используется в первую очередь в бэкенде, то есть в разработке логики приложений и сайтов.

Главная особенность Go — в его минимализме. В то время как другие языки меняются, обрастая новыми функциями, Go изначально был создан, чтобы идеально решать поставленную перед ним задачу, поэтому чаще меняется только в сторону улучшения уже существующих инструментов, а не добавления новых.

Хорошим подтверждением тому, что у Go хороший стандартный инструментарий для работы — является стандартный пакет для работы с сообщениями в формате JSON — encoding/json [12]. У нее хорошая скорость сериализации и десериализации данных, которой хватает в большинстве реальных задач, а также высокая надежность и стабильность. Многие большие компании не отказываются от его использования в производственных задачах.

Несмотря на свои преимущества, иногда, стандартного пакета языка бывает недостаточно, особенно, если речь идет о высоконагруженных серверных приложениях, где каждая миллисекунда играет значение. В таких случаях обращаются к внешним пакетам, одним из которых является `easyjson`.

Пакет для Go — `easyjson` [13] предоставляет быстрый и простой способ сериализации и десериализации структуры Go в JSON и обратно на основе рефлексии. По производительности `easyjson` несколько раз превосходит стандартный пакет `encoding/json`.

Основным преимуществом `easyjson` является сокращение количества аллокаций памяти за счет генерации кода, который минимизирует создание временных объектов. Это способствует уменьшению накладных расходов и повышению производительности приложения.

- Python

Python обладает множеством преимуществ, таких как простота в изучении, выразительность, обширная экосистема библиотек и фреймворков. Однако, скорость выполнения не является его сильной стороной. Именно по этой причине для Python написано множество библиотек на других, более быстрых, языках программирования, таких как C, C++, Rust и т.д.

Данная проблема не обошла стороной и стандартную библиотеку для работы с форматом JSON. По этой причине большинство разработчиков предпочитают использовать внешние библиотеки.

Одним из таких решений является `orjson` [14], которая написана на языке программирования Rust. На данный момент эта библиотека является одной из наиболее быстрых и позволяет избавиться от эффекта «бутылочного горлышка» в вопросах сериализации и десериализации данных в высоконагруженных приложениях.

- NodeJS (JavaScript)

Node JS — это среда выполнения JavaScript кода, построенная на движке Chrome V8. В начале развития JavaScript предназначался только для создания интерактивных сайтов, так как он являлся специализированным браузерным языком программирования. С программной платформой Node.js появилась возможность создавать серверные и даже десктопные приложения.

Стоит отметить, что JavaScript оказал огромное влияние на формат JSON (JavaScript Object Notation). Фактически, JSON произошёл от JavaScript, и его синтаксис тесно связан с синтаксисом объектов данного языка программирования. Не в последнюю очередь за счет этого сериализация и десериализация сообщений в формате JSON стандартными средствами языка являются достаточно быстрыми.

Несмотря на хорошие показатели стандартной библиотеки в некоторых задачах может потребоваться ускорение работы с JSON. Для таких целей была разработана библиотека `tyipa`. Она написана на чистом TypeScript и в несколько раз быстрее стандартной библиотеки.

Анализ эргономичности взаимодействия компонентов клиент-серверной архитектуры

Эргономичность в упомянутом контексте не является синонимом эффективности взаимодействия, представляется более обобщенным критерием и позволяет сделать обоснованный вывод о приоритетном выборе форматов. В качестве начального набора данных было сгенерировано 100.000 структур. Для каждого языка и каждого формата было сделано 10 прогонов с предварительным разогревом и взята медиана для каждого из них для сериализации и десериализации соответственно 1, 100.000, 1.000.000 документов. Это было сделано для того, чтобы избежать возможных флуктуаций, возникающих под влиянием других запущенных процессов. Также перед каждым измерением производился

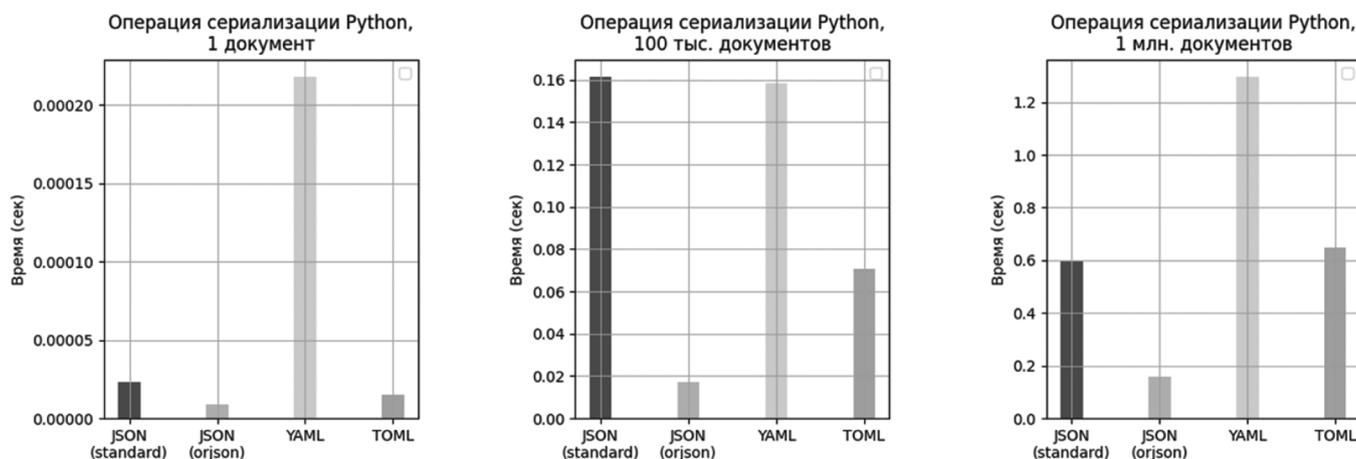


Рис. 1. Статистические параметры сериализации Python

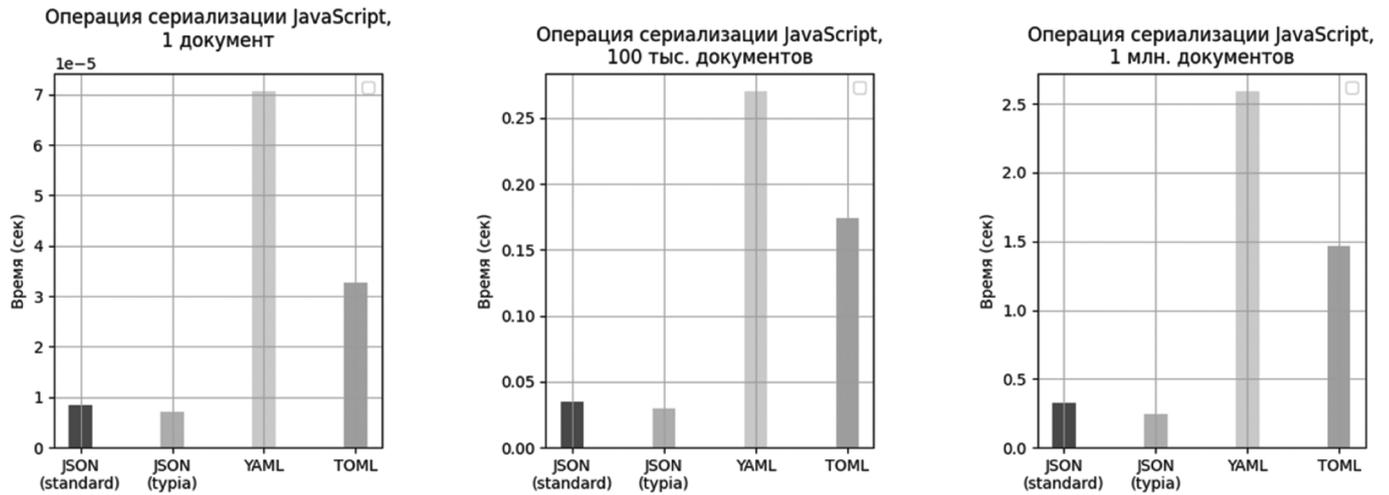


Рис. 2. Статистические параметры сериализации JavaScript

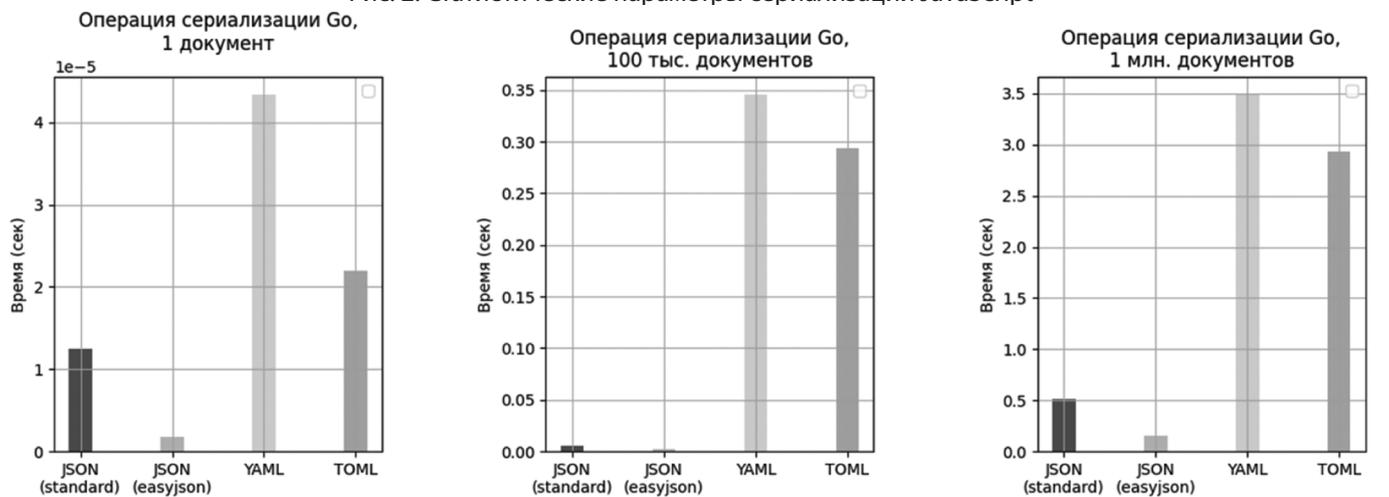


Рис. 3. Статистические параметры сериализации Go

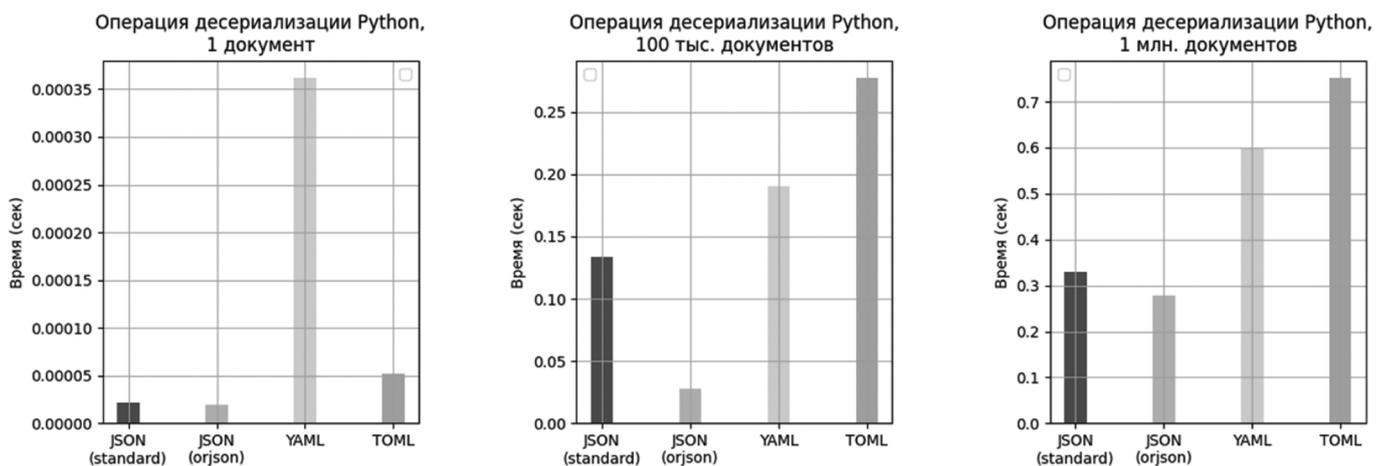


Рис. 4. Статистические параметры десериализации Python

небольшой прогресс (1–5 предварительных вызовов целевой функции). На рис. 1–6 приведены первичные статистические характеристики экспериментов.

Языки программирования Python и JavaScript были выбраны ввиду того, что оба языка являются интерпре-

тируемыми и поддерживают динамическую типизацию. Данный факт значительно упрощает процедуру десериализации.

Впротивовесданномуязыкамбылвзяткомпилируемый и строго типизированный язык программирования Go.

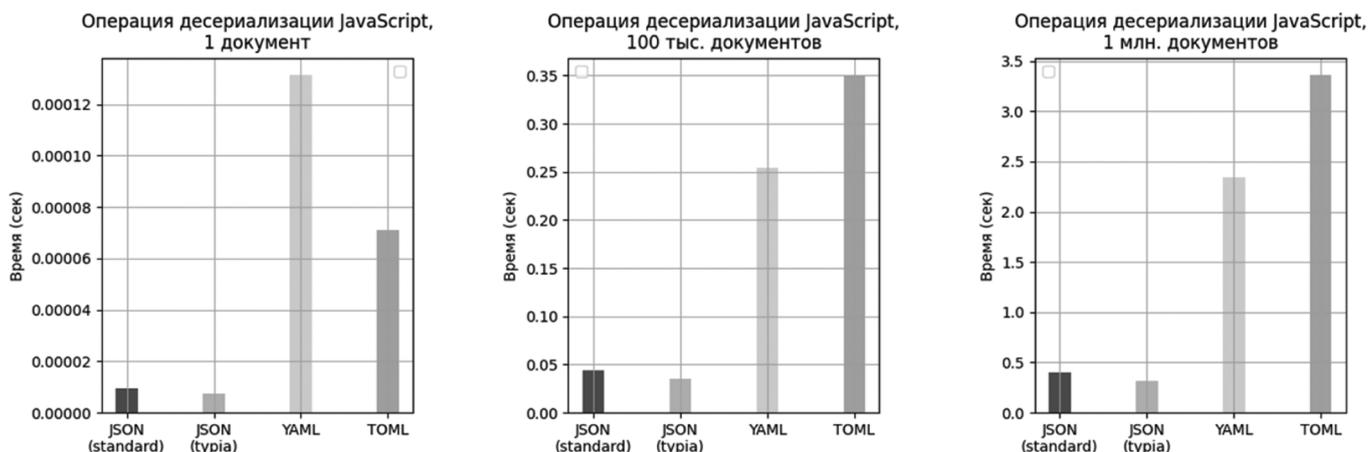


Рис. 5. Статистические параметры десериализации JavaScript

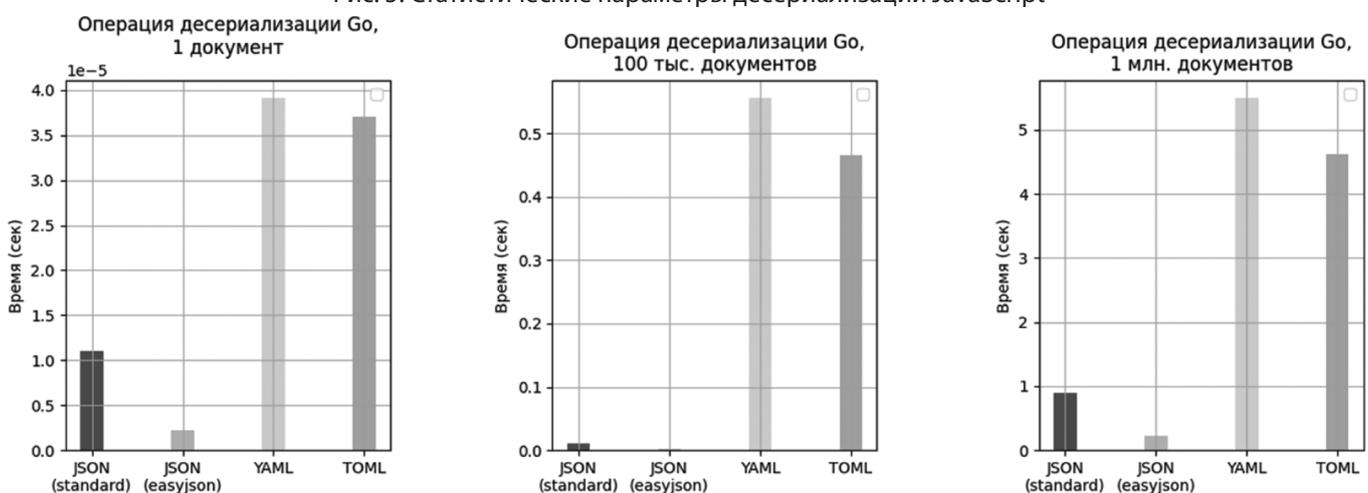


Рис. 6. Статистические параметры десериализации Go

Из рис. 1–6 можно отметить, что в независимости от языка программирования наиболее быстрым является формат JSON. В случае же TOML и YAML разница неочевидна. Для более комплексной же оценки был разработан интегральный критерий, который будет рассмотрен далее.

Еще раз следует отметить, что для работы с форматом JSON у всех языков программирования из данного перечня есть стандартные библиотеки, что нельзя сказать про форматы TOML и YAML.

На измерения также могут влиять (как в худшую, так и в лучшую сторону) типы данных, используемые в документах разных форматов. Для более точных результатов имеет смысл производить измерения на шаблоне, близком к тому, что будет использоваться на практике.

Интегральный критерий

Для комплексной оценки применяется интегральный критерий [15] — время, за которое по каналу связи с пропускной способностью V_{ks} байт/с будет передан 1 байт полезной информации.

Пусть T_s — случайная величина, характеризующая скорость сериализации группы замеров (определенного языка и формата сообщений), T_d — случайная величина, характеризующая скорость десериализации, K — случайная величина, характеризующая увеличение сообщения группы замеров. В таком случае объем информации, передаваемый по каналу связи равен $a * K$, где a — объем передаваемой полезной информации. В таком случае имеем формулу оценки интегрального критерия:

$$T = a * \left(T_s + \frac{K}{V_{ks}} + T_d * K \right)$$

где: V_{ks} — скорость передачи данных по каналу связи (Кс) (байт/с),

a — количество передаваемой полезной информации (байт),

T_s — время, затраченное на сериализацию 1 байта информации (с/байт),

T_d — время, затраченное на десериализацию 1 байта информации (с/байт),

K — увеличение сообщения.

Изменение a приведет к пропорциональному увеличению интегрального критерия. Положим $a = 1$. Рассмотрим интегральный критерий в зависимости от пропускной способности канала передачи данных. В табл. 1 приведены результаты.

Таблица 1.

Интегральный критерий в зависимости от пропускной способности КС

ЯП	Тип	Пропускная способность КС			
		1 б/с	1 Кб/с	1 Мб/с	1 Гб/с
		Среднее	Среднее	Среднее	Среднее
Go	JSON	1,278	0,0011	$1,49 \cdot 10^{-6}$	$4,91 \cdot 10^{-8}$
Go	YAML	2,1	0,0022	$2,86 \cdot 10^{-6}$	$6,43 \cdot 10^{-7}$
Go	TOML	1,862	0,0016	$4,01 \cdot 10^{-6}$	$2,87 \cdot 10^{-6}$
Python	JSON	1,562	0,0021	$2,01 \cdot 10^{-6}$	$1,17 \cdot 10^{-7}$
Python	YAML	1,571	0,0015	$2,08 \cdot 10^{-5}$	$1,93 \cdot 10^{-5}$
Python	TOML	1,764	0,0017	$4,31 \cdot 10^{-6}$	$2,55 \cdot 10^{-6}$
JS	JSON	1,633	0,0016	$1,68 \cdot 10^{-6}$	$5,21 \cdot 10^{-8}$
JS	YAML	1,58	0,0015	$1,88 \cdot 10^{-6}$	$2,98 \cdot 10^{-7}$
JS	TOML	1,878	0,0018	$2,46 \cdot 10^{-6}$	$5,83 \cdot 10^{-7}$

Анализ полученных результатов

Рассмотрим результаты оценки интегрального критерия. Ввиду небольшой выборки точек в таблице 1. Рассмо-

трим диаграмму зависимости математического ожидания интегрального критерия от пропускной способности канала связи (байт/с). Для удобства восприятия диаграммы приведены в логарифмическом масштабе (рис. 7).

Нетрудно заметить, что для пропускной способности величиной примерно до 10^4 байт/с наиболее для языков Python и JavaScript предпочтительным является вариант формата YAML, при этом для языка Go — TOML. При значениях пропускной способности выше наиболее предпочтительным вариантом для всех рассмотренных языков программирования становится JSON. Очевидно, данное явление получается ввиду уменьшения влияния в сумме интегрального критерия времени передачи данных через канал и, как следствие, уменьшение влияния коэффициента увеличения сообщения на итоговый результат.

Обратим внимание, что для языка Go на всех этапах наименее предпочтительным форматом передачи данных является YAML. Данный факт можно объяснить только архитектурой языка, а также самой библиотеки, так как реализация библиотеки на остальных языках таких результатов не дает.

Заключение

Как показывает анализ, использование JSON в качестве основного формата передачи данных в REST API

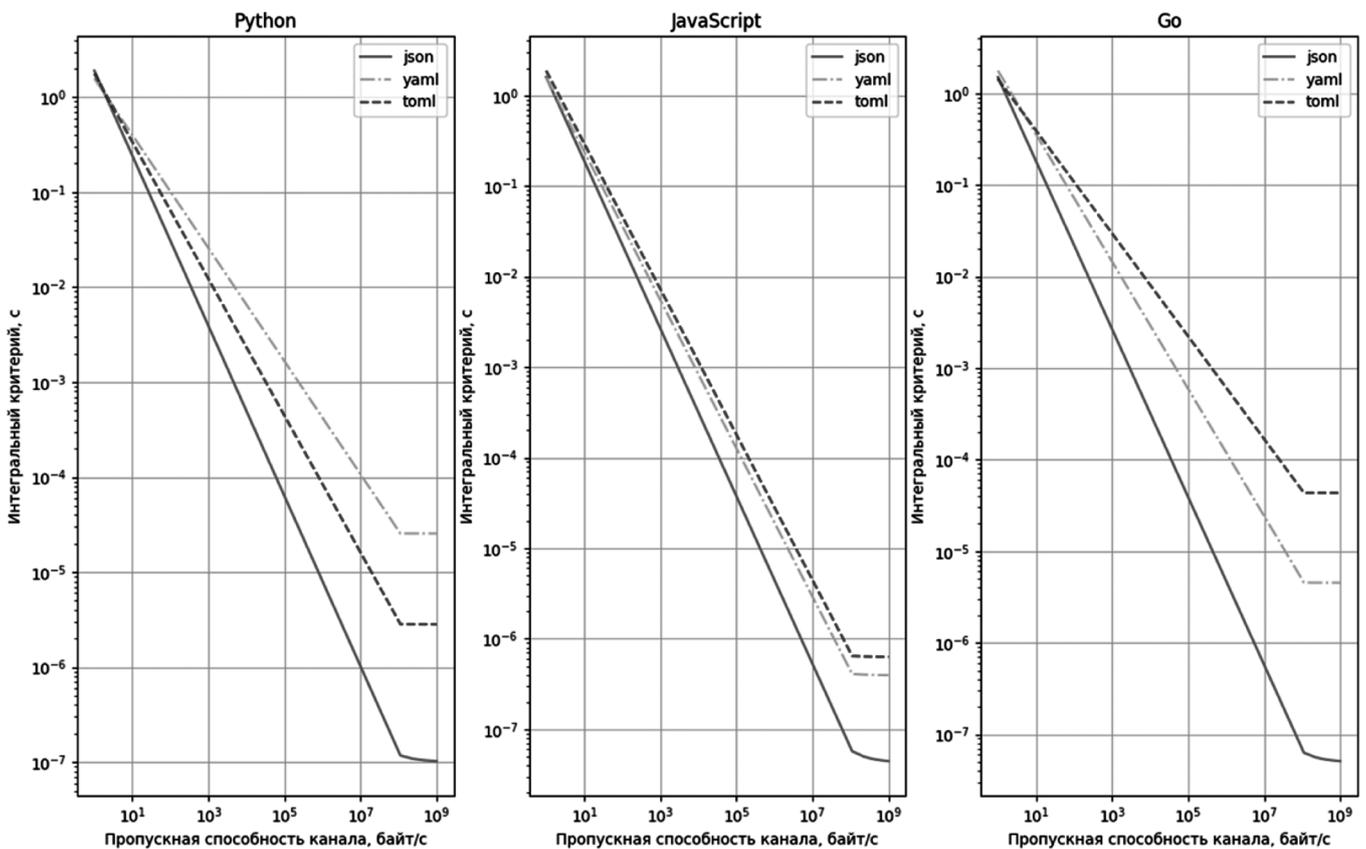


Рис. 7. Диаграмма зависимости интегрального критерия от пропускной способности

является обоснованным выбором. JSON демонстрирует наилучшую эффективность при высокой пропускной способности канала связи, превосходя другие форматы как минимум на порядок. На равне с этим у JSON есть неоспоримое преимущество — он легко читается и воспринимается людьми, что упрощает отладку и разработку.

В то время как YAML является оптимальным форматом для хранения данных благодаря своей простоте и лаконичности, он оказывается наименее эффективным для передачи данных в Python и Go.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клиент-серверная архитектура [электронный ресурс] // URL: https://ru.hexlet.io/courses/internet-fundamentals/lessons/client-server/theory_unit (дата обращения: 5.03.2024).
2. Влияние инструментария Big Data на развитие научных дисциплин, связанных с моделированием / А.А. Сухобоков, Д.С. Лахвич // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. — 2015. — № 3. — С. 207–240. — DOI 10.7463/0315.0761354.
3. Масштабирование баз данных [электронный ресурс] // URL: <https://simpleone.ru/blog/masshtabirovanie-baz-dannyh/> (дата обращения: 5.03.2024)
4. Документация Nginx [электронный ресурс] // URL: <https://nginx.org/ru/docs/> (дата обращения: 7.03.2024)
5. Официальный ресурс apache kafka [электронный ресурс] // URL: <https://kafka.apache.org/documentation>
6. Практики применения языка программирования Go [электронный ресурс] // URL: <https://go.dev/solutions/case-studies> (дата обращения: 7.03.2024)
7. Индекс языков программирования TIOBE [электронный ресурс] // URL: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/> (дата обращения: 7.03.2024)
8. Официальный ресурс Node JS [электронный ресурс] // URL: <https://nodejs.org/en/about> (дата обращения: 7.03.2024)
9. Спецификация формата JSON [электронный ресурс] // URL: <https://www.json.org/> (дата обращения: 7.03.2024)
10. Спецификация формата YAML [электронный ресурс] // URL: <https://yaml.org/> (дата обращения: 7.03.2024)
11. Спецификация формата TOML [электронный ресурс] // URL: <https://toml.io/en/> (дата обращения: 7.03.2024)
12. Документация стандартного пакета для работы с JSON в Go [электронный ресурс] // URL: <https://pkg.go.dev/encoding/json> (дата обращения: 7.03.2024)
13. Официальный ресурс пакета easyjson [электронный ресурс] // URL: <https://github.com/mailru/easyjson> (дата обращения: 7.03.2024)
14. Официальный ресурс пакета orjson [электронный ресурс] // URL: <https://github.com/iijl/orjson> (дата обращения: 7.03.2024)
15. Анализ эффективности взаимодействия компонентов клиент-серверной архитектуры информационного ресурса / Горячкин Б.С., Байбарин Р.Г. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки 2023 — № 7. — С. 48–50 DOI: 10.37882/2223-2982.2023.07.10

© Горячкин Борис Сергеевич (bsgor@mail.ru); Канев Антон Игоревич (aikanev@bmstu.ru);
Погосян Сос Леонович (pogosyan777.sp@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ И СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ

APPLICATION OF NEURAL NETWORK ALGORITHMS AND STATISTICAL FORECASTING MODELS FOR AUTOMATION OF PROJECT MANAGEMENT PROCESSES

**S. Efimtsev
M. Zhurankov
D. Melnikov**

Summary. In the modern world, the process of managing technological projects is actively developing: new methodologies are being used, existing management models are being updated, new tools are being introduced to organize and monitor the work of employees of various companies. One of these tools is a neural network, a software based on mathematical models simulating the functioning of biological networks of nerve cells. Thanks to them and a voluminous knowledge base, it is possible to bring machine text answers as close as possible to human-like ones. Thus, with sufficient initial data, it is possible to train an algorithmic model to solve simple control tasks. This article examines and analyzes the subject area, designs and prototypes a neuro-network machine learning model in the Python 3 programming language to automate the processes of distribution and decomposition of work tasks between employees of the information project development team.

Keywords: project management, tasks allocation, machine learning, Python, neural network, text classification, logistic regression.

Ефимцев Станислав Максимович
МИРЭА — Российский технологический
университет (г. Москва)
evencoifr@gmail.com

Журанков Максим Александрович
МИРЭА — Российский технологический
университет (г. Москва)
astronmax@yandex.ru

Мельников Денис Александрович
аспирант МИРЭА — Российский технологический
университет (г. Москва),
dmbbox2019@gmail.com

Аннотация. В современном мире процесс управления технологическими проектами активно развивается: используются новые методологии, дорабатываются уже существующие модели управления, внедряются новые инструменты для организации и регулирования действий сотрудников различных компаний. Одним из таких инструментов является нейронная сеть — программное обеспечение, построенное на математических моделях, симулирующих функционирование биологических сетей нервных клеток. Благодаря им и объёмной базе знаний возможно максимально приблизить машинные текстовые ответы к человекоподобным. Таким образом, при достаточных исходных данных, можно обучить алгоритмическую модель решать несложные задачи управления. В данной статье рассматривается и анализируется предметная область, проектируется и прототипируется нейро-сетевая модель машинного обучения на языке программирования Python 3 для автоматизации процессов распределения и декомпозиции рабочих задач между сотрудниками команды разработки информационных проектов.

Ключевые слова: управление проектами, распределение задач, машинное обучение, Python, нейронная сеть, классификация текстов, логистическая регрессия.

Введение

В наши дни разработка качественных программных продуктов невозможна без четко структурированной команды разработчиков, возглавляемую проектным менеджером. Он отвечает за все аспекты жизненного цикла проекта, начиная с исследования рынка и заканчивая разработкой стратегии развития проекта [1]. Развитие проекта подразумевает также его управление.

Управление проектами — это методология проектной и предпринимательской деятельности, содержащая в себе постановку целей и их достижение путём решения определённых задач. Без него не обходится ни одна реализация проекта [2].

Специалист, занятый в этой области, называется проектным менеджером.

В данной статье будет рассмотрена обязанность проектного менеджера по распределению задач внутри команды, а именно автоматизация данного процесса.

Традиционно распределение задач и обязанностей происходит с помощью составления таблиц ответственности, например, по методике RACI [1].

В данной методике сначала составляется таблица, где по вертикали указываются должности, имена, а по горизонтали — наименования задач. На пересечении столбцов и строк указывается тип роли участника.

Однако, при использовании такой методики и аналогичных ей, все действия по распределению задач производятся вручную. Они занимают достаточно много времени и сил. Расход физических и интеллектуальных ресурсов на простые и неприоритетные задачи является особенно нерациональным.

С этой проблемой может помочь справиться специально обученный алгоритм, реализованный на базе нейронной сети. Те задачи, что не требуют срочного выполнения, могут быть автоматически назначены какому-либо сотруднику, исходя из его компетенций, загрузки и других параметров. При ошибочном распределении команда не потерпит сильного ущерба, так как задачи не являются первоочередными к выполнению.

Исследование проблемы распределения задач

Грамотное планирование работы крайне необходимо для достижения положительных результатов. Однако, наблюдая за работой проектных менеджеров и их непосредственных подчинённых, можно заметить, что большое количество времени тратится именно на проведение совещаний, направленных на дальнейшую оптимизацию работы. Избежать этого невозможно, так как иначе на фактическое выполнение задач будет уходить ещё больше времени.

Сервис *reclaim.ai* проводил исследование тенденций управления задачами [3]. В нём отражена статистика траты времени проектных менеджеров и индивидуальных участников на распределение и выполнение задач. Для составления статистики были опрошены более 2000 специалистов. Необходимо было выяснить, как менеджеры и члены команд расставляют приоритеты и используют своё время для целенаправленной работы в течение рабочих недель, используя различные платформы управления проектами.

Согласно результатам исследования, только 12,4 % индивидуальных участников могут посвящать более 6 часов в день фактической работе над задачами, и только 53,3 % времени работы над задачами фактически тратятся на продуктивную работу. Среднестатистический менеджер также сообщил, что хочет каждую неделю выделять дополнительно 9,4 часа каждому члену команды на выполнение задач, освобождая их от отвлекающих совещаний и неприоритетных обязательств.

Анализ планирования статистики для независимых участников привёл к следующим выводам:

- Только 53,5 % запланированных задач выполняются во время еженедельного спринта (короткого временного интервала, в течение которого команда выполняет заданный объем работы);

- 16,8 % команд каждую неделю выполняют более 70 % запланированных задач;
- 31,3 % команд выполняют менее 40 % запланированных на неделю задач.

Предполагаемая причина таких показателей — большой расход времени на распределение задач и определение стратегии их выполнения.

Также были получены следующие результаты исследования распределения времени проектных менеджеров:

- Средний менеджер тратит 5 часов в неделю на распределение, расстановку и изменение приоритетов работы своей команды;
- 20,4 % менеджеров тратят более 8 часов в неделю на распределение, расстановку и изменение приоритетов задач для своей команды;
- 26,9 % менеджеров в среднем работают над своими задачами более 4 часов в день.

Распределение задач у четверти менеджеров занимает более 4 часов рабочего времени. При этом большинство команд выполняет только половину запланированных на неделю задач.

Таким образом, автоматизация процесса планирования и распределения задач позволила бы сэкономить значительную часть времени проектных менеджеров.

Предложение по решению проблемы

Проблему планирования и распределения задач можно свести к классификации текстов по типам. Под текстом подразумевается задача, а типами являются должности сотрудников. Решением подобных проблем занимается раздел дисциплины машинного обучения NLP (англ. Natural Language Processing, обработка естественных языков). Обучение нейронных сетей классификации небольших текстов является типичной задачей NLP [4]. Одним из множества алгоритмов решения данной задачи может стать метод логистической регрессии. Его суть заключается в предсказании вероятностей принадлежности объекта к тому или иному классу с помощью разделения этих данных гиперплоскостью [5]. Сочетая этот алгоритм с методами обработки естественных языков можно свести планирование и распределение задач к простой классификации.

Ввиду того, что подаваемые на вход текстовые сообщения будут иметь относительно небольшой размер, в среднем около 15 слов, то реализация сверточной нейронной сети позволит получить более точный результат классификации. Сверточные сети — это тип нейронных сетей прямого распространения, когда сигнал идет последовательно по нейронам (от первого слоя к последнему) [6].

Её создание является более трудоёмким процессом, чем реализация математической модели, выполняющей заданный алгоритм, поэтому такая нейросеть может быть полезна при более детальной и масштабной разработке технического решения по распределению задач.

Для обучения нейронной сети необходимо собрать размеченный набор данных, содержащий формулировки задач и сотрудников, ответственных за их выполнение.

Такой размеченный набор данных может представлять собой внутреннюю базу знаний — платформу, где структурировано и логично хранятся все рабочие инструкции и материалы об услугах, процессах, отделах, всего, что связано с компанией, доступ к которой имеет каждый сотрудник [7].

Из базы знаний можно выделить необходимую информацию о задачах, которые решают сотрудники. Каждая задача может иметь такие поля, как название, описание, категория, исполнитель, статус, срок исполнения, степень готовности и другие.

Полученную информацию следует собрать в отдельной структуре данных, на основе которой будет обучаться реализуемая система распределения задач.

После структурирования необходимо разметить задачи по классам для обучения системы распределения — составить тренировочную выборку [5]. Эту задачу можно поручить как самим сотрудникам компании, так и передать на основе договора другой компании, компетентной в данном вопросе.

Классификация может быть следующей: всего n классов, где каждый класс обозначает определенный тип задач, например, класс 0 — творческая задача, класс 1 — backend-задача, класс 2 — frontend-задача и так далее.

После составления тренировочной выборки к системе нужно применить методы обучения нейронной сети.

Как только система обучена, можно приступать к классификации. Она реализуется с помощью описанного выше алгоритма логистической регрессии. Также можно использовать другие алгоритмы классификации [8].

Также важно рассмотреть процесс декомпозиции задач, на который затрачивается достаточно большое количество рабочего времени. Задача декомпозиции сложнее, чем категоризация текстов. Для её решения, как правило, используются мультимодальные большие языковые модели [9], например GPT (англ. Generative pre-trained transformer, тип нейронных языковых моделей, которые обучаются на больших наборах текстовых данных, чтобы генерировать осмысленный текст) [10].

Итого, первоначальная структура работ при разработке системы распределения задач внутри команды разработчиков будет следующей:

1. Составить базу знаний;
2. Извлечь из базы знаний необходимую информацию;
3. Структурировать информацию в формате, удобном для обучения нейронной сети;
4. Написать программный код системы распределения задач;
5. Обучить систему на основе полученной информации.

Аналог предлагаемого решения

Аналогом проектируемой нейро-сетевой модели является программа-виртуальный ассистент PMOtto.ai, использующий технологии нейросетей для помощи в управлении проектами. Данная программа основана на языковой модели GPT-4, помимо которой задействуется надстройка в виде корпоративной базы знаний. «Участники проекта могут ... сообщать статус выполнения задач, информировать о рисках, запрашивать необходимую информацию. PMOtto распознает речь и текст, и преобразует это в команды для информационных систем. Кроме того, PMOtto может давать рекомендации по реализации проекта, основываясь на результатах машинного обучения и реализованных в нем алгоритмах» [10].

Итого, по крайней мере одно решение, занимающее-ся декомпозицией и распределением задач, существуют. Оно основано на технологии GPT.

Реализация прототипа предлагаемого решения

Необходимо обучить нейронную сеть решать задачу классификации текстов. В качестве классов будут выступать категории работников, которые способны выполнить предлагаемую задачу. Нейронная сеть должна выполнять классификацию задачи по её текстовой формулировке, составленной человеком [11].

Для демонстрации примера решения поставленной задачи воспользуемся набором данных, содержащим информацию о заказах, опубликованных на онлайн-платформе, где заказчики размещают необходимые к выполнению задачи, а исполнители откликаются на такие объявления [12]. Нейронная сеть должна предсказывать, к какой категории относится задача, используя только полученное описание. На рисунке 1 приведены первые 10 строк из набора данных.

Для написания программного кода был использован язык программирования Python 3 и платформа Google Colab, содержащая множество предустановленных библиотек машинного обучения [13, 14, 15, 16]. Исходный код приведён в листинге 1.

	Category Name	Description
0	Design	We are looking to improve the banner images on...
1	Video, Photo & Image	Hello \n\nI need a quick designer to make 4 pi...
2	Business	Hi - I need a bookkeeper to assist with bookke...
3	Business	Hi - I need an accountant to assist me with un...
4	Digital Marketing	Hi, I am currently running a project where I w...
5	Technology & Programming	Brief\nThe requirements of this brief is to fi...
6	Design	I need to build web site for my tutoring compa...
7	Technology & Programming	I am currently working on a new freelancer com...
8	Design	Looking for a quote for an introductory e-lear...
9	Music & Audio	1. need native speaker from US or UK or CA\n2...

Рис. 1. Первые 10 строк из набора данных

Листинг 1 — Подготовка данных для обучения нейронной сети

```
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.model_selection import train_test_split
import plotly.express as px
import nltk
nltk.download('stopwords')
nltk.download('wordnet')
from nltk.corpus import stopwords
df = pd.read_csv('dataset.csv')
category_df = df[['Category Name', 'Description']]
print(«Categories:», set([c for c in df['Category Name']]))

def preprocess(text):
    tokenizer = nltk.tokenize.TreebankWordTokenizer()
    tokens = tokenizer.tokenize(text)
    stemmer = nltk.stem.WordNetLemmatizer()
    return ' '.join(stemmer.lemmatize(token) for token in
tokens)

sentences_train, sentences_test, Y_train, Y_test = train_
test_split(category_df['Description'].map(preprocess),
category_df['Category Name'], test_size=0.25,
random_state=42)
```

На данном этапе выполнено разделение набора данных на тренировочные (содержащие правильные категории для каждого описания) и тестовые (которые будут использованы для проверки качества обучения) в соотношении 25 % и 75 % соответственно. Для обучения будет использоваться библиотека `sklearn`. Доступны следующие категории: Marketing, Branding & Sales, Video, Photo & Image, Music & Audio, Design, Writing & Translation, Technology & Programming, Digital Marketing, Social Media, Business. Для проверки качества обучения кроме процента правильных ответов будет использоваться матрица ошибок, показывающая количество правильных и неправильных ответов нейронной сети. Программный

код для её генерации представлен в листинге 2 [13]. В качестве аргумента функция получает массив ответов, которые предоставила нейронная сеть.

Листинг 2 — Генерация матрицы ошибок

```
def show_matrix(y_predict):
    plt.rcParams['figure.figsize'] = (10, 10)
    fig = px.imshow(confusion_matrix(Y_test, y_
predict), text_auto=True)
    fig.update_layout(xaxis_title=»Target«, yaxis_
title=»Prediction«)
    fig.show()
```

Приступая к обучению, необходимо свести текстовую информацию к числовому представлению. Для этого делается подсчёт количества вхождений каждое слово в описании. Затем строится вектор, и нейронная сеть учится сопоставлять подобные векторы с категориями. Для прояснения работы алгоритма приведём пример.

Допустим, есть две строки: «John likes ice cream» и «John hates chocolate». Сначала необходимо определить, сколько различных слов встречается в этих строках: {“John”: 0, “chocolate”: 1, “cream”: 2, “hates”: 3, “ice”: 4, “likes”: 5}. Затем необходимо построить вектор для каждой строки. Размерность вектора будет равна количеству слов (то есть вектор будет содержать 6 элементов). Каждый элемент — это число, показывающее сколько раз слово встретилось в этой строке. Такой вектор будет построен для каждой строки. В результате получится массив [[1, 0, 1, 0, 1, 1], [1, 1, 0, 1, 0, 0]]. Для первой строки: слово «John» встретилось 1 раз, слово «chocolate» встретилось 0 раз и так далее. Программный код, выполняющий это действие, представлен в листинге 3 [13, 15].

Листинг 3 — Построение вектора для текстового описания

```
from sklearn.feature_extraction.text import
CountVectorizer
vectorizer = CountVectorizer(max_features=1500,min_
df=5, max_df=0.7, stop_words=stopwords.
words('english'))
vectorizer.fit(sentences_train)
X_train = vectorizer.transform(sentences_train)
X_test = vectorizer.transform(sentences_test)
```

На данном этапе выполнено преобразование текстовой информации в вектор чисел [11]. Это означает, что теперь можно применить стандартные алгоритмы машинного обучения.

Выполним категоризацию тестовых значений и посмотрим, какой процент задач удалось классифицировать правильно. Исходный код этапа обучения приведён в листинге 4 [14, 15].

Листинг 4 — Обучение нейронной сети

```
from sklearn.linear_model import LogisticRegression
from sklearn.metrics import confusion_matrix,
classification_report
classifier = LogisticRegression(max_iter=300)
classifier.fit(X_train, Y_train)
predictions = classifier.predict(X_test)
score = classifier.score(X_test, Y_test)
print(«Accuracy:», score)
show_matrix(predictions)
```

По итогам обучения получается ~70 % правильных ответов (Accuracy: 0.6969895287958116). Матрица ошибок приведена на рисунке 2.

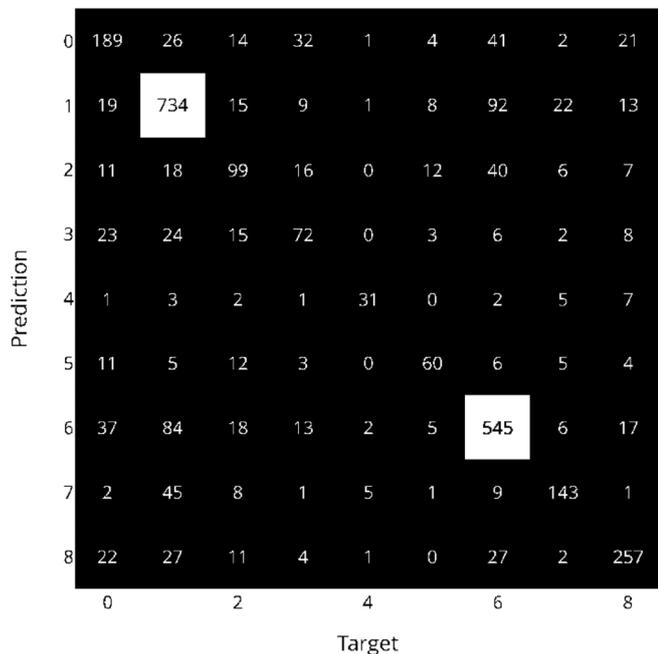


Рис. 2. Матрица ошибок

На главной диагонали матрицы содержатся количества правильных ответов. Строка *i* содержит количество предсказаний для описаний, которые относились к категории *i*. Столбец *j* содержит количества предсказаний для описаний, которые нейронная сеть отнесла к категории *j*. Таким образом, 26 задач, относящихся к категории 0, нейронная сеть ошибочно отнесла к категории 1. При этом 189 задач, также относящихся к категории 0, нейронная сеть смогла правильно классифицировать.

Продемонстрируем процесс классификации. Для этого придумаем 4 задачи и проверим, какая категория будет им назначена. Исходный код тестового запуска представлен в листинге 5.

Листинг 5 — Тестовый запуск

```
tasks = [«I want to build REST API for our new service»,
«I need to promote my Instagram account», «I want a new
logo for my YouTube channel», «Make a translation from
French to English»]
vectr = CountVectorizer(max_features=1500, stop_
words=stopwords.words('english'))
vectr.fit(tasks)
data = vectorizer.transform(tasks)
preds = classifier.predict(data)
print(preds)
```

Был получен следующий результат работы программного кода: ['Technology & Programming' 'Social Media' 'Design' 'Writing & Translation'].

Все задачи в данном примере были классифицированы правильно. Это доказывает изначально сформулированный тезис: поставленная задача может быть решена с помощью технологий машинного обучения. Однако, нейронная сеть даёт лишь 70 % правильных ответов, но этот показатель может быть улучшен, если применить технологии глубокого обучения [5].

Заключение

Таким образом, была рассмотрена предметная область решаемой проблемы, составлено описание будущей автоматизированной системы, найден и проанализирован её аналог, реализован прототип рекомендательной системы, показавший распознавание и назначение задач в 70 % случаев.

Для получения лучшего результата необходимо составить объемную качественную базу знаний и применить алгоритмы глубокого обучения.

Рассматриваемая информационная система имеет большой потенциал и при успешной реализации и грамотной эксплуатации способна изменить в лучшую сторону работу менеджеров проектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство к своду знаний по управлению проектом (Руководство РМВОК), 6-е изд., Коллектив переводчиков, Олимп-Бизнес, 2018.
2. Боронина, Л.Н., З.В. Сенук. Основы управления проектами: учебное пособие 2-е изд., доп., Екатеринбург, УрФУ, 2016, URL: <https://e.lanbook.com/book/98746> (дата обращения: 29.10.2023).
3. Task Management Trends Report — исследование тенденций управления задачами, URL: <https://reclaim.ai/blog/task-management-trends-report> (дата обращения 29.10.2023).
4. Л. Хобсон. Обработка естественного языка в действии, СПб.: Питер, 2020.
5. В. Вьюгин. Математические основы машинного обучения и прогнозирования. Электронное издание, Москва: МЦНМО, 2014, URL: <http://iitp.ru/upload/publications/6256/vyugin1.pdf> (дата обращения: 20.12.2023).
6. Дли, М.И., О.В. Булыгина Особенности применения нейро-сетевых моделей для классификации коротких текстовых сообщений. Программные продукты и системы, 2019, № 4, С. 650–654, URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/312296> (дата обращения: 20.12.2023).
7. Тугускина Г.Н., Рожкова Л.В., Сальникова О.В. Управление знаниями в современных организациях, Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки, 2019, № 2, С. 210–218, URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/315267> (дата обращения: 29.10.2023).
8. П. Флах. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных, пер. с англ. А.А. Слинкина, Москва: ДМК Пресс, 2015.
9. Лезян А.С. Автоматическое реферирование текстов: классификация, архитектуры, современные подходы и проблемы. Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках, 2023, №1, URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomaticheskoe-referirovanie-tekstov-klassifikatsiya-arhitektury-sovremennye-podhody-i-problemy> (дата обращения: 21.12.2023).
10. PMOtto — Помощник на базе искусственного интеллекта во всех вопросах управления проектами, URL: <https://www.pmotto.ai/>. (дата обращения 29.10.2023).
11. Гольдберг, Й. Нейросетевые методы в обработке естественного языка: руководство, пер. с англ. А.А. Слинкина, Москва, ДМК Пресс, 2019, URL: <https://e.lanbook.com/book/131704> (дата обращения: 17.11.2023).
12. Freelance Platform Projects, набор данных, URL: <https://www.kaggle.com/datasets/prtpljdj/freelance-platform-projects>. (дата обращения 15.12.2023).
13. Дж. Вандер Плас, пер. И. Пальти, Python для сложных задач. Наука о данных и машинное обучение, Питер, 2017.
14. Б. Шарден. Крупномасштабное машинное обучение вместе с Python, пер. с англ. А.В. Логунова, Москва: ДМК Пресс, 2018.
15. С. Рашка. Python и машинное обучение: машинное и глубокое обучение с использованием Python, scikit-learn и TensorFlow 2, 3-е изд., пер. с англ. СПб.: ООО «Диалектика», 2020.
16. Документация к Python-библиотеке NLTK, URL: <https://www.nltk.org/index.html> (дата обращения: 15.12.2023).

© Ефимцев Станислав Максимович (evensofr@gmail.com); Журанков Максим Александрович (astronmax@yandex.ru);
Мельников Денис Александрович (dmbbox2019@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ДЕТЕКТОРОВ В СИСТЕМЕ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ABOUT THE EXPEDIENCY OF USING NEURAL NETWORK DETECTORS IN THE INTEGRATED SECURITY SYSTEM OF AN EDUCATIONAL ORGANIZATION

**A. Zhangeriev
I. Kardangushev
S. Zhangeriev**

Summary. The topic of ensuring the physical safety of students and staff of an educational organization using neural network technologies is touched upon. The statistics of incidents and incidents falling into the category of «school shutting» events in educational organizations of the Russian Federation in recent years are presented.

The results of testing and practical application of neural network detectors of the open video surveillance system of Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov (hereinafter — KBSU named after H.M. Berbekov) are presented. The features of the use of neural network detectors of the poses of a «Recumbent person», «Sitting person», «Man with raised arms», «Arrow» are described.

The identified problems in the course of applying neural network detectors in practice, the prospects for their use and the factors constraining their mass application in educational organizations are touched upon.

Keywords: video surveillance, neural network detector, integrated security of an educational organization.

Жангериев Аслангери Юрьевич

кандидат экономических наук, доцент,
Кабардино-Балкарский государственный университет
им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик
ctiub@mail.ru

Кардангушев Ислам Заурбекович

ассистент, Кабардино-Балкарский государственный
университет им. Х.М. Бербекова
ikardangushev_07@mail.ru

Жангериев Султан Аслангериевич

Кабардино-Балкарский государственный
университет им. Х.М. Бербекова
szhangeriev@mail.ru

Аннотация. Затронута тема обеспечения физической безопасности обучающихся и персонала образовательной организации с использованием нейросетевых технологий. Приведена статистика происшествий и инцидентов, попадающих в категорию событий «school shutting» в образовательных организациях РФ за последние годы.

Изложены результаты тестирования и практического применения нейросетевых детекторов системы открытого видеонаблюдения Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова (далее — КБГУ им. Х.М. Бербекова). Описаны особенности использования нейросетевых детекторов поз «Лежачего человека», «Сидячего человека», «Человека поднявшего руки», «Стрелка».

Затронуты выявленные проблемы в ходе применения на практике нейросетевых детекторов, перспективы их использования и факторы, сдерживающие их массовое применение в образовательных организациях.

Ключевые слова: видеонаблюдение, нейросетевой детектор, комплексная безопасность образовательной организации.

Введение

Участившиеся, к сожалению, в последнее время случаи стрельбы в образовательных организациях (т.н. «school shutting» — событие, при котором учащийся учебного заведения ранит по крайней мере одного человека на территории этого учебного заведения) требует принятия дополнительных мер по ускорению обнаружения таких фактов.

Только за период 2019–2023 гг. на территории Российской Федерации зарегистрировано 6 таких происшествий, в которых пострадало 144 человека [16,17]. Существующие системы безопасности в виде представителей частных охранных организаций, работники которых, как правило, располагаются на первых этажах учебных корпусов, не в состоянии обеспечить контроль

за территорией на верхних этажах зданий и зачастую не ходят в неведении об обстановке там. Надо полагать, скорейшее обнаружение техническими средствами указанных фактов и последующий вызов сотрудников охраны и специальных служб в места совершения терактов и инцидентов способствовало бы снижению тяжести их последствий.

Увеличение степени автоматизации существующих систем безопасности (процессов автоматического выполнения задач обнаружения инцидентов, производящихся с помощью технологий, не требующих вмешательства человека) способно значительно усилить уровень комплексной безопасности образовательной организации.

Одним из предлагаемых для этого способов является применение нейросетевых детекторов поз. Их ра-

бота основана на определении и классификации положения отдельных частей тела человека. Нейросетевой детектор непрерывно анализирует область охраны ip-видеокамеры, выявляет людей и анализирует их позы. При обучении учителем нейросети делается упор на запоминание определенного положения рук, ног человека, угла наклона его туловища и т.д., которые расцениваются как угрожающие, требующие внимания системы безопасности. Исследованию вопросов машинного обучения раздела «pose estimation» посвящено много публикаций [2, 4, 10]. Вопросы обеспечения безопасности торговых точек с использованием распознавания девиантного поведения человека исследованы в публикации [3]. Использование нейросетевых детекторов для предотвращения несчастных случаев на производстве описано в публикации [6].

Алгоритм, основанный на мультикаскадном методе и методе детектирования объектов, который определяет человека по действиям преступного характера описан в публикации [9].

Защита образовательных организаций от угроз беспилотных летательных аппаратов может быть организована на основе нейросетевых технологий описанных в [19].



Рис 1. Результат непрерывного отслеживания поз людей нейросетевым детектором

Целью работы являлись проверка работоспособности нейросетевых детекторов и оценка полезности их применения в условиях образовательной организации для обеспечения ее комплексной безопасности.

Были проведены мероприятия по тестированию нейросетевых детекторов поз «Стрелка», «Человека, поднявшего руки», «Человека, держащегося за поручни», «Сидячего человека», «Лежачего человека» и нейросетевых детекторов «Дыма» и «Огня». Тестирование проводилось

на базе кафедры компьютерных технологий и информационной безопасности института искусственного интеллекта и цифровых технологий КБГУ им. Х.М. Бербекова. Практическое использование нейросетевых детекторов поз в настоящее время осуществляется круглосуточно функционирующем Центром мониторинга и управления безопасностью (Ситуационным центром) университета.

Применяемое оборудование: Сервер Intel Core i7-9700K CPU 3.60GHz RAM 16 Гб, WIN 10 Pro.

Результаты тестирования:

- «Детектор стрелка».



Рис. 2. Работа нейросетевого детектора позы «Стрелка»

Принцип работы: реагирует на ситуацию, когда один или несколько человек вытягивают руки перед собой, будто держа оружие.

Работоспособность: работает корректно. Детектор правильно распознает человека, держащего оружие или иной предмет на вытянутых руках.

Полезность: полезен, можно применять на камерах с широким обзором (малым фокусным расстоянием) в коридорах зданий.

- «Детектор человека, поднявшего руки».

Принцип работы: Реагирует на ситуацию, когда один или несколько человек вследствие опасности или получения команды от преступников поднимают руки вверх.

Работоспособность: работает корректно. Детектор правильно распознает людей, поднявших руки.

Полезность: полезен, подлежит применению на камерах с широким обзором, в коридорах зданий.



Рис. 3. Работа нейросетевого детектора позы «Человека, поднявшего руки»

- «Детектор сидячего человека».

Принцип работы: нетипичное поведение человека около банкомата, такое как приседание на корточки, может свидетельствовать о попытке взломать устройство, отключить систему охранной сигнализации или установить взрывчатку.

Работоспособность: работоспособен.

Полезность: Полезен в определенных случаях. В местах, где установлены банкоматы или двери особо важных помещений (например кассы организации) целесообразно предусмотреть работу данного детектора.

- «Детектор лежащего человека».

Принцип работы: если человек лежит на полу или на земле, это вероятный признак того, что ему нужна помощь. В условиях образовательных организаций данная ситуация может быть следствием как наступивших обмороков обучающихся, так и драк обучающихся с последующим их падением на землю. Быстрая реакция на падение человека поможет снизить риск негативных последствий.

Работоспособность: Работоспособен при условии тонкой и кропотливой настройки.

Полезность: ограниченно полезен. В местах, где возможны конфликты студентов можно предусмотреть работу данных детекторов для своевременного на них реагирования.

- Нейросетевые детекторы «Дыма» и «Огня».

Принцип работы: нейросетевые видеодетекторы обнаруживают возгорание при появлении видимого огня

или дыма. Совмещение разных типов детекторов и возможность дополнительного визуального контроля со стороны оператора обеспечивают максимальную вероятность раннего обнаружения возгораний.

Работоспособность: работоспособны при условии тонкой и кропотливой настройки (с целью исключения ложных срабатываний).

Полезность: Полезны. Указанные детекторы могут использоваться в качестве дополнительной к основной системе пожарной безопасности

Следует признать, что традиционные системы реагирования на возгорание и задымление (система «Орион» и др.) работают с меньшим количеством ложных срабатываний, не требуют точной настройки и обходятся образовательной организации дешевле.

По результатам работы сделан вывод о том, что все исследованные детекторы работоспособны, они корректно распознают позы людей в зоне контроля камеры видеонаблюдения и, при необходимости, инициируют тревожные события для последующего реагирования дежурному персоналу. Вместе с тем нейросетевые детекторы «Лежащего человека», «Дыма» и «Огня» требуют тонкой и кропотливой настройки в привязке к особенностям зоны контроля видеокamеры с целью исключения как ложных срабатываний, так и пропуска действительно опасных тревожных ситуаций.

Проблемы и перспективы использования нейросетевых детекторов системы комплексной безопасности образовательной организации

На практике, с начала 2023 года нейросетевые детекторы уже применяются в системе безопасности КБГУ им. Х.М. Бербекова и развернуты на ряде критических зон ответственности. Исключением являются нейросетевые детекторы «Человека, держащегося за поручни», полезность использования которого в образовательной организации сомнительна. Также вместо детекторов «Дыма» и «Огня» пока используются более дешевые традиционные технические решения.

С учетом возраста контингента обучающихся, весьма полезным была бы организация в образовательных организациях функционирования детекторов «Агрессии», алгоритм которых должен обеспечить выявление случаев активного размахивания конечностями одного человека, находящегося рядом с другим, наподобие описанных в [6, 7]. В настоящее время подобных детекторов в системе, используемой университетом нет.

Нельзя не отметить, что использование нейросетевых детекторов является достаточно затратным меро-

приятием — их активное применение сдерживается ограниченностью вычислительной мощности применяемого оборудования. Так, при существующей конфигурации системы видеонаблюдения КБГУ им Х.М. Бербекова, состоящей из 562 ip-камер видеонаблюдения и 12 серверов (не считая серверов репликации архива) система стабильно работает при организации на каждом сервере не более 3–4 камер видеонаблюдения с нейродетектором поз (т.е. в совокупности до 36–48 камер видеонаблюдения, декодирование производится на центральных процессорах серверов). Организация на всех камерах видеонаблюдения нейросетевых детекторов поз потребует значительного увеличения вычислительной мощности потребляемого оборудования путем организации вычислений на графических процессорах с минимум 2 Гб памяти.

Одна нейронная сеть использует 500 мегабайт видеопамати [11]. Перевод всех камер видеонаблюдения на режим работы с нейродетектором поз с использованием GPU обойдется в необходимость задействования 280 гигабайт видеопамати или 140 видеокарт с соответствующими корпусами, материнскими платами, процессорами, блоками питания и периферией, что потребует еще более серьезных капитальных вложений.

По итогам работы нейросетевых детекторов поз в КБГУ им Х.М. Бербекова можно сделать вывод об их работоспособности — инициированные ими тревожные события были обусловлены корректной работой детекторов, которые правильно идентифицировали позы студентов. При этом каждая ip-видеокамера с подключенными нейросетевыми детекторами поз «Стрелка» и «Человека, поднявшего руки» в среднем ежедневно генерировала не более 5 тревожных событий. Данные инициированные тревоги немедленно анализировались диспетчерами круглосуточно функционирующего Центра мониторинга и управления безопасностью (Ситуационного центра) университета и попали в категорию «ложные тревоги», так как за указанный период в КБГУ им. Х.М. Бербекова происшествия и инциденты не регистрировались.

Надо полагать развитие интеллектуальных систем видеоконтроля пойдет по пути наращивания количества задействованных нейросетевых детекторов. С учетом нарастающего увеличения вычислительной мощности компьютерного оборудования (согласно эмпирическому наблюдению Гордона Мура) уже в ближайшем будущем можно ожидать перевод всех камер системы видеонаблюдения университета на работу с нейросетевыми детекторами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д.А. Булыгин, Т.Е. Мамонова. Распознавание жестов рук в режиме реального времени // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2020. Март. DOI: 10.17212/1814-1196-2020-1-25-40
2. А.В. Носов. Алгоритм распознавания жестов рук на основе скелетной модели кисти руки // Вестник СибГАУ. №3 2(54). 2014, с.62–67.
3. А.В. Козловский, В.И. Волощук, Я.Э. Мельник. Система распознавания девиантного поведения в видеопотоке с использованием нейронных сетей и других методов машинного обучения // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023. №2. с 77–82.
4. Местецкий Л.М., Рейер И. Непрерывное скелетное представление изображения с контролируемой точностью // International Conference Graphicon. М., 2003. С. 51–54.
5. К.В. Тарасов. Распознавание позы человека // Международный научный журнал «Молодой ученый» № 51(446). Декабрь 2022г. С.16–21.
6. М.Ю. Уздяев. Распознавание агрессивных действий с использованием нейросетевых архитектур 3D-CNN // Известия ТулГУ. Технические науки. 2020. Вып.2. С.316–330.
7. М.Ю. Уздяев. Нейросетевая модель многомодального распознавания человеческой агрессии // Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки.2020. Т. 33. №4. С.132–149.
8. В.А. Егунов, П.Д. Кравченя, Е.И. Большакова, З.Ш. Суменова. Использование нейросетевых детекторов для предотвращения несчастных случаев на производстве // Инженерный вестник Дона. 2023. № 10(106). С.39-47. — EDN DPEGBS.
9. Хади Н.М. Алгоритм идентификации лиц и преступных действий // Computational Nanotechnology. — 2022. — Т. 9, № 3. — С. 19–31. — DOI 10.33693/2313-223X-2022-9-3-19-31. — EDN ZLJDDC.
10. Jiaqi Dong, Zeyang Xia, Weiwu Yan, Qunfei Zhao. Dynamic gesture recognition by directional pulse coupled neural networks for human-robot interaction in real time // Journal of Visual Communication and Image Representation, Volume 63, 2019, 102583, ISSN 1047-3203, Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2019.102583>.
11. Требования к аппаратной платформе для работы нейроаналитики. Available at: <https://docs.itvgroup.ru/confluence/pages/viewpage.action?pageId=184370938>.
12. С.Ю. Пчелинцев, М.А. Ляшков, О.А. Ковалева. Метод создания синтетических наборов данных для обучения нейросетевых моделей распознаванию объектов // Информационно-управляющие системы. — 2022. — № 3(118). — С. 9–19. — DOI 10.31799/1684-8853-2022-3-9-19. — EDN LBEAQQ.
13. OpenPose (2022). Ginés Hidalgo, Zhe Cao, Tomas Simon, Shih-En Wei, Yaadhav Raaj, Hanbyul Joo and Yaser Sheikh. Available at: <https://github.com/CMU-Perceptual-Computing-Lab/openpose> (accessed 19 December 2022), Getting Started.
14. Руководство по обнаружению ориентиров позы. Инструмент MediaPipe корпорации Google. Available at: https://developers.google.com/mediapipe/solutions/vision/pose_landmarker.

15. Зотин А.Г., Носов А.В., Бузаев Д.В. Анализ пригодности методов сегментации для локализации объектов на основе цветовых и структурных признаков // Вестник СибГАУ. 2012. Вып. 1(41). С. 23–28.
16. Устроивший стрельбу в пермском вузе приговорен к пожизненному сроку. <https://www.vedomosti.ru/society/news/2022/12/28/957462-ustroivshii-strelbu-v-permskom-vuze-prigovoryon-k-pozhiznennomu>.
17. Случаи стрельбы и нападений в российских школах и колледжах. Справка. Available at: <https://www.rbc.ru/society/07/12/2023/609a5cdc9a7947237982ce4a>.
18. Tomas Simon, Hanbyul Joo, Iain Matthews, Yaser Sheikh. Hand Keypoint Detection in Single Images using Multiview Bootstrapping. July 2017. Conference: 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) DOI:10.1109/CVPR.2017.494.
19. Грушевская, Д.В. Классификатор дрон/птица на основе глубоких нейронных сетей / Д.В. Грушевская // Путь в науку: прикладная математика, информатика и информационные технологии: Тезисы докладов конференции, Ярославль, 19–23 апреля 2021 года. — Ярославль: Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, 2021. — С. 91–93. — EDN DRAPPH.
20. Л.М. Местецкий. Непрерывная морфология бинарных изображений: фигуры, скелеты, циркуляры // Москва. Физматлит. 2009 г.

© Жангериев Аслангери Юрьевич (smiub@mail.ru); Кардангушев Ислам Заурбекович (ikardangushev_07@mail.ru);
Жангериев Султан Аслангериевич (szhangeriev@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА ИНФРАСТРУКТУРЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВУЗА С ГИС «СУПЕРСЕРВИС: ПОСТУПАЙ В ВУЗ ОНЛАЙН»

DEVELOPMENT OF THE INFRASTRUCTURE
OF AUTOMATIC INTERACTION
OF THE UNIVERSITY WITH GIS
«SUPERSERVICE: POSTUPAJ V VUZ
ONLAJN»

**A. Zabavin
E. Vikhtenko**

Summary. The development and implementation of information system components for the interaction of information systems of the Pacific State University with the state information system «Superservice: postupaj v vuz onlayn» are described. Legislative, functional requirements, as well as data protection requirements for this development are considered.

Keywords: superservice, information system, digital signature, Windows service.

Забавин Алексей Сергеевич

Тихоокеанский государственный
университет (Хабаровск)

004414@pnu.edu.ru

Вихтенко Элина Михайловна

кандидат физико-математических наук, доцент,
доцент, Тихоокеанский государственный

университет (Хабаровск)

004184@pnu.edu.ru

Аннотация. Описаны разработка и реализация компонентов информационной системы для взаимодействия информационных систем Тихоокеанского государственного университета с государственной информационной системой «Суперсервис: Поступай в вуз онлайн». Рассмотрены законодательные и функциональные требования, а также требования к защите данных для данной разработки.

Ключевые слова: суперсервис, информационная система, электронно-цифровая подпись, служба Windows.

В рамках Федерального проекта «Цифровое государственное управление» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» с 2019 года активно проводятся мероприятия по Цифровой трансформации государственных и муниципальных услуг [1–2].

Цифровая трансформация и оптимизация государственных и муниципальных услуг базируются на принципах, одним из которых является принцип комплексного подхода к решению жизненных ситуаций заявителей посредством суперсервисов [3]. Одним из направлений внедрения суперсервисов является сфера образовательных услуг. В рамках данной деятельности разработана государственная информационная система (ГИС) «Поступай в вуз онлайн». На совещании у Министра цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации К.Ю. Носкова 04.06.2019 г. был одобрен прототип суперсервиса [3], в который вошли портал «Поступай правильно» и сервис «Подача документов». Суперсервис «Поступление в вуз онлайн» должен стать посредником при обмене данными от Единого портала государственных услуг РФ (Госуслуги), абитуриентом и вузом. Использование суперсервиса «Поступление в вуз онлайн» в 2022/2023 уч.году регулируется постановлением Правительства РФ № 958 от 22.05.2022 «О функционировании суперсервиса «Поступление в вуз онлайн» в рамках приемной кампании 2022/23 учебного года» [4], а в 2023/2024 учебном году — постановлением

№ 89 от 26.01.2023 «О функционировании суперсервиса «Поступление в вуз онлайн» в рамках приемной кампании 2023/24 учебного года» [5]. Постановлением Правительства от 15.12.2023 № 2160 утверждено Положение о функционировании суперсервиса «Поступление в вуз онлайн» в рамках приемной кампании 2024/25 учебного года [6].

Заметим, что в официальных нормативных документах суперсервис носит название «Поступление в вуз онлайн», но благодаря средствам массовой информации в обществе за ним закрепилось более эмоциональное «Поступай в вуз онлайн». В настоящее время такое название признано официальными источниками [7], в связи с этим в данной работе авторы используют термин «Суперсервис: Поступай в вуз онлайн» (в дальнейшем — Сервис, ССПВО).

Постановка задачи, требования к системе

Модуль API Сервиса выполнен с применением методологии REST API. В веб-разработке под API обычно подразумевается набор стандартных методов, свойств, событий и URL-ссылок для взаимодействия компонентов системы. Использование REST позволяет выполнять реализацию клиентского и серверного приложений независимо друг от друга, сервисы в REST API взаимодействуют по протоколу HTTP.

Взаимодействие с Сервисом посредством API может осуществляться в синхронном или асинхронном режиме [8]. При синхронном режиме Сервис, получив запрос на выполнение операции, сразу направляет в ответ результаты ее выполнения. При асинхронном режиме обмена операции выполняются с помощью последовательной отправки различных запросов. Как правило, в первом запросе отправляется информация, необходимая для выполнения операции. В ответ формируется и отправляется идентификатор операции. По этому идентификатору пользователь может с помощью выполнения других запросов узнать статус выполнения операции или получить результат выполнения операции.

Обмен данными происходит в JSON-формате, который определен в открытом стандарте RFC 7519. Передаваемый объект JSON носит название JWT (сокр. от англ. JSON Web Token).

Некоторые запросы требуют включения в JWT отдельной электронно-цифровой подписи (ЭЦП) по ГОСТ 34.10-2018 [9] (см. Таблицу 1).

Таблица 1.

Перечень запросов для взаимодействия с ГИС «Поступай в вуз онлайн»

Запрос	Назначение
/api/session/new	Получение сессионного ключа
/api/cls/get	Получение значений классификаторов
/api/token/new	Запрос на выполнение асинхронной операции с сущностями
/api/token/delay/get	Получение приблизительной оценки времени выполнения асинхронной операции от получения запроса на выполнение (/api/token/new) до выполнения запроса на получение результата (/api/token/own/get)
/api/token/own/get	Получение результата выполнения асинхронной операции по идентификатору операции или списка идентификаторов операций, ожидающих получения результата
/api/token/despatch/get	Получение JWT, сформированных при выполнении операций, инициатором которых была не образовательная организация (сообщения от ЕПГУ)
/api/file/get	Получение файла
/api/token/certificate/check	Полная проверка Header и Signature из JWT

Взаимосвязи сущностей

Описанные в документации Сервиса сценарии включают в себя выполнение запросов, с помощью которых производятся операции над сущностями, описывающими образовательную организацию, приемную кампанию или поступающего.

Последовательность обращения к сущностям схематично изображена на Рисунках 1 и 2.

Особенности реализации, ключевые особенности

Исходя из выдвинутых спецификацией требований разрабатываемый в Тихоокеанском государственном университете (ТОГУ) программный комплекс для взаимодействия с автоматизированной информационной системой университета (АИС ТОГУ) должен содержать следующие части:

1. модуль для приведения передаваемых и принимаемых данных к требуемому формату БД АИС ТОГУ;
2. модуль для генерации ЭЦП по алгоритму ГОСТ 34.10-2012;
3. модуль синхронного взаимодействия с Сервисом по протоколу REST;
4. модуль асинхронного взаимодействия с Сервисом;
5. удовлетворение требований ФСТЭК по аттестации рабочего места для доступа к закрытой сети №13833;
6. пользовательский интерфейс для взаимодействия оператора с системой.

Определим наиболее подходящие ТОГУ технологии для реализации частей программного комплекса.

Пункт 5 уже реализован в вузе в рамках рабочего места с помощью ПАК VipNet Coordinator [10].

Для исполнения пункта 2 воспользуемся проприетарным программным обеспечением КриптоПро CSP, поставляемым компанией КриптоПро. КриптоПро CSP является криптопровайдером, реализующим классические токены и другие пассивные хранилища секретных ключей, удовлетворяющие ГОСТ 34.10-2018 [11]. Выбор КриптоПро обусловлен тем, что данный пакет имеет все необходимые сертификаты по реализации криптографических функций, обширную документацию и широкий набор библиотек, утилит и плагинов для интеграции.

Разработка модулей выполнена на языке программирования Python. Язык имеет широкие возможности для объектно-ориентированного подхода к реализации логики взаимодействия, множество написанных открытых прикладных библиотек, отличную кроссплатформенность, возможность асинхронного программирования и работы с потоками.

Также использованы следующие технологии:

- СУБД PostgreSQL, свободная кроссплатформенная объектно-реляционная система управления базами данных;
- для взаимодействия с СУБД применяется библиотека SQLAlchemy. Это многофункциональная ORM-библиотека, позволяющая быстро конфигури-

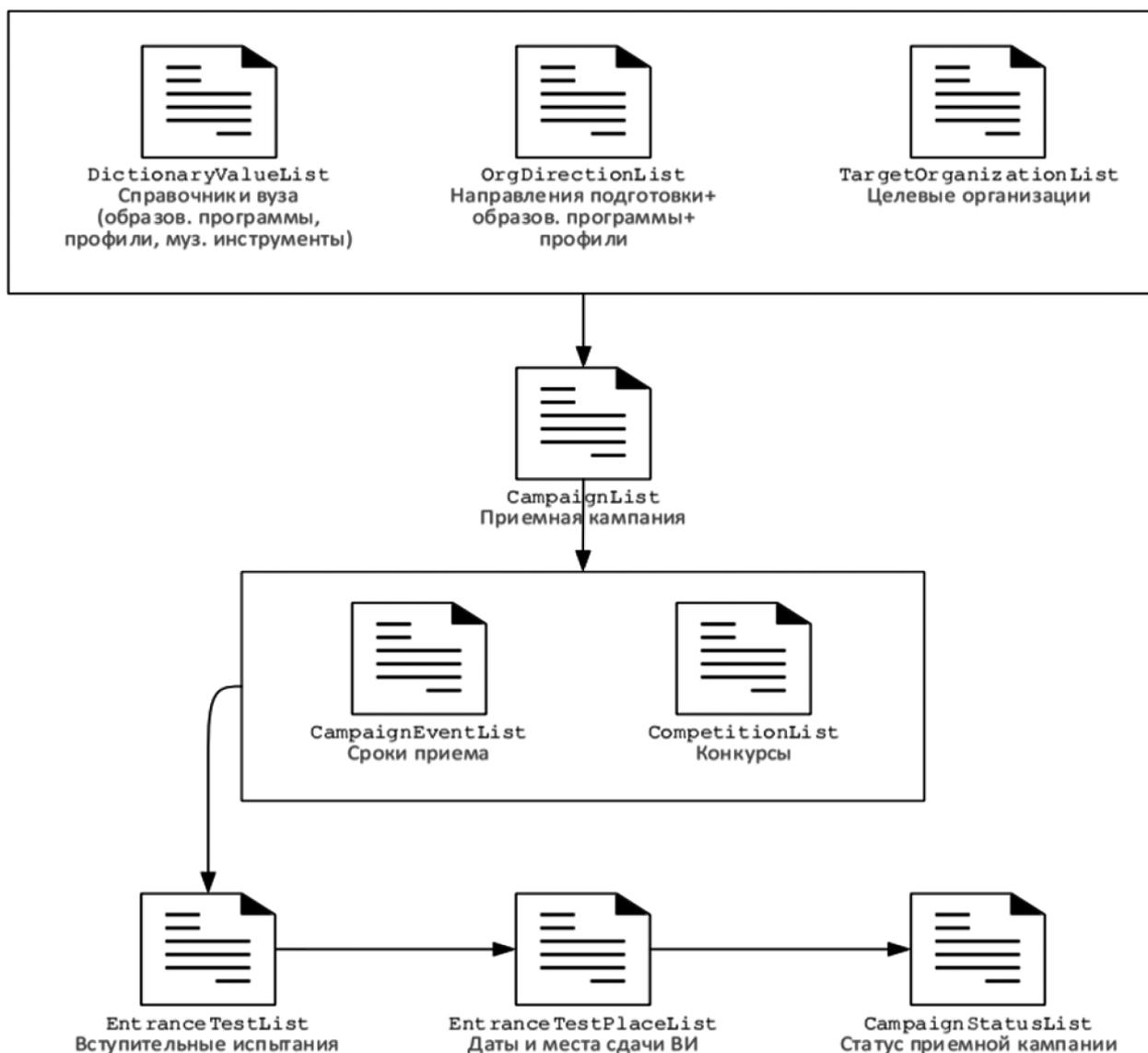


Рис. 1. Последовательность обращения к сущностям приемной кампании

ровать запросы к БД, а также создавать сложные запросы, связанные с сущностями используемого языка программирования;

- связка Message Queueing broker сервера (RabbitMQ) [12] и библиотеки Celery для отправки потока сообщений от веб-интерфейса пользователя и получение их Celery для последующего параллельного основному серверу АИС ТОГУ;
- библиотека Memcached, программное обеспечение, реализующее сервис кэширования данных в оперативной памяти на основе хеш-таблицы, используется в программном комплексе для сопутствующего кэширования и общего хранилища памяти между разными исполнителями задач для «синхронизации».

Исходя из требований и технологий, которые необходимо использовать, можно составить схему архитектуры программного комплекса (см. Рисунок 3).

Описание программного комплекса

Программный комплекс состоит из трех групп, разделенных по узлам схемы взаимодействия.

1. ПОРТАЛ ТОГУ.

В рамках этой группы сформирована концепция «Провайдер синхронизации», это сущность АИС ТОГУ, реализованная на ЯП Python. Провайдер синхронизации реализует следующие задачи:

- а) логику трансформации данных, интерфейса пользователя и отдельного обработчика ответа, асинхронно пришедшего от Сервиса. Результат выполнения провайдера есть сущность «Сообщение ССПВО», которое доставляется по маршруту дальше. Провайдер может исполняться с определенным контекстом вызова как ав-

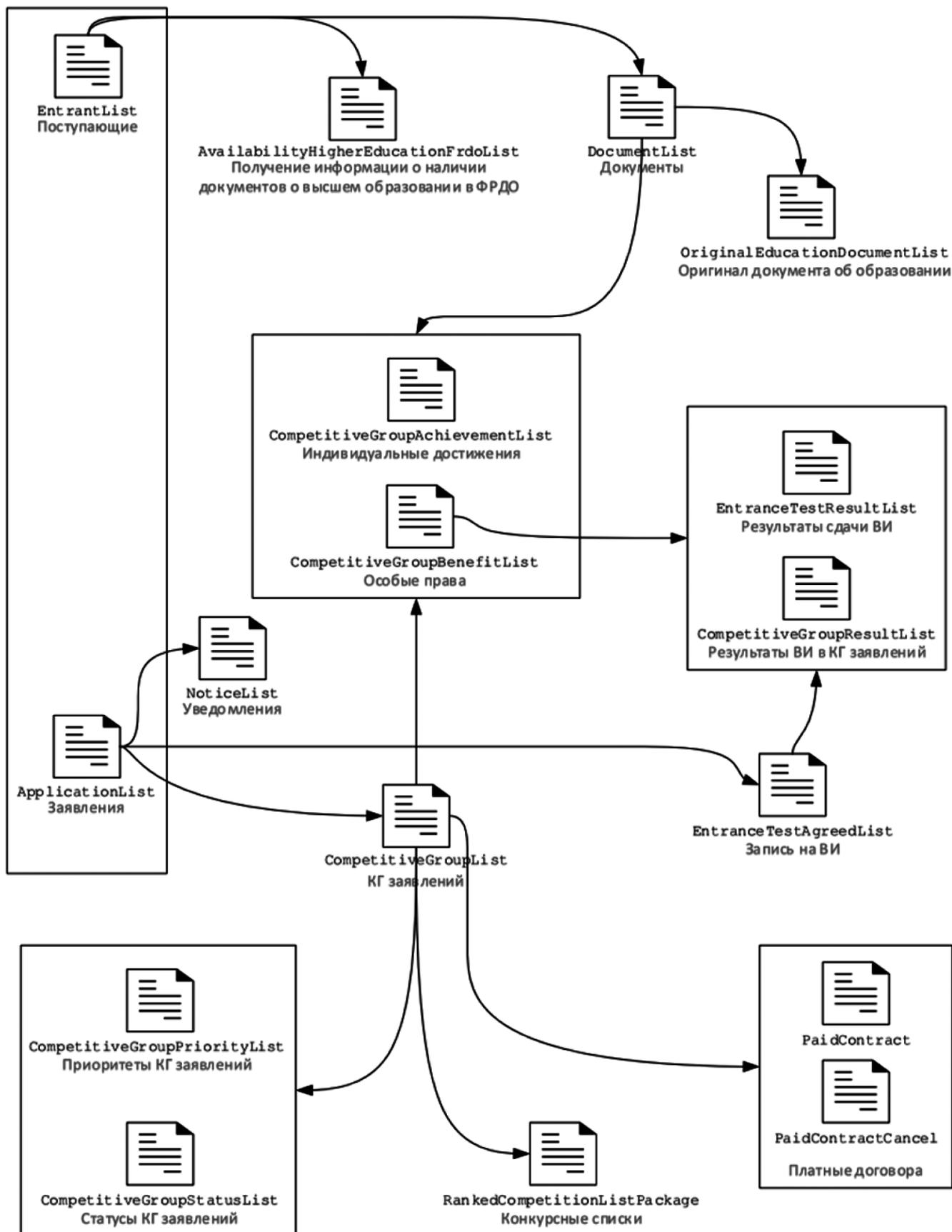


Рис. 2. Последовательность обращения к сущностям, описывающим поступающего и заявление

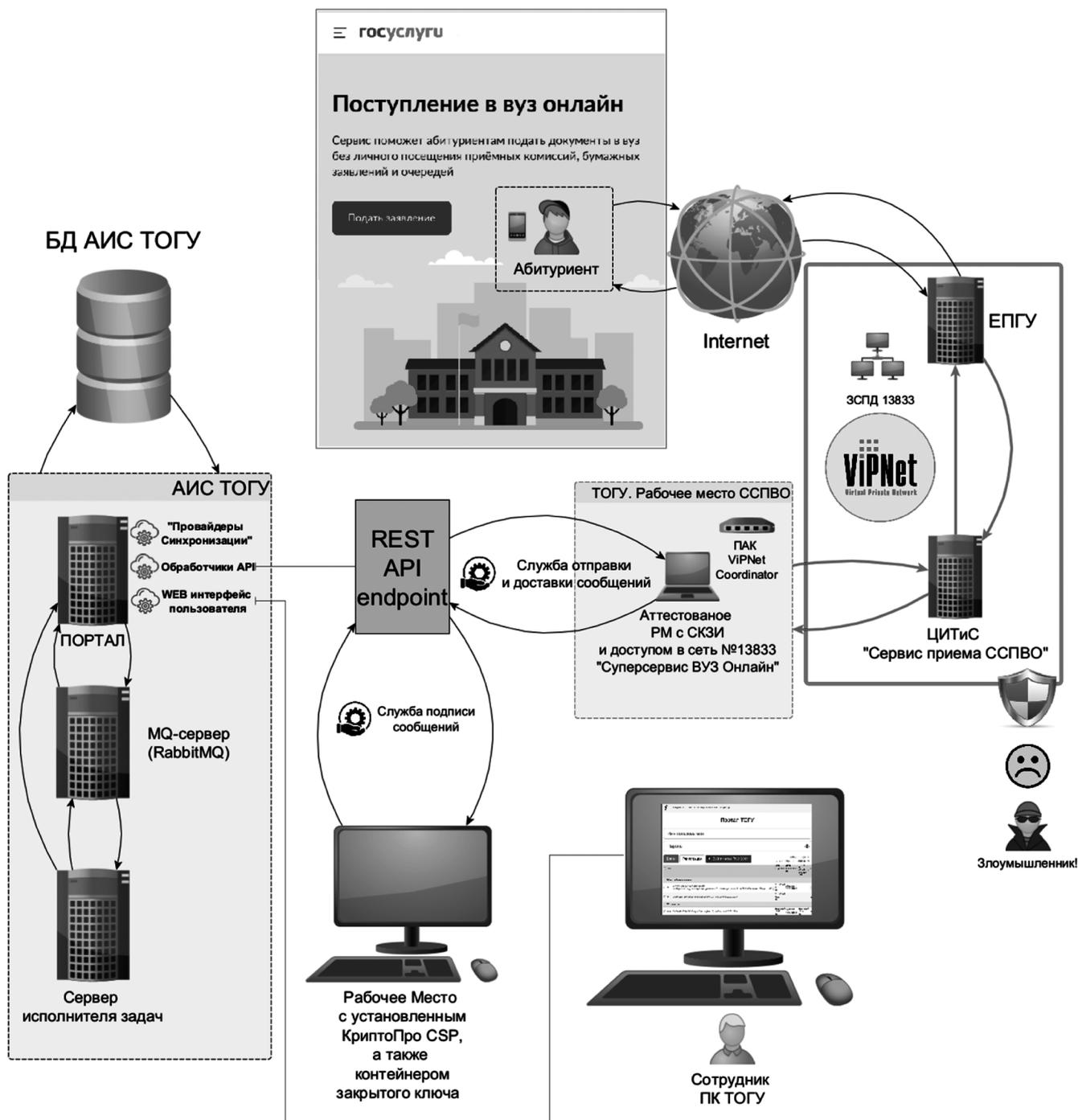


Рис. 3. Схема взаимодействия с суперсервисом «Поступи в вуз онлайн»

томатически по достижению каких-то условий в АИС ТОГУ, так и в ручном режиме. Провайдер также может инициировать запуск дочерних провайдеров;

б) логика трансформации входящих данных (сообщений ССПВО) в АИС ТОГУ, определение и протоколирование изменений АИС ТОГУ внутри транзакции БД для получения информации о том, как сообщение ССПВО потенциально изменит БД без проведенных изменений. После формирования сообщений Сервиса (в автома-

тическом режиме, после определенных условий) или в ручном, ограниченные операции над ними станут доступны по REST API АИС ТОГУ.

2. Узел ЭЦП.

Некоторые типы сообщений ССПВО требуют указания в сообщениях отдельной ЭЦП. Подпись таких сообщений осуществляется в автоматическом режиме службой, установленной на рабочем месте с токеном закрытого

ключа с помощью криптопровайдера «Crypto-Pro GOST R 34.10-* Cryptographic Service Provider». Закрытый ключ не передается ни по каким каналам, формирование подписи происходит на локальной машине, на которой запущена служба. Служба реализована на языке программирования Python 3.7 с помощью библиотеки асинхронных HTTP запросов aiohttp.

3. Узел отправки и получения сообщений Сервиса.

Далее, после успешной подписи (если она требовалась сообщению), другая служба, уже на рабочем месте внутри защищенной сети № 13833, отправляет ожидающие отправки сообщения из АИС ТОГУ в Сервис. По REST API в АИС ТОГУ возвращается сообщение о результатах отправки. Также служба принимает входящие сообщения от Сервиса с Госуслуг и по REST API записывает их в АИС ТОГУ. Служба реализована на языке программирования Python 3.7 с помощью библиотеки асинхронных HTTP запросов aiohttp.

Заключение

В ходе работ по проектированию программного комплекса для взаимодействия с ГИС «Поступай в вуз онлайн» создана целая инфраструктура, включающая несколько узлов, программ и каналов взаимодействия между ними. Реализация включила в себя создание необходимых таблиц в СУБД, программирование логики трансформации сущностей БД ТОГУ, событий обработки

сообщений, проектирование интерфейса пользователя, написание служб автоматической отправки и получения сообщений. Выбранные технологические решения хотя и имеют незначительные проблемы с пиковой производительностью, однако благодаря выбранной асинхронной микросервисной архитектуре очень хорошо горизонтально масштабируется. При надобности можно подключить дополнительные узлы, причем узлы не зависят от совместимости решений, например в части межсетевых экранов и криптопровайдеров различных компаний.

В связи с необходимостью организации приемной кампании с использованием суперсервиса «Поступай в вуз онлайн», многие образовательные учреждения высшего образования выполняют вневлогичные разработки. На портале информационной поддержки проектов Минобрнауки России организован форум «Вопросы по проекту «Суперсервис «Поступление в вуз онлайн»» [13], где обсуждаются как организационные, так и технические вопросы. Компания «1С» также разработала свое решение по интеграции «1С:Университет ПРОФ» с Сервисом [14].

Разработанная в Тихоокеанском государственном университете система успешно использовалась в приемной кампании 2023/2024 учебного года и готова к новым нагрузкам в 2024/2025 учебном году [15].

ЛИТЕРАТУРА

1. Цифровое государственное управление // Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. URL: https://digital.gov.ru/activity/directions/882/?utm_referrer=https%3a%2f%2fyandex.ru%2f (дата обращения: 30.03.2023).
2. Паспорт федерального проекта «Цифровое государственное управление» // Онлайн-издание D-russia.ru. Экспертный центр электронного государства. URL: https://d-russia.ru/wp-content/uploads/2020/03/pasport_cgu_dec2019.pdf?ysclid=lrd29kpd7r733585874 (дата обращения: 30.03.2023).
3. Суперсервисы и цифровая трансформация госуслуг // Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. URL: https://digital.gov.ru/activity/directions/854/?utm_referrer=https%3a%2f%2fyandex.ru%2f (дата обращения: 30.03.2023).
4. О функционировании суперсервиса «Поступление в вуз онлайн» в рамках приемной кампании 2022/23 учебного года: Постановление Правительства Российской Федерации от 27.05.2022 № 958 // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202205300045?ysclid=lrd38szvht300837300> (дата обращения: 30.03.2023).
5. О функционировании суперсервиса «Поступление в вуз онлайн» в рамках приемной кампании 2023/24 учебного года: Постановление Правительства Российской Федерации от 26.01.2023 г. № 89 // Документы — Правительство России. URL: <http://government.ru/docs/all/145801/> (дата обращения: 30.03.2023).
6. О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 26 января 2023 г. № 89: Постановление Правительства Российской Федерации от 15.12.2023 № 2160 // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202312180029?ysclid=lrd3p5q7zh369092515> (дата обращения: 10.01.2024).
7. Поступай в вуз онлайн // Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. URL: <https://digital.gov.ru/events/45161/> (дата обращения: 10.01.2024).
8. AIOHTTP documentation // Async HTTP client/server for asyncio and Python. URL: <https://docs.aiohttp.org/en/stable/> (дата обращения: 30.03.2023).
9. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ 34.10-2018. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Процессы формирования и проверки электронной цифровой подписи // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200161706?ysclid=lrd723eskk468001824> (дата обращения: 30.10.2023).
10. Принципы маршрутизации и преобразования IP-трафика в VPN-сети, созданной с использованием технологии ViPNet. Компоненты виртуальной сети ViPNet // Пресс-центр Infotecs. URL: <https://infotecs.ru/about/press-centr/publikatsii/printsipy-marshrutizatsii-i-preobrazovaniya-ip-trafika-v-vpn-seti-sozdannoy-s-ispolzovaniem-tekhnolo.html> (дата обращения: 30.10.2023).

11. КриптоПро для работы с электронной подписью. Программное обеспечение, необходимое для работы с электронной подписью, в соответствии с Федеральным законом № 63-ФЗ «Об электронной подписи» // КриптоПро. URL: <https://www.cryptopro.ru/?ysclid=lrd4zoaoc67682996> (дата обращения: 30.10.2023).
12. RabbitMQ Documentation // RabbitMQ. URL: <https://www.rabbitmq.com/documentation.html> (дата обращения: 30.10.2023).
13. Вопросы по проекту Суперсервис «Поступление в вуз онлайн» // Портал информационной поддержки проектов Минобрнауки России. URL: <https://fedproekt.minobrnauki.gov.ru/superservis?ysclid=lrd67stkk317009218> (дата обращения: 30.10.2023).
14. Цветкова Д. Е. «1С: Университет ПРОФ»: опыт взаимодействия с системой Суперсервиса «Поступление в вуз онлайн» в 2022 году // 1С центр компетенции по образованию. URL: https://dtst.su/wp-content/uploads/2022/10/opyt_vzaimodejstviya_sistemoj_superservisa.pdf?ysclid=lrd6874jug457338809 (дата обращения: 10.01.2024).
15. Электронное заявление. Портал абитуриентов ТОГУ // Тихоокеанский государственный университет. URL: <https://pnu.edu.ru/ru/applicant/info/electron/> (дата обращения: 10.01.2024).

© Забавин Алексей Сергеевич (004414@pnu.edu.ru); Вихтенко Эллина Михайловна (004184@pnu.edu.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Зуева Анна Николаевна

Доцент, кандидат экономических наук,
МИРЭА — Российский технологический университет
annazueva24@yandex.ru

THE USE OF SYSTEM ANALYSIS TO IMPROVE THE EFFECTIVENESS OF MANAGEMENT DECISIONS IN CONDITIONS OF UNCERTAINTY

A. Zueva

Summary. The purpose of the study was to explore the possibilities of using system analysis to improve the effectiveness of managerial decision-making in conditions of increased uncertainty of the external environment. Based on a theoretical review of the literature, a conceptual model of a systematic approach to management has been developed, taking into account many factors of an internal and external nature.

As part of an empirical study, this model was tested on the example of the implementation of IT projects in a large Russian company. A system for monitoring and analyzing key indicators of 32 projects was created, and algorithms for simulation, machine learning and forecasting were developed.

The results obtained confirmed the effectiveness of using a systematic approach. There was a decrease in deviations from the plan by 14–27 % and a 1.5–2-fold probability of failure. Simulation modeling made it possible to predict 23 % of possible problem situations, machine learning — 15 %. In addition, monitoring data from one priority project showed a significant improvement in key indicators after the implementation of the developed model. In particular, fluctuations in the volume of work have been halved.

Keywords: system analysis, management decision-making, uncertainty, IT projects, management efficiency.

Аннотация. Целью исследования являлось изучение возможностей применения системного анализа для повышения эффективности принятия управленческих решений в условиях повышенной неопределенности внешней среды. На основе теоретического обзора литературы была разработана концептуальная модель системного подхода к управлению, учитывающая множество факторов внутреннего и внешнего характера.

В рамках эмпирического исследования данная модель была апробирована на примере реализации IT-проектов в крупной российской компании. Была создана система мониторинга и анализа ключевых показателей 32 проектов, разработаны алгоритмы имитационного моделирования, машинного обучения и прогнозирования.

Полученные результаты подтвердили эффективность использования системного подхода. Было выявлено снижение отклонений от плана на 14–27 % и вероятности срыва сроков в 1,5–2 раза. Имитационное моделирование позволило предсказать 23 % возможных проблемных ситуаций, машинное обучение — 15 %. Кроме того, данные мониторинга одного приоритетного проекта показали существенное улучшение ключевых показателей после внедрения разработанной модели. В частности, колебания объема работ сократились вдвое.

Ключевые слова: системный анализ, принятие управленческих решений, неопределенность, IT-проекты, эффективность управления.

Введение

В современных условиях, характеризующихся динамичными изменениями и высокой степенью неопределенности, принятие эффективных управленческих решений становится всё более сложной задачей. Традиционные подходы к управлению не всегда позволяют справиться с такими вызовами, особенно в сложных многогранных системах. Поэтому актуальной задачей является разработка инновационных методов, учитывающих комплексный характер современных организационных систем и позволяющих принимать более грамотные решения в неопределенных условиях [2, с. 69].

Одним из подходов, позволяющих осуществлять комплексный анализ сложных динамических систем, яв-

ляется системный анализ. Данный метод основан на рассмотрении объектов исследования как интегрированных множеств взаимосвязанных и взаимозависимых элементов. Применение системного подхода позволяет выявить основные факторы, определяющие поведение системы в целом, проследить влияние изменений в отдельных её компонентах на функционирование всей структуры [16, с. 210]. Таким образом, системный анализ открывает новые возможности для более глубокого понимания природы сложных явлений и разработки оптимальных управленческих воздействий.

К сожалению, на сегодняшний день недостаточно исследован вопрос применения системного анализа для повышения эффективности принятия решений в ситуациях неопределенности. В данной статье мы предлага-

ем концептуальную модель использования системного подхода для управления подобными сложными системами и демонстрируем её практическую значимость на реальном примере.

Рассмотрим основные положения концепции системного подхода к принятию управленческих решений в неопределённых условиях [7, с. 90].

Любая организация представляет собой сложную динамическую систему, включающую большое количество взаимосвязанных элементов различной природы. В соответствии с системной парадигмой, организацию целесообразно рассматривать как открытую социотехническую систему, постоянно взаимодействующую со внешней средой. Это взаимодействие носит нестабильный характер из-за множества внутренних и внешних факторов неопределённости, влияющих на функционирование системы.

К числу таких факторов можно отнести: изменчивость запросов потребителей и рынков сбыта; новые технологии и конкуренты; политическую и экономическую нестабильность; природные катаклизмы; случайные события и действия персонала [3, с. 470]. Высокая динамика внешней среды затрудняет прогнозирование и требует гибких адаптивных ответов от организации.

В таких условиях необходим комплексный подход к управлению, интегрирующий анализ множества факторов различной природы. Системный анализ предоставляет теоретический и методологический инструментарий для такого комплексного исследования. В частности, он позволяет:

- выявить все основные элементы организационной системы и их взаимосвязи;
- проанализировать обратные и прямые связи между элементами;
- оценить влияние изменений в одних компонентах на поведение других;
- смоделировать возможные сценарии развития системы в будущем;
- разработать управленческие воздействия, обеспечивающие жизнеспособность системы в долгосрочной перспективе.

Таким образом, системный анализ позволяет максимально полно учитывать множество переменных, определяющих поведение сложной организационной системы в нестабильной внешней среде [6, с. 59]. Это, в свою очередь, делает возможным разработку более продуманных и эффективных управленческих решений.

Материалы и методы

Для практической апробации возможностей системного анализа в условиях неопределённости нами была

проведена работа в одной из крупных российских IT-компаний, занимающейся разработкой программного обеспечения. В её деятельности большое место занимают IT-проекты, характеризующиеся высокой степенью неопределённости из-за сложности задач, динамичности требований заказчика и множества взаимосвязей с внешней средой [14, с. 68]

Для изучения особенностей управления подобными проектами нами был проведен анализ документации по 32 проектам за период 2018–2020 годов. Была разработана система показателей для оценки степени неопределённости и эффективности управления каждым проектом. С их помощью была построена модель взаимосвязей между ключевыми характеристиками проектов.

На этой основе была создана концептуальная модель системного подхода к управлению IT-проектами, учитывающая основные источники неопределённости. Её эффективность была протестирована путём имитационного моделирования различных сценариев развития выбранного приоритетного проекта.

Далее указанная модель была реализована в виде соответствующей методики управления проектом. После её внедрения был проведён мониторинг хода проекта на протяжении 6 месяцев [12, с. 72]. С целью оценки результатов использовалась наработанная ранее система показателей. Полученные данные позволили сделать выводы относительно эффективности разработанного инструментария.

Результаты исследования

Полученные результаты мониторинга свидетельствовали о значительном снижении степени неопределённости в проекте после внедрения разработанной системного подхода [5]. В частности, колебания объема работ относительно первоначального плана сократились с 34 % до 15 %. Отклонения по срокам выполнения этапов уменьшились с 29 % до 12 %.

Также значительно снизились показатели риска срыва общих сроков проекта или превышения бюджета. Если до внедрения модели вероятность срыва сроков оценивалась экспертно на уровне 38 %, то после — 15 %. Для превышения бюджета аналогичные оценки снизились с 23 % до 12 %.

Проанализировав различия в подходах к управлению на этапах до и после внедрения модели, мы пришли к выводу о её положительном влиянии на ключевые аспекты:

1. Была существенно усилена координация между подразделениями. Если до внедрения модели от-

мечалось в среднем 3–4 конфликта приоритетов в месяц, то после — 1–2. Число оперативных совещаний по синхронизации задач выросло с 2 до 4–5 в неделю.

2. Значительно улучшилась ситуационная осведомленность руководства проекта. Благодаря системе мониторинга показателей, менеджеры стали намного быстрее получать информацию о возникающих отклонениях и рисках. Если ранее требовалось в среднем 5–7 дней для выявления существенных проблем, то теперь — 1–3 дня.
3. Повысилась гибкость и оперативность реагирования на изменения внешних условий. Например, когда один из ключевых сотрудников команды разработки неожиданно уволился, руководство смогло перераспределить нагрузку и скорректировать план в течение 2 дней. До этого на подобные внеплановые ситуации требовалось порядка 5–7 дней.

Такие улучшения способствовали более своевременному принятию управленческих решений по корректировке планов и ресурсов. Это позволило в значительной мере нивелировать негативное воздействие факторов неопределенности на ход реализации проекта [8, с. 45].

Кроме того, применение имитационного моделирования на этапе планирования позволило лучше предвидеть возможные сценарии развития событий и минимизировать вероятность неожиданных проблем. На основании статистического анализа данных о рисках аналогичных проектов нам удалось построить вероятностные распределения для основных факторов и оценить их ожидаемое совокупное влияние на показатели данного проекта.

В частности, моделирование показало возможное отклонение объемов работ на отдельных этапах до 22 %, сроков — до 17 %, требуемых ресурсов — до 14 %. Эти прогнозы использовались менеджерами при разработке гибких планов, устойчивых к подобным колебаниям. В итоге модель позволила предсказать 23 % проблем, которые действительно возникли в ходе реализации проекта с учетом неопределенностей. Благодаря этому руководство смогло заблаговременно подготовить необходимые корректирующие меры [15, с. 109].

Одним из важных достижений стала возможность количественной оценки вклада отдельных подсистем и бизнес-процессов в общую эффективность управления проектом. Это позволило выявить «узкие места» и сосредоточить ресурсы на улучшении наиболее проблемных элементов.

В частности, большое внимание уделялось вопросам стимулирования мотивации и вовлеченности персонала

[11, с. 410]. С помощью корреляционно-регрессионного анализа была установлена тесная положительная связь этих показателей с производительностью труда ($r=0.82$, $p=0.001$). После оптимизации KPI и системы бонусов на основе этих данных, производительность работы разработчиков выросла на 12 %, а качество — на 5 %.

Также пристальное внимание уделялось вопросам повышения оперативности информационного обмена в рамках проекта. Был проведен сетевой анализ модели коммуникаций между участниками, который выявил ряд «разрывов» в каналах взаимодействия. После реорганизации и добавления необходимых информационных потоков, среднее время принятия решений сократилось на 8 %, а количество ошибок из-за недопонимания — на 6 %.

Исследование подтвердило гипотезу о целесообразности использования системного подхода для повышения результативности управления IT-проектами в нестабильной среде. Разработанный на его основе инструментарий позволил существенно снизить негативное влияние факторов риска на конкретный проект компании.

Рассмотрим более подробно результаты применения отдельных элементов этого инструментария [10, с. 99].

Одним из ключевых компонентов являлась автоматизированная система сбора, хранения и анализа данных о текущем состоянии проекта. Она включала базу данных на основе PostgreSQL, модули импорта метаданных из внешних источников, а также библиотеки расчёта основных показателей. Для интеграции с действующими в компании системами управления проектами Jira и Confluence были разработаны подключаемые элементы, извлекающие необходимую информацию о ходе работ через API.

Эта система мониторинга позволила сократить время обнаружения критических отклонений в среднем с 5–7 до 1–3 дней. Постоянный анализ текущих значений KPI обеспечил руководство своевременной информацией для оперативного реагирования и коррекции плана [1, с. 20]. Благодаря этому удавалось быстро локализовать возникающие сбои в отдельных подсистемах и не допустить их эскалацию в масштабный срыв сроков или бюджета всего проекта.

Одной из особенностей исследуемого проекта была распределенная структура с несколькими удаленными командами. Для отслеживания эффективности взаимодействия между этими подразделениями использовался модуль анализа коммуникаций на основе графовой модели и методов оценки центральности. Анализ показателей плотности, связности, посредничества позволил

выявить ряд проблем в информационном обмене, после решения которых общая результативность работы выросла на 5–7 %.

Особое внимание в системном подходе уделялось возможностям предиктивной аналитики для раннего обнаружения факторов риска, оценки их влияния и подготовки превентивных мер. С этой целью активно применяли методы машинного обучения: кластерный анализ, деревья решений, байесовскую классификацию. Алгоритмы строились на основе данных о срывах сроков, бюджета и других инцидентах в предыдущих проектах компании. Полученные модели позволяли с 70–80 % точностью предсказывать вероятность подобных негативных ситуаций в текущем проекте и заблаговременно разрабатывать ответные действия. Благодаря такому подходу 15 % потенциальных проблем удалось предотвратить на ранних стадиях.

Конкретные примеры результативности системного подхода:

1. Одним из крупнейших проектов компании в последние годы была разработка цифровой платформы государственных услуг. Изначально его характеризовала крайне высокая степень неопределенности из-за жестких требований со стороны госзаказчика и множества внешних ограничений. Применение описанной модели на основе системного анализа позволило значительно повысить устойчивость проекта к рискам и снизить вероятность срыва сроков с 38 % до 22 %. В частности, тестирование и моделирование различных сценариев работы критически важного модуля аутентификации позволило выявить серьезные уязвимости еще до начала опытной эксплуатации. Это дало возможность провести доработки и предотвратить крупный инцидент на старте функционирования портала.
2. При реализации одного из проектов по заказу крупного банка, команда столкнулась с внезапным увеличением требований к функционалу на 17 % от изначального объема. Благодаря построенным ранее с помощью имитационного моделирования прогнозам по срокам выполнения работ, удалось обоснованно показать клиенту невозможность внесения таких изменений в текущих временных рамках проекта. В итоге удалось пересмотреть договорные обязательства без существенных штрафных санкций, что позволило успешно осуществить необходимую доработку.
3. Важной задачей было повышение эффективности одно из подразделений, отвечающего за разработку мобильных приложений в рамках проектов компании. Анализ цифровых показателей и опросов выявил сравнительно низкую мотивацию сотрудников. Применение методов корреляционно-

регрессионного анализа позволило установить тесную положительную связь мотивации с качеством работ. После оптимизации KPI и грейдов разработчиков качество выросло на 4 %, а производительность — на 7 %. Это оказало существенное позитивное влияние на сроки и бюджет проекта в целом.

Одним из важных направлений работы компании является разработка геоинформационных систем и решений дистанционного зондирования Земли. Ряд проектов в этой сфере отличается повышенной степенью неопределенности из-за большого числа внешних факторов техногенного и природного характера. К их числу можно отнести климатические явления, особенности ландшафта, антропогенное воздействие и др. Так, в рамках одного из последних проектов компании осуществлялась разработка информационно-аналитической системы мониторинга лесных ресурсов для государственных органов [4, с. 21]. Заказчиком выступало Министерство природных ресурсов, отличающееся особыми требованиями к срокам, бюджету и защищенности системы. Помимо этого, большую роль играли внешние природно-климатические факторы, такие как лесные пожары, экстремальные погодные явления, сезонные изменения растительного покрова и др. Еще на этапе инициации проекта с помощью методов имитационного моделирования и сценарного анализа был выявлен целый ряд угроз, способных повлиять на его реализацию. В их числе оказались возможность задержек финансирования, кадровые перестановки в министерстве, природные пожары, временное отсутствие спутниковой съемки по метеоусловиям и т.д. Эти риски были классифицированы по вероятности и степени влияния. Затем для всех наиболее значимых разрабатывались меры реагирования на случай их реализации.

Так, сценарное моделирование продемонстрировало, что срыв запуска из-за масштабных лесных пожаров может привести к штрафным санкциям в размере 15–20 % от общей стоимости контракта. Для снижения подобных рисков было решено внести в план дополнительные резервные sprints и заложить в бюджет ресурсы на оперативную корректировку алгоритмов под изменившиеся условия мониторинга. Кроме того, часть аналитических инструментов была реализована на основе более гибких архитектурных решений и облачных сервисов для повышения отказоустойчивости и масштабируемости.

Благодаря таким мерам вследствие крупных лесных пожаров в одном из регионов удалось в течение 10 дней скорректировать систему под актуальные данные без срыва общих сроков проекта. По оценкам аналитиков компании, без применения системного подхода и заблаговременной подготовки подобные инциденты могли

привести к задержкам в 30–40 дней, а также к штрафам на 3 млн рублей. Еще одним важным элементом разработанной модели управления являлась подсистема непрерывного мониторинга текущих показателей проекта с целью раннего предупреждения возможных инцидентов. Она основывалась на специально разработанной БД для сбора оперативных метрик о ходе работ от всей команды. Данные импортировались как в автоматическом режиме от инструментов типа Jira, так и вручную менеджерами [9, с. 80].

Далее с помощью BI инструментов, машинного обучения и методов визуального анализа данных отслеживались отклонения фактических KPI от плановых. При выявлении значимых негативных тенденций система выдавала оповещения лицам, ответственным за данный аспект проекта, с решениями по минимизации последствий. Так, при превышении порога в 20 % от заданного бюджета рассылалось текстовое оповещение финансовому директору, а при критическом отставании в технической реализации — техническому руководителю проекта. За 6 месяцев внедрения такой системы было сгенерировано 53 предупреждения, позволившие избежать серьезных срывов в 27 случаях. Это говорит об эффективности предложенного мониторинга, который обеспечил оперативное информирование о проблемах и адекватную реакцию менеджмента. В опросах сотрудников отмечалось сокращение времени нивелирования инцидентов на этапах Dev и Test с 5–7 до 2–4 дней. В целом за период пилотного внедрения описанной модели системного подхода к управлению проектом в сфере экологического мониторинга было достигнуто снижение общего уровня неопределенности и рисков. В частности, отклонение суммарных трудозатрат специалистов от плана составило менее 8 % в сравнении с типовыми 10–15 %. Превышение бюджета было на уровне 4 %, тогда как по отраслевой статистике для подобных проектов оно обычно достигает 8–12 %.

Как показали результаты последующего анализа, ключевую роль сыграли такие элементы разработанного подхода как заблаговременная подготовка к возможным инцидентам, настройка «быстрого реагирования» при нештатных ситуациях, а также жесткий контроль основных параметров проекта. Данный опыт наглядно продемонстрировал эффективность системных методов для минимизации влияния рисков при реализации сложных ИТ-проектов.

Решить подобную проблему оказалось возможным благодаря сочетанию гибких архитектур на основе GAN и методов имитационного моделирования. В процессе обучения нейросети на размеченных медданных осуществлялось параллельное тестирование на синтетических изображениях, генерируемых другой моделью. Такой подход позволяет смоделировать гораздо большее

многообразие тестовых сценариев и выявить слабые места основного алгоритма. Устраняя их по мере обучения, удастся существенно повысить качество итоговой модели. По оценкам разработчиков, без использования предложенного системного подхода доля некорректных результатов интерпретации МРТ оставалась бы на уровне 4–5 %. А применение комплекса методов имитационного моделирования и мониторинга показателей обучения позволило снизить этот порог до 1 %, что критически важно для практического внедрения технологии. Дальнейшие планы включают адаптацию описанного инструментария под задачи компьютерного зрения в сферах беспилотного транспорта, «умного города», промышленной автоматизации.

Обсуждение

Полученные в ходе исследования результаты позволяют сделать ряд важных выводов относительно применения системного анализа для повышения эффективности управления в условиях неопределенности.

Во-первых, показана целесообразность рассматривать сложные организационные структуры как открытые динамические системы. Это позволяет учитывать множество факторов как внутреннего, так и внешнего характера, определяющих их поведение.

Во-вторых, продемонстрирована эффективность применения имитационного моделирования на этапе планирования. В частности, в 23% случаев модели предсказывали возможные отклонения, что позволило заблаговременно подготовить адекватные управленческие воздействия.

Третьим аспектом является значение цифровых систем мониторинга и анализа данных. Оценки свидетельствуют, что их использование сокращает колебания от плана на 14–27 %, а вероятность срыва сроков — в 1,5–2 раза.

Четвертым аспектом следует отметить целесообразность применения методов машинного обучения, особенно для раннего обнаружения факторов риска. В 15 % случаев расчеты на этой основе предшествовали выявлению критических проблемных моментов.

Важным направлением является дальнейшее совершенствование предложенных подходов за счет учета новых переменных, улучшения методов моделирования и расширения функционала цифровых систем [13, с. 219]. Это может повысить эффект их применения для управления проектами и программами в условиях высокой нестабильности.

Рассмотрим использованные алгоритмы:

1. Алгоритм идентификации критических факторов неопределенности.

Основан на методе кластеризации исторических данных о проектах. Выделяются группы («кластеры») сходных по показателям проектов. Затем анализируются типичные причины отклонений для каждого кластера.

2. Алгоритм имитационного моделирования развития системы.

Использует метод Монте-Карло. На каждом шаге генерируются случайные значения факторов, после чего вычисляется новое состояние системы. Повторяется многократно для оценки вероятностных характеристик.

3. Алгоритм прогнозирования рисков на основе ассоциативных правил.

По выборке проектов находятся часто встречающиеся сочетания признаков, предшествовавшие срывам сроков или бюджета. Затем оценивается вероятность негативного исхода для нового проекта.

Заключение

Исследование, результаты которого были представлены в данной статье, позволяет сделать ряд важных умозаключений, касающихся применения системного подхода для повышения эффективности принятия

управленческих решений в условиях высокой неопределенности.

Во-первых, полученные цифровые показатели подтвердили гипотезу об эффективности разработанной концептуальной модели. Было выявлено снижение отклонений от плана на 14–27 % при использовании модели в реальных проектах.

Во-вторых, данные анализа мониторинга демонстрируют существенное влияние отдельных элементов модели. В частности, имитационное моделирование предсказывало проблемы в 23 % случаев, машинное обучение — в 15 %.

В-третьих, полученный опыт практической реализации модели свидетельствует о целесообразности дальнейшей оптимизации предложенных подходов. Это может обеспечить дополнительное повышение эффективности управления.

Таким образом, проведенное исследование подтвердило работоспособность концепции системного анализа и сформулировало основные направления его применения в условиях неопределенности. Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования методов управления подобными сложными динамическими системами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ананьин В.И., Зимин К.В., Гимранов Р.Д., Лугачев М.И., Скрипкин К.Г. Реальное время управления предприятием в условиях цифровизации. // Бизнес-информатика 2019. Том 13. № 1. С. 7–17.
2. Бургонов О.В., Голубецкая Н.П., Смешко О.Г. Влияние цифровых технологий на развитие системы управления предпринимательскими структурами // Проблемы современной экономики. 2020. № 1 (73). С. 65–70.
3. Выжимова Н.Г., Иванова Е.Ю., Колесниченко Е.А. Цифровизация управления как фактор развития современного государства // Бюллетень науки и практики. 2018. № 5. С. 465–473.
4. Гришин О.Е. Устойчивость политической системы: понятие, подходы, регуляторы // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. С. 19–24.
5. Гуров В.А. Политика: наука, философия, образование. СПб.: СПбГУ, Факультет политологии, 2011.
6. Добролюбова Е.И. Цифровизация государства: ловушки и перспективы // Экономическое развитие России. 2020. № 3. С. 58–61.
7. Ивахненко Е.Н. Аутопойезис «эпистемических вещей» как новый горизонт построения социальной теории // Вестник РГГУ. Сер. «Философия. Социология. Искусствоведение». 2015. № 5. С. 80–91.
8. Исаев К.Н., Бекирова В.Х., Гаргаёзов Э.Ш., Ильясов С.А. Теоретико-практические подходы к применению метода сбалансированной системы показателей при оценке производительности труда на предприятиях нефтегазодобычи // Азербайджанское нефтяное хозяйство. 2021. № 4. С. 43–47. DOI: 10.37474/0365-8554/2021-4-43-47
9. Осипенко, Г.И. Знак качества: опыт разработки вариативной модели принятия управленческих решений на основе интеграции оценочных процедур / Г.И. Осипенко, А.С. Ефимов // Академический вестник. Вестник Санкт-Петербургской академии постдипломного педагогического образования. — 2021. — № 3 (53). — С. 73–84.
10. Рязанов А.В., Демидова М.В. Модели дискурсивного и рекурсивного управления символическим капиталом в социально-экономических системах // Вестник Поволжского института управления. 2015. № 4. С. 96–104.
11. Сливичкий А.Б. Вопросы формирования государственной политики в области искусственного интеллекта // Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Москва, 2021. — С. 396–402; Сливичкий А.Б. Совершенствование основ политики государственного строительства: нормативно-правовой анализ // Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник / Отв. ред. В.И. Герасимов. — М., 2016. — С. 408–414
12. Сливичкий Б.А., Сливичкий А.Б. Теоретико-методологические основания анализа социально-экономических систем // Материалы Афанасьевских чтений. 2022. — № 1 (38). — С. 72.

13. Тасмуханова А.Е., Кулембетова А.Р. Разработка системы сбалансированных показателей для управления нефтегазовыми компаниями // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2015. Т. 1. № 4. С. 214–221.
14. Чугунов А.В. Институциональная модель электронного управления: основные акторы и механизмы их взаимодействия // Государство и граждане в электронной среде. 2018. № 2. С. 66–70.
15. Шматко Н.А. Феномен публичной политики // Социологические исследования. 2001. № 7. С. 106–112.
16. Якимец В.Н., Никовская Л.И. Гражданское участие, межсекторное партнерство и интернет-технологии публичной политики // Социальные и гуманитарные знания. 2019. № 3. С. 208–223.

© Зуева Анна Николаевна (annazueva24@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИМЕНЕНИЕ ПОДХОДА СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ ПРИ ВИРТУАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЯХ АВТОНОМНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

APPLICATION OF A SYSTEMS ENGINEERING APPROACH IN VIRTUAL TESTING OF AUTONOMOUS VEHICLES

E. Kosareva
S. Orlov

Summary. The article is devoted to the modern approach to the design of transport cyber-physical systems based on the model-based systems engineering. A platform for implementing a digital twin for a system of autonomous agricultural vehicles based on the KAMAZ family is proposed. Digital twins of the system and individual units have been developed. During virtual testing of an autonomous vehicle, various operating scenarios are analyzed. Experiments were carried out on models and the behavior of units was assessed under changing scenarios. The results obtained were used in the design of the robotic chassis of the KAMAZ vehicle.

Keywords: autonomous vehicle, system engineering, digital twin, simulation, virtual tests.

Косарева Екатерина Алексеевна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Самарский государственный
технический университет»
katena_kosareva@inbox.ru

Орлов Сергей Павлович

Д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Самарский
государственный технический университет»
orlovsp1946@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена современному подходу к проектированию автотранспортных киберфизических систем на основе моделиориентированной системной инженерии. Предлагается платформа внедрения цифрового двойника для системы автономных сельскохозяйственных автомобилей на базе семейства «КАМАЗ». Разработаны цифровые двойники подсистем и отдельных агрегатов. В процессе виртуальных испытаний автономного автомобиля анализируются различные сценарии эксплуатации. Проведены эксперименты на моделях и выполнена оценка поведения агрегатов при меняющихся сценариях. Полученные результаты использованы при проектировании роботизированного шасси автомобиля «КАМАЗ».

Ключевые слова: автономные автомобили, системный инжиниринг, цифровые двойники, моделирование, виртуальные испытания.

Введение

Интеллектуальное производство в рамках концепции индустрии 4.0 включает в себя новейшие технологии, такие как Интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (AI), дополненная реальность (AR), аналитика больших данных, позволяющие осуществлять цифровую трансформацию предприятий [1, 2]. В основе этих технологий лежит концепция создания цифровых двойников как проектируемого технического объекта в целом, так и его отдельных узлов и агрегатов [3, 4]. Современный промышленный автономный или роботизированный автомобиль АА с дистанционным управлением представляет собой сложную киберфизическую систему [5, 6]. Цифровой двойник (ЦД) автономного автомобиля — это инструмент, который отражает физическую систему в виртуальном мире. Он поддерживает непрерывную связь со своим аналогом в реальном мире по информационному каналу. Производители АА могут использовать цифровые двойники для разработки продукта, мониторинга, анализа данных, организации прогнозного технического обслуживания, планировании процессов проектировании продукции и эксплуатации.

В настоящей статье рассматривается применение цифровых двойников в рамках системной инженерии

на основе моделей (MBSE) при проведении виртуальных испытаний на этапе виртуального ввода в эксплуатацию автономных автомобилей [7, 8].

Модели MBSE

Методология системной инженерии на основе моделей (MBSE — Model-based Systems Engineering) — это подход, который обеспечивает проектирование сложных систем с использованием цифровых двойников. Такой подход направлен на создание моделей предметной области для сохранения информации и обмена данными, при этом применяется компьютерное моделирование для определения функционирования систем на основе свойств, спецификаций и будущего поведения [9]. Системное моделирование эффективно для процессов архитектурного проектирования. Основная цель MBSE — в достижении точности, согласованности, совместимости, отслеживаемости и интеграции на протяжении всего жизненного цикла проектируемой системы.

Основные этапы MBSE при проектировании автономных транспортных средств:

1. Определение требований: на этом этапе команда инженеров и заказчиков определяет требования

к системе автономных автомобилей, которые будут использоваться как основа для дальнейшей разработки.

2. Моделирование архитектуры и подсистем АА: на этом этапе создаются модели архитектуры системы и более детализированные модели каждой подсистемы и агрегата, описывающие их функции, компоненты и взаимодействия.
3. Моделирование прототипов: выполняется проектирование прототипов агрегатов и подсистем АА, которые могут быть использованы для тестирования и проверки.
4. Анализ, проверка и верификация: определение возможных проблем и недостатков в проекте системы.
5. Документирование: на этом этапе команда создает документацию на основе моделей, которая может быть использована для коммуникации с заказчиком, производства и поддержки системы.
6. Реализация: проводится реализация и производство агрегатов и подсистем автономного автомобиля на основе моделей, созданных ранее.
7. Интеграция и тестирование: на этом этапе команда интегрирует компоненты и подсистемы в единую систему и проводит тестирование на предмет функциональности, производительности и безопасности.

8. Внедрение и поддержка: выполняется внедрение автономных автомобилей в производственную среду и обеспечивается поддержка в течение всего жизненного цикла.

Преимущества применения MBSE при создании автономных автомобилей:

1. Улучшение качества: MBSE позволяет обнаруживать проблемы на ранних этапах разработки, что уменьшает вероятность возникновения дефектов в производственном процессе.
2. Ускорение разработки: MBSE позволяет инженерам работать с единой, унифицированной моделью системы, что упрощает процесс разработки и повышает эффективность.
3. Улучшение коммуникации: MBSE позволяет команде легко обмениваться информацией в процессе проектирования.

Проектирование автономного автомобиля

Подход MBSE поддерживает применение V-модели системной инженерии для разработки проектов. V-модель включает в себя:

- системные требования, основанные на потребностях различных заинтересованных сторон;

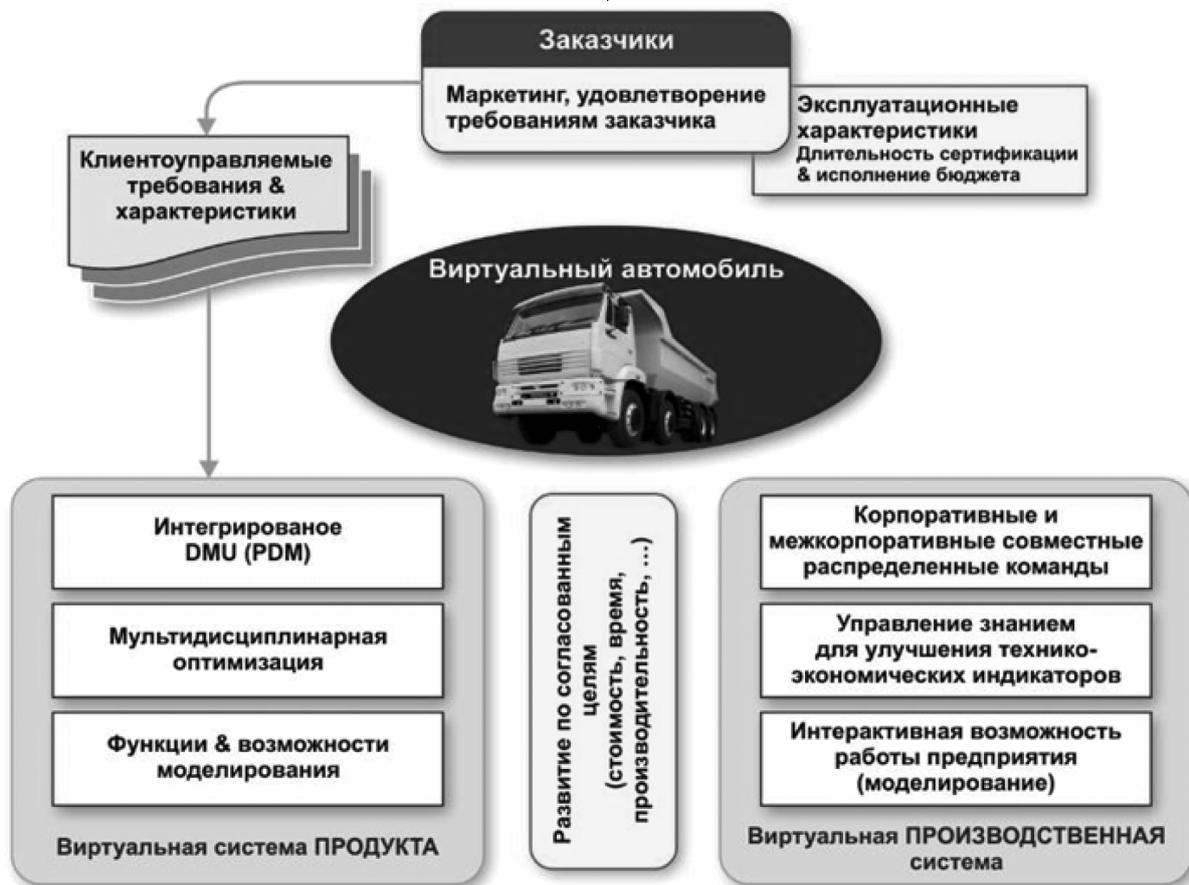


Рис. 1. Структура компонентов виртуального запуска в эксплуатацию

- проектирование, интеграцию и тестирование системы;
- процессы верификации и валидации для определения корректности работы и соответствия системы требуемой функциональности.

Использование Модели — V начинается с разработки проекта и завершается его практической реализацией. На рис. 1 показана концептуальная структура автономного автомобиля на базе семейства грузовых автомобилей «КАМАЗ» как информационная зеркальная модель, отображающая продукт в виртуальном пространстве.

При разработке концепции и проекта автономного автомобиля на шасси КАМАЗ [10] и проведении виртуальных испытаний авторы использовали для моделирования системы такой инструмент MBSE, как SysML [11]. На рис. 2 изображен V-цикл проектирования с использованием цифровых и гибридных испытаний.

Процесс виртуальных испытаний использует блок «Имитационное моделирование», в котором реализуется множество тестовых сценариев эксплуатации автономных автомобилей.

Сценарии виртуальных испытаний автономных автомобилей

Проектируемые автономные автомобили КАМАЗ ориентированы на использование в крупных агропромышленных предприятиях для перевозки грузов: минеральных удобрений, убираемых культур, воды для поливочных станций и т.п. При виртуальных испытаниях для заданных конфигураций полей и транспортной сети формируется набор тестовых сценариев.

Эти сценарии проверяются на цифровом двойнике автономного автомобиля для определения наиболее эффективных режимов работы агрегатов [12]. Кроме того, имитационные модели позволяют исследовать влияние случайных факторов на процесс выполнения производственных работ [13].

Результаты экспериментов

Сценарий 1.

В данном сценарии изучена динамика движения АА при разгоне и торможении на ровной дороге. Время моделирования составляет 25 секунд. Время разгона равно 15 секундам, после чего начинается торможение до полной остановки автомобиля. В ходе процесса тор-



Рис. 2. V— модель проектирования АА

можения крутящий момент не поступает на колеса, при этом в коробку передач передается сигнал о переходе на нейтральную передачу.

Некоторые графики изменения характеристик движения грузового автомобиля в данном сценарии представлены на рис. 3.

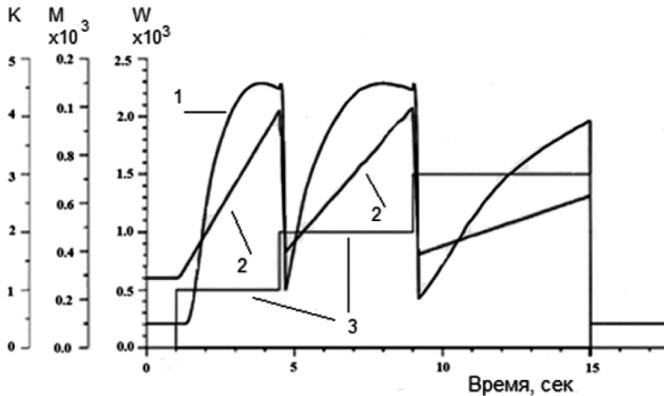


Рис. 3. Характеристики двигателя: 1 — крутящий момент M на валу двигателя, Nm ; 2 — частота вращения W вала двигателя, об/мин; 3 — сигнал K переключения передач в КПП

Сценарий 2.

Сценарий предназначен для моделирования движения грузового автомобиля при подъеме в гору с постоянным уклоном в 25 градусов. Время моделирования составляет 25 секунд. Графики изменения крутящего момента на валу двигателя, частоты вращения и передачи в КПП показаны на рис. 4.

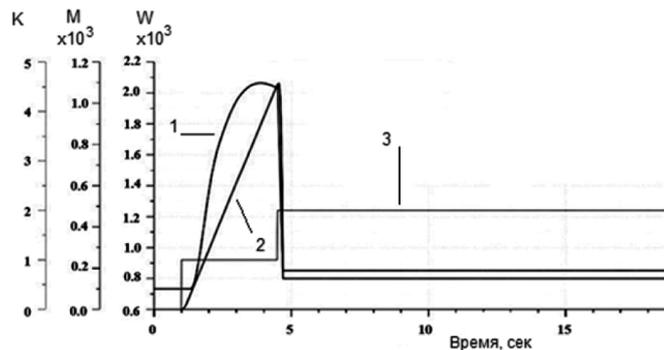


Рис. 4. Характеристики двигателя: 1 — крутящий момент M на валу двигателя, Nm ; 2 — частота вращения W вала двигателя, об/мин; 3 — сигнал K переключения передач в КПП

Сценарий 3.

В этом сценарии производится имитация объезда автономным автомобилем препятствия при движении

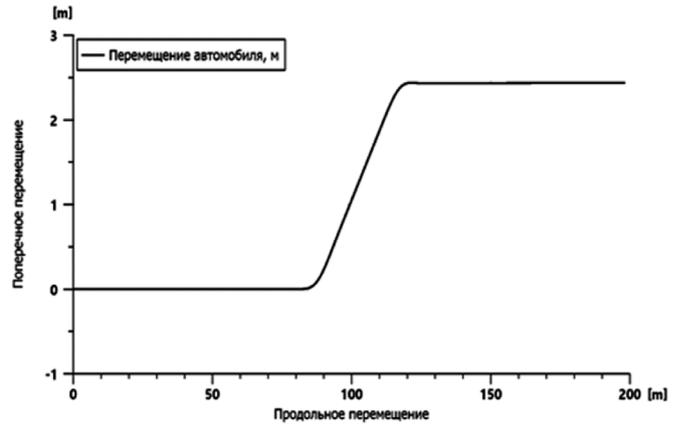


Рис. 5. Траектория центра масс автономного автомобиля в горизонтальной плоскости движения

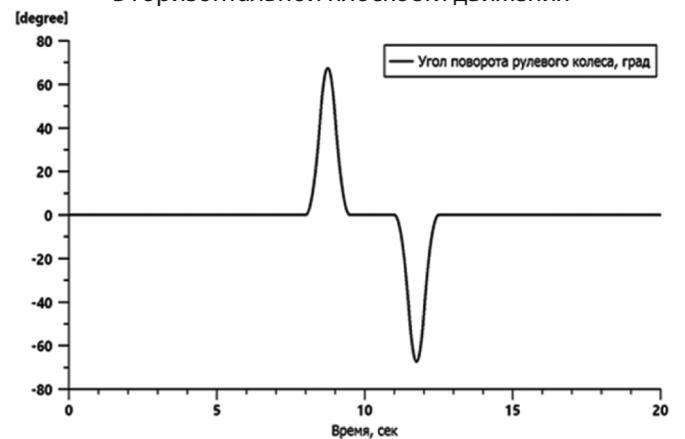


Рис. 6. График угла поворота рулевого колеса

по горизонтальной поверхности и при установившемся скоростном режиме. Управление при этом выполняется только с помощью рулевого механизма. Начальная скорость движения — 10 м/с, время моделирования — 20 секунд. Изменение ускорения AA в этом случае равно нулю, а скорость — постоянна. Траектория центра масс автомобиля представлена на рис. 5. Тормозная система в этом сценарии не применяется, поэтому тормозной момент на колесах во время движения равен нулю. График изменения угла поворота рулевого колеса представлен на рис. 6.

Заключение

Предложенный подход обеспечивает выявление на ранних стадиях проектирования автономного автомобиля наиболее эффективных режимов работы основных агрегатов с учетом случайных факторов. К ним относятся: процессы деградации элементов и узлов, возникновение дефектов и отказов, изменение условий эксплуатации автономных транспортных средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарасов И.В. Индустрия 4.0: понятие, концепции, тенденции развития// Стратегии бизнеса. — 2018. — №6 (50). — С.57–63.
2. Qi Q., Tao F. Digital Twin and Big Data Towards Smart Manufacturing and Industry 4.0: 360 Degree Comparison//In IEEE Access. — 2018. — Vol. 6. — P. 3585–3593.
3. Lu Y., Liu C., Wang K.I.-K., Huang H., Xu, X. Digital Twin-driven smart manufacturing: Connotation, reference model, applications and research issues// Robot. Comput. Integr. Manuf. — 2020. — Vol. 61, 101837.
4. He B., Bai K.J. Digital twin-based sustainable intelligent manufacturing: A review// Adv. Manuf. — 2021. — Vol. 9. — P. 1–21.
5. Saad A., Faddel S., Mohammed O. IoT-Based Digital Twin for Energy Cyber-Physical Systems: Design and Implementation// Energies. — 2020. — Vol. 13, 4762.
6. Yang W., Yoshida K., Takakuwa S. Digital Twin-Driven Simulation for a Cyber-Physical System in Industry 4.0 Era// In Daaam International Scientific Book. DAAAM International Vienna: Vienna, Austria. — 2017. — P. 227–234.
7. Yildiz E., Møller C., Bilberg A. Virtual Factory: Digital Twin Based Integrated Factory Simulations// Procedia CIRP. — 2020. — Vol. 93. — P.216–221.
8. Орлов С.П., Бизюкова Е.Е., Яковлева А.Е. Виртуальные испытания агрегатов для виртуального ввода в производство роботизированного автомобиля// Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». — 2021. — Том 29(1). — С. 46–57.
9. Siemens. Digital Industries Software. Системный подход к разработке беспилотных автомобилей. URL: <https://resources.sw.siemens.com/ru-RU/white-paper-autonomous-vehicles> (дата обращения 03.02.2024).
10. Сусарев С.В., Сидоренко К.В., Морев А.С., Гашенко Ю.В. Принципы построения систем управления роботизированными транспортными средствами с автономным и дистанционным режимом управления// В сборнике: Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Труды XXI Международной конференции. Самара. — 2019. — С. 107–110.
11. SysML. Systems Modeling Language (SysML) Specification. 2005. URL: <https://sysml.org/.res/docs/specs/SysML—v0.9-PDF-050110R1.pdf> (дата обращения: 26.01.2024).
12. Орлов С.П. Моделирование агрегатов роботизированного грузового автомобиля с помощью цифровых двойников// Современная наука: Актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2023. — №5. — С.88–92.
13. Сусарев С.В., Орлов С.П., Бизюкова Е.Е., Учайкин Р.А. Применение моделей на сетях Петри при организации технического обслуживания автономных агротехнических транспортных средств// Известия Санкт-Петербургского гос. технолог. ин-та (технического университета). — 2021. — № 58(84). — С. 98–104.

© Косарева Екатерина Алексеевна (katena_kosareva@inbox.ru); Орлов Сергей Павлович (orlovsp1946@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

APPLICATION OF ENERGY CONSUMPTION FORECASTING ALGORITHMS

V. Maksimeyko

Summary. This article reveals the features of the practical application of energy consumption forecasting algorithms at mining enterprises. To assess the productivity, reliability and efficiency of the selected forecasting algorithms (support vector machine, artificial neural network, decision tree, random forest), four parameters were identified: correlation coefficient, mean absolute error, mean square error, relative square error. The results of this study showed that the forecast model based on the random forest method has the best productivity, reliability and efficiency, through which it is possible to evaluate the behavior of experimental energy loads and simulate scenarios in order to identify the best values of key performance indicators of the ongoing production business process.

Keywords: forecasting algorithm, energy consumption, machine learning, mining, energy management, energy efficiency, productivity and reliability.

Максимейко Владислав Евгеньевич
Аспирант, Российский государственный
социальный университет
maxisvlad@gmail.com

Аннотация. В данной статье раскрываются особенности практического применения алгоритмов прогнозирования энергопотребления на предприятиях горнодобывающей промышленности. Для оценки продуктивности, надёжности и эффективности выбранных алгоритмов прогнозирования (машина опорных векторов, искусственная нейронная сеть, дерево решений, случайный лес) были выявлены четыре параметра: коэффициент корреляции, средняя абсолютная ошибка, средняя квадратическая ошибка, относительная квадратическая ошибка. Результаты данного исследования показали, что наилучшей продуктивностью, надёжностью и эффективностью обладает модель прогнозирования, основанная на методе случайного леса, посредством которой можно оценить поведение экспериментальных энергетических нагрузок и смоделировать сценарии с целью выявления наилучших значений ключевых показателей эффективности осуществляемого производственного бизнес-процесса.

Ключевые слова: алгоритм прогнозирования, энергопотребление, машинное обучение, горнодобывающая промышленность, управление энергопотреблением, энергоэффективность, продуктивность и надёжность.

Введение

Глобальный потребительский спрос на энергетические ресурсы постоянно возрастает, начиная с 2000-х гг., из-за роста социальных потребностей и широкого спектра экономических операций, включая горнодобывающую промышленность [8], [11]. Добыча полезных ископаемых открытыми способами, разработка карьеров и подземных коммуникаций представляют собой методы поиска, добычи, обогащения и переработки твердых полезных ископаемых из земной коры. На протяжении весьма длительного времени горнодобывающая промышленность была важным аспектом производственно-экономической деятельности, обеспечивая сырьем для повышения безопасности и качества жизни, а также создания современного индустриального общества. На открытые шахты, которые варьируются от крупных угольных карьеров до небольших карьеров по добыче полезных ископаемых или горных пород, приходится высокий удельный вес осуществляемых горнодобывающих операций [2], [10].

Несмотря на возросшие усилия общества по переработке и дематериализации, горнодобывающая деятельность развивается в международном сообществе в связи с быстрой урбанизацией, что создает потребность в наибольшем количестве металлов и минералов в стро-

ительных конструкциях и во всех видах потребительских товаров. Другая причина этого расширения заключается в том, что самые богатые источники руды уже давно истощены, поэтому для извлечения того же количества чистого минерала требуется больше выемок каменных руд, что приводит к существенному увеличению энергопотребления [3], [7].

По оценкам, на долю промышленности приходится 4–7 % мирового производства энергии [1], поэтому для рационализации использования энергии на открытых рудниках требуется мощная система управления энергопотреблением.

ISO 50001 — это международный стандарт, принятый в 2011 году для руководства по внедрению системы энергоменеджмента. Ожидается, что этот стандарт окажет положительное влияние на глобальное использование энергии благодаря его широкому применению в национальных секторах экономики. Согласно некоторым тематическим исследованиям, внедрение стандарта ISO 50001 повысило показатели энергоэффективности среди предприятий. Конкуренция будет еще более заинтересована в принятии этого международного стандарта из-за достигнутых положительных результатов, которые были описаны в работе [6].

Основная цель стандарта системы энергоменеджмента ISO 50001 — предоставить возможность предприятиям увеличить свою энергоэффективность. Однако интеграции управления энергопотреблением в процесс принятия важных решений в промышленном производстве уделяется мало внимания как в научно-исследовательском сообществе, так и на уровне органов системы государственного управления.

Крайне важно изучить сферу управления энергопотреблением, для того чтобы помочь руководителям, принимающим важные решения при реализации производственного бизнес-процесса, определить конкретные действия, необходимые для сокращения отрицательного влияния детерминантов в управлении энергопотреблением [4].

В контексте управления и энергосбережения важными областями исследования являются техническое обслуживание и планирование интеллектуальных энергосистем, а также прогнозирование энергопотребления на основе данных Интернета вещей. Для анализа закономерностей энергопотребления становятся все более актуальными технологии искусственного интеллекта, такие как машинное обучение и интегрированное глубокое обучение [9].

Актуальность работы

Данное исследование направлено на создание интеллектуальной системы управления энергопотреблением для прогнозирования энергопотребления, чтобы облегчить отслеживание и контроль потребления энергии для различных пользователей. Эта работа также предоставляет инструмент для прогнозирования энергопотребления в горнодобывающей промышленности с использованием RapidMiner. Сравнивается эффективность и точность четырех алгоритмов машинного обучения (ML), а именно искусственной нейронной сети (ANN), машины опорных векторов (SVM), дерева решений (DT) и случайного леса (RF), используя собранные данные с помощью интеллектуальной сети, построенной на экспериментальном карьере.

Основные результаты данного исследования резюмируются следующим образом:

1. Данная статья представляет собой одно из исследований, проведенных для прогнозирования динамики энергопотребления в горнодобывающей промышленности и, в частности, на карьерах. В нем представлено сравнение некоторых известных методов машинного обучения и оценена их эффективность.
2. Четыре алгоритма машинного обучения, а именно: искусственная нейронная сеть, машина опорных векторов, случайный лес и дерево решений, были

применены к набору данных, полученному из экспериментального карьера. Различные модели были обучены, протестированы и затем оценены.

3. Для оценки эффективности моделей использовались четыре показателя, а именно: корреляция, среднеквадратическая ошибка, средняя абсолютная ошибка и относительная квадратичная ошибка. После настройки параметров Random Forest показал лучшую производительность среди всех четырех алгоритмов.
4. Руководители посредством интеллектуальной системы смогут просматривать потребление энергии в режиме реального времени, анализировать будущие аспекты существования карьера на основе текущего состояния потребления нагрузки и принимать своевременные решения.

Материалы и методы

На первом этапе исследования происходит обработка полученных исторических данных экспериментального карьера. После этого основной набор данных разделяется на наборы обучения, тестирования и проверки. Затем набор данных подвергается четырем алгоритмам машинного обучения (SVM, ANN, DT и RF) с использованием инструмента Rapid Miner. Для создания и оценки прогноза используются четыре показателя: корреляция, абсолютная ошибка, относительная ошибка и среднеквадратическое значение. Процесс настройки параметров происходит на протяжении всего исследования, чтобы обеспечить наилучшую продуктивность четырех моделей.

Исходные данные об энергопотреблении были собраны на экспериментальном карьере. Различные изменения, включая напряжение, частоту, ток, коэффициент мощности, записывались, контролировалось их динамическое изменение. Каждую секунду устанавливалось новое рекордное значение энергопотребления. Данные были собраны с 21 участка экспериментального карьера на протяжении 1 суток, всего было сделано 3008 тыс. записей. После применения программы Python для фильтрации данных осталось 26,4 тыс. записей.

Результаты и их обсуждение

В таблице 1 показаны параметры моделей четырех алгоритмов машинного обучения, использованных в этом исследовании, до настройки параметров, которые являются критериями настройки в Rapid miner по умолчанию.

В программе Rapid miner используется параметр «Оптимизировать параметр» для того, чтобы настроить выбранные переменные в рамках собственного исследования. Для каждой выбранной модели настраивается один

параметр, который воздействует на продуктивность метода прогнозирования, с целью обнаружения влияния алгоритма на итоговый результат прогнозирования.

Таблица 1.

Настройка параметров моделей в Rapid miner

Модель	Параметр	Значение
SVM	Тип ядра	Точка
	Кеш ядра	200
	C	0,0
	Конвергенция	0,001
	Количество максимальных итераций	100000
ANN	Размер скрытых слоев	2
	Цикл обучения	200
	Скорость обучения	0,01
	Импульс к обучению	0,9
DT	Критерий	Метод наименьших квадратов
	Максимальная глубина	10
	Минимальный коэффициент усиления	0,01
	Альтернативы минимальному коэффициенту усиления	2
	Минимальный размер стволов деревьев	4
	Количество предварительных операций	3
RF	Количество деревьев	100
	Критерий	Метод наименьших квадратов
	Максимальная глубина	10

Источник: составлено автором.

В таблице 2 приведены полученные результаты после настройки параметров для всех четырех моделей. Нужно заметить, что минимальный выигрыш для дерева решений имеет тенденцию порождать наименьшую относительную ошибку (ошибка — 0,0595); в то время как для RF он обеспечивает лучшую продуктивность со значением 70. Модель ANN дает наилучшие результаты, когда циклы обучения равны 164. Коэффициент сходимости (конвергенция) оценивается в 88, что дает наименьшее значение среднеквадратической ошибки для SVM.

Таблица 2.

Результаты настройки параметров

Модель прогнозирования	Параметр	Значение
DT	Минимальный выигрыш	0,0595
RF	Минимальный выигрыш	70
ANN	Циклы обучения	164
SVM	Конвергенция	88

Источник: составлено автором.

Показатели продуктивности и надёжности моделей прогнозирования приведены в таблице 3. Наилучшая продуктивность и надёжность алгоритмов для прогнозирования энергопотребления достигается посредством метода случайного леса, ниже по продуктивности DT и ANN, минимальной продуктивностью обладает SVM.

Проводимое исследование основано на данных, полученных при работе на экспериментальном карьере в течение 1 суток, для того чтобы определить, какой алгоритм прогнозирования лучше из представленных выше. Показатели продуктивности и надёжности показывают, что модель RF представила наилучшие результаты среди четырёх моделей прогнозирования энергопотребления в программе Rapid Miner, все параметры оценки были больше по сравнению с другими тремя алгоритмами.

В соответствии с международным стандартом ISO 50001 прогнозирование потребительского спроса на энергетические ресурсы выступает основополагающим инструментом, обладающим низким уровнем издержек для увеличения энергоэффективности производственных компаний. Результатом данного исследования также стал такой момент, что руководители ежегодно будут получать почасовые оценки энергопотребления, что даст возможность анализировать бюджет на энергетические ресурсы, а также эффективно проводить переговоры с субъектами ЖКХ. Особая значимость производственного процесса определяется тем, что эффективность горнодобывающих предприятий сокращается, если установленный лимит энергетических ресурсов превышает фактическое энергопотребление.

Выбранные и протестированные в дальнейшем методы имеют приемлемый уровень продуктивности, достаточно низкую величину ошибки, что обеспечивает крайне высокую точность прогнозирования энергопотребления.

Помимо этого, в режиме реального времени можно просматривать энергопотребление в производственном процессе, а также анализировать будущие предупреждения на основе современного состояния энергопотребления, принимать своевременные управленческие решения.

Алгоритм прогнозирования RF может быть применен для оценки поведения экспериментальных энергонагрузок и моделирования сценариев с целью выявления наилучших значений ключевых показателей эффективности, которые, в свою очередь, являются составляющей цифрового двойника в горнодобывающей отрасли.

Выводы

Управление энергопотреблением имеет особую значимость для горнодобывающей промышленности,

Таблица 3.

Значения показателей продуктивности и надёжности моделей прогнозирования

Модель	Показатель	До оптимизации		После оптимизации	
		Обучающая выборка	Контрольная выборка	Обучающая выборка	Контрольная выборка
DT	Корреляция	0,984	0,994	0,984	0,994
	Средняя абсолютная ошибка	0,037	0,029	0,037	0,028
	Средняя квадратическая ошибка	518,695	421,490	516,440	415,860
	Относительная квадратическая ошибка	0,183	0,112	0,182	0,111
RF	Корреляция	0,992	0,995	0,992	0,995
	Средняя абсолютная ошибка	0,027	0,028	0,027	0,029
	Средняя квадратическая ошибка	365,192	381,256	363,480	384,745
	Относительная квадратическая ошибка	0,129	0,101	0,128	0,102
ANN	Корреляция	0,997	0,966	0,999	1,000
	Средняя абсолютная ошибка	0,009	0,047	0,005	0,004
	Средняя квадратическая ошибка	200,763	985,602	116,139	94,175
	Относительная квадратическая ошибка	0,071	0,262	0,031	0,025
SVM	Корреляция	0,998	0,971	1,000	1,000
	Средняя абсолютная ошибка	0,008	0,052	0,004	0,003
	Средняя квадратическая ошибка	186,057	939,576	92,196	52,160
	Относительная квадратическая ошибка	0,065	0,250	0,025	0,014

Источник: составлено автором.

поскольку позволяет сократить объёмы потребления энергии. Ценность энергосбережения исходит из глобального стремления сократить потребление энергии и нивелирования экологических последствий, а также из действующего законодательства. В последнее время было проведено множество испытаний с использованием подходов машинного обучения, где применялись информационные данные об использовании энергии в нежилых и жилых зданиях, но исследований по прогнозированию энергопотребления в горнодобывающей промышленности было недостаточно.

В этом исследовании представлен комплексный подход к применению моделей машинного обучения для прогнозирования энергопотребления в шахтах с использованием инструмента RapidMiner. Целью данного исследования было определение наилучшей эффективной модели для различных пользователей, которым необходимо быстро формировать модели прогнозирования.

Было применено четыре метода машинного обучения, а именно: машина опорных векторов, искусственная нейронная сеть, дерево решений и случайный лес, для прогнозирования энергопотребления экспериментального карьера на основе данных, полученных в реальном времени в течение 1 суток.

Производительность различных моделей оценивалась с использованием четырех показателей, а именно корреляция, абсолютная ошибка, относительная ошибка и среднеквадратическое значение. По надёжности и продуктивности RF-модель превзошла SVM, ANN и DT модели при проведении сравнительного анализа.

Направлением будущих исследований может стать объединение процесса прогнозирования с существующей системой мониторинга, чтобы упростить процесс моделирования генерации и потребления энергетических ресурсов для пользователей энергетической системы. Получение существенного количества информационных данных позволит сделать долгосрочный прогноз, и эти же данные затем дополнительно могут быть использованы для выявления аномального изменения энергопотребления, сбоев интеллектуальной системы с помощью модели классификации, с помощью которой можно одновременно моделировать различные сценарии в рамках интеллектуальной сети. Эти модели можно настроить для прогнозирования и оптимизации потока энергопотребности [5], а также с их помощью можно сопоставить затраты на энергию и доходы, получаемые от производственной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rábago, K.R.; Lovins, A.B.; Feiler, T.E. Energy and Sustainable Development in the Mining and Minerals Industrie; Report for The Mining, Minerals and Sustainable Development Project. — Rocky Mountain Institute: Snowmass Village, CO, USA, 2001.
2. Darling P. Mining: ancient, modern, and beyond // SME mining engineering handbook. — 2011. — Т. 1. — P. 3–9.
3. Grewal G.S., Rajpurohit B.S. Efficient energy management measures in steel industry for economic utilization // Energy Reports. — 2016. — Vol. 2. — P. 267–273.
4. Hasan A.S. M.M., Trianni A. A review of energy management assessment models for industrial energy efficiency // Energies. — 2020. — Т. 13. — No. 21. — P. 5713.
5. Laayati O. et al. Smart Energy Management System: Design of a Smart Grid Test Bench for Educational Purposes // Energies. — 2022. — Т. 15. — No. 7. — P. 2702.
6. Marimon F., Casadesús M. Reasons to adopt ISO 50001 energy management system // Sustainability. — 2017. — Т. 9. — No. 10. — P. 1740.
7. Norgate T., Haque N. Energy and greenhouse gas impacts of mining and mineral processing operations // Journal of cleaner production. — 2010. — Т. 18. — No. 3. — P. 266–274.
8. OECD. Key World Energy Statistics 2015; Organisation for Economic Co-Operation and Development. — Paris, France, 2015.
9. Yan K., Zhou X., Chen J. Collaborative deep learning framework on IoT data with bidirectional NLSTM neural networks for energy consumption forecasting // Journal of Parallel and Distributed Computing. — 2022. — Т. 163. — P. 248–255.
10. Open Pit Mining|IntechOpen. Available online: <https://www.intechopen.com/chapters/71931> (accessed on 29.04.2024).
11. Statistical Review of World Energy, Energy Economics. Available online: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> (accessed on 29.04.2024).

© Максимейко Владислав Евгеньевич (maxisvlad@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСОБЕННОСТИ НАЗНАЧЕНИЯ И АНАЛИЗ СВОЙСТВ ARM И X86 АРХИТЕКТУР ПРОЦЕССОРОВ

FEATURES OF ASSIGNMENT AND ANALYSIS OF PROPERTIES OF ARM AND X86 PROCESSOR ARCHITECTURES

A. Marinin

Summary. The article explores the features of the purpose and properties of ARM and x86 processor architectures in comparison. The possibilities of application, advantages and disadvantages of the studied models are highlighted. The attempts to switch to ARM processors in retrospect are analyzed. The purpose of the study is to consider the main properties and differences between the two presented architectures. The analysis of scientific and practical information is carried out, the author's conclusions are given.

Keywords: ARM, x86, processor, architecture, performance, energy, heat, transistor.

Маринин Алексей Константинович

Главный инженер-программист, Московский финансово-промышленный университет «Синергия»
aleksei.marinin247@gmail.com

Аннотация. Статья исследует особенности назначения и свойства ARM и x86 архитектур процессоров в сравнении. Выделены возможности применения, преимущества и недостатки исследуемых моделей. Проанализированы попытки перехода на ARM-процессоры в ретроспективе. Целью исследования является рассмотрение основных свойств и отличий между двумя представленными архитектурами. Произведен анализ научно-практических сведений, даны авторские выводы.

Ключевые слова: ARM, x86, процессор, архитектура, производительность, энергия, тепло, транзистор.

Введение

На сегодняшний день технологический рынок поделен между двумя архитектурами процессоров (далее АП), а именно x86 и ARM. Несмотря на, казалось бы, устаревшие позиции первой АП, она является по-прежнему актуальной и до сих пор популярна в программной сфере. Вторая АП является разработкой последних 10 лет, при ее создании инженеры старались учесть все ошибки и трудности, возникающие с x86. Наибольшая задача стояла в снижении процессорного энергопотребления [4, с. 152].

Актуальность

Одним из ключевых факторов в мире технологий является выбор АП. Для многих клиентов и разработчиков это может являться нелегким моментом, поскольку каждая из исследуемых в статье АП имеет собственные нюансы, преимущества и недостатки.

Целью исследования является рассмотрение основных свойств и отличий между двумя представленными АП.

Материалы и методы исследования

Основаны на анализе научно-практической литературы, синтезе мнений, графической интерпретации результатов.

Результаты исследования

АП на базе ARM постепенно стали лидерами во многих инженерно-программных разработках. Сейчас они используются повсеместно: в мобильных устройствах (далее МУ), смартфонах, ноутбуках и так далее. Основным свойством, подталкивающим к выбору данной АП, является высокая производительность (далее ВП) и низкий процент энергопотребления, что идеально вписывается в структуру выполняемых ими функций. При этом АП x86 не стремится уступить флагманство и успешно применяется компаниями Intel и AMD. Несмотря на свою слабую базу в деле регулирования работы планшетов и смартфонов, данная АП имеет ВП и скорость обработки информации. В 2018 году в рамках перехода к новой эре микроархитектур, корпорацией ARM были выдвинуты на рынок две новые разработки: Deimos и Hercules. Их преимуществом будет являться однотипная производительность, что нехарактерно для Intel. Но, несмотря на все усовершенствования, указанные выше, АП не отличаются быстротой многопоточной обработки сведений. Поэтому пока достойно конкурируют между собой лишь ARM и x86 [2, с. 27].

Несмотря на то, что АП x86 может считаться устаревшей, компания-создатель не стоит на месте, и изобретает новые способы в плане скорости ранжирования сложных задач. Поэтому ARM тяжело находить новые аспекты конкуренции и преодоления данной борьбы.

Процессоры x86 построены на архитектуре CISC (Complex Instruction Set Computing, процессоры с полным набором инструкций). Это характеризует их с позиции быстроты выполнения поставленных целей, что позволяет упростить способ написания программ и их объем. Несмотря на это, данные АП нельзя использовать по максимуму, поскольку закон Парето гласит — на 80 % времени используется всего 20 % производительных инструкций. Это считается существенным недостатком, поскольку характеризуется оптимизацией числа транзисторов. В сравнении, выпущенный в 80-х годах 20 века АП компании ARM ARM2, имел в 9 раз меньшее количество транзисторов, но с легкостью выполнял все поставленные перед ним задачи. Тогда как АП i386 от Intel при самой высокой нагрузке мог задействовать всего 30–40 % мощности [3].

На наш взгляд, меньшее число транзисторов позволяет ARM рационально распределять силу, что ведет к снижению тепловыделения, но при этом страдает производительность вычислений. Поэтому обе АП находятся на лидирующих позициях, просто одна будет более подходящей для настольных персональных компьютеров (ПК) и ноутбуков, а вторая для МУ [2, с. 28].

ARM основан на RISC (вычисления с сокращенным набором команд), в то время как x86 основан на CISC (вычисления со сложным набором команд). С точки зрения программирования стало сложнее, поскольку из-за унификации команд одно и то же действие в RISC требует больше инструкций, чем в CISC (рисунок 1).



Рис. 1. Наглядное отображение отличий [6]

ARM имеет довольно атомарную структуру, где тесно коррелируют между собой микрооперации и инструкции. Противопоставленная АП имеет большее количество инструктивных материалов, которые способны выполнять тысячи операций, таких как математические расчёты, перемещение информации. Поэтому, как упоминалось выше, главным отличием и является ВП при повышенном потреблении тепловой энергии (далее ТЭ) во время сложного оперирования [7].

Также явным отличием следует выделить фиксированность каждого кода инструкций в ARM, тогда как в случае с x86 они имеют переменный характер. Поэтому процессоры x86 более сложны в декодировании, разра-

ботчики уделяют больше внимания именно повышению пропускной способности при помощи огромного числа регистров. Отсюда и следует, что никак не удастся добиться оптимальности энергоёмкости и теплоёмкости в одной АП. Например, даже самые высокопроизводительные АП Intel забирают более 100 Вт мощности, что ведет к обширной выработке ТЭ. Многие команды x86 выполняются на базе кэша или памяти, что приводит к большему расходу ТЭ во время выполнения числа задач. Это является классикой проблем АП x86 [1, с. 432].

Получается, что ARM является более унифицированным и дешевым вариантом АП, но при этом имеет более низкую интенсификацию. Но стоит отметить, что компании-производители данных АП выделяют разные подходы к созданию команд и нацелены на разного потребителя. Но при этом со временем граница между ними становится менее заметной. Уже сейчас x86 способен разбивать длинные инструкции. Но ARM с 2018 года усиленными темпами догоняет своего конкурента, примером является создание Apple M1 и его вариаций. Поэтому в недалеком будущем ARM может использоваться не только на МУ, но постепенно переходить на ноутбуки и даже ПК. Через несколько лет ARM вполне может стать наиболее востребованной АП. Но в настоящее время x86 все еще держится на плаву и остается одним из лучших решений в деле соотношения цен и производительных способностей. Постоянная работа компании по модернизации технических процессов, многоядерность позволяют также закупать именно данные АП для серверов, ПК и ноутбуков [5].

Для создания АП на основе x86, любой корпорации потребуется много времени на рисовку всех транзисторов и коммуникации их между собой. Поскольку это является долгим и сложным процессом, маленькие компании не могут себе позволить заниматься подобным делом. Из крупных создателей x86-процессоров остались только Intel и AMD. При этом владельцы идеи ARM поступили иначе, они занимаются продажей собственных лицензий на выпуск АП на своей архитектуре. То есть любой желающий бизнес-владелец может приобрести лицензию и разрабатывать собственные ARM-системы. Допустима трансформация АП, добавление новых модулей и прочее. Поэтому подобная доступность для каждого желающего, конкуренция привели к расцвету эпохи перехода на данные АП. Сейчас на ARM свои процессоры выпускают Samsung, Nvidia, Qualcomm, Atmel, Huawei и многие другие. Всеобщий прогресс следует расценивать в качестве победы внутреннего устройства АП, которые состоят из таких команд, как:

1. Обработка изображений.
2. Нейросетевое выполнение команд.
3. Выполнение базовых задач.
4. Регуляция потребления ТЭ.
5. Организация работы с кэшем.

6. Обеспечение безопасности.
7. Снижение риска перегрева.
8. Отслеживание подключения и работы внешних устройств [8].

Обсуждение и выводы

Таким образом, в рамках исследования были изучены сравнительные особенности ARM и x86 архитектур. Полученные сведения позволили нам составить авторский список преимуществ и недостатков двух АП. Преимуществами ARM являются:

1. Низкие показатели энергопотребления.
2. Идеальная работа на базе МУ и карманных аппаратов.
3. Высокий уровень эффективности в решении повседневных задач (общение в мессенджерах, просмотр сайтов и т.д.).

Преимуществами x86 являются:

1. Высокая мощность для обработки сложных математических вычислений и выполнения команд.
2. Поддержка 64-битных моделей, что позволяет более прорабатывать сложные данные и использовать больше объема памяти.

3. Обширный список программных обеспечений, универсальность выбора.

Недостатками ARM являются:

1. Ограничения производительных интенсификаций, что не позволяет справиться с высокими нагрузками.
2. Небольшой спектр совместимости, что не всегда дает переносить одни программы и приложения в другие.

Недостатками x86 являются:

1. Большое потребление ТЭ, что непозволительно для МУ.
2. Обширный размер и сложная структура, что влияет на ценовую политику компаний.

Таким образом, каждая из АП имеет свои признаки и может превосходить или уступать другой по параметрам, что влияет на устойчивость каждой из них в конкурентной борьбе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грузин, Н.А. Сравнение ARM и x86 архитектур процессоров / Н.А. Грузин // Modern Science. — 2021. — № 1–1. — С. 431–434. — EDN LURRWR.
2. Даниленок, И.В. Обзор и перспективы развития arm процессоров / И.В. Даниленок, С.В. Виноградов // Вестник научного общества студентов, аспирантов и молодых ученых. — 2019. — № 1. — С. 27–30. — EDN PFJIVN.
3. Чен Р. Архитектура x86 очень странная [Электронный ресурс] / Реймонд Чен; Блог GunSmoker-a (переводы). — URL: <https://www.transl-gunsmoker.ru/2009/07/x86.html>
4. Яковлев, М.С. Малопотребляющие процессоры ARM и их вклад в развитие облачных сервисов / М.С. Яковлев, Е.Н. Барашко, М.А. Шевченко // Наука и инновации в современном мире: сборник научных статей. Том Часть IV. — Москва: Издательство «Перо», 2019. — С. 152–154. — EDN JVVQXC.
5. Архитектура процессоров ARM vs x86: кто выйдет победителем? Топ процессоров видеокарт: <https://hddv.ru>. Читать подробнее... <https://hddv.ru/arhitektura-processorov-arm-vs-x86-kto-vyjdet-pobeditelem> . // URL: <https://hddv.ru/arhitektura-processorov-arm-vs-x86-kto-vyjdet-pobeditelem> (дата обращения: 28.02.2024).
6. Разбираемся в архитектурах: x86, ARM и RISK-V // URL: <https://club.dns-shop.ru/blog/t-100-protessoryi/82143-razbiraemsa-v-arhitekturah-x86-arm-i-risk-v/> (дата обращения: 28.02.2024).
7. Arm против x86: объяснены наборы инструкций, архитектура и все ключевые различия // URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.aa57a393-65def29c-c3624c77-74722d776562/https/www.androidauthority.com/arm-vs-x86-key-differences-explained-568718/ (дата обращения: 28.02.2024).
8. Chirita, Andrei Neluş-Constantin, Bălăceanu Dragos, Craciun. Intel x86 and ARM processors: A survey on architectural differences. 2022.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ И ВЕСОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ДОСТУПНОЙ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ АТАК НА РОССИЙСКИХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ СЕТИ ИНТЕРНЕТ, ОСНОВАННЫХ НА МЕТОДАХ СОЦИАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

MODELING OF FEATURES AND THEIR WEIGHTS FOR AN ACCESSIBLE SYSTEM FOR DETECTING AND PREVENTING ATTACKS BASED ON SOCIAL ENGINEERING METHODS AIMED AT INTERNET USERS AND RELEVANT TO THE CURRENT SITUATION IN THE RUSSIAN FEDERATION

*K. Naumova
V. Radygin*

Summary. With the increasing number of cyber attacks in the digital space, there is a growing need for high-quality protection not only for companies, but also for individual users. However, at the moment, citizens of the Russian Federation have access to a fairly narrow range of solutions, most of which cannot detect and prevent attacks based on social engineering methods. The review of existing tools (browser extensions) carried out in this paper showed their inefficiency, the use of outdated technologies to detect and prevent this type of attack. Thus, the work is devoted to the formation of a feature space for a software solution for detecting and preventing attacks based on social engineering methods that is accessible to all citizens of the Russian Federation using the Internet.

Keywords: social engineering, cyber attack, cyber attack protection tools, browser, browser extension.

Наумова Ксения Денисовна

Национальный исследовательский
ядерный университет МИФИ (Москва)
naumovaxe@mail.ru

Радыгин Виктор Юрьевич

к.т.н., доцент, Национальный исследовательский
ядерный университет МИФИ (Москва)
VYRadygin@mephi.ru

Аннотация. С увеличением числа кибератак в цифровом пространстве растет потребность в качественной защите не только компаний, но и отдельных пользователей. Однако на текущий момент гражданам РФ доступен достаточно узкий ряд решений, большинство из которых не может выявлять и предотвращать атаки, основанные на методах социальной инженерии. Проведенный в данной работе обзор существующих инструментов (расширений для браузера) показал их неэффективность, использование устаревших технологий для обнаружения и предотвращения данного вида атак. Таким образом, работа посвящена формированию признакового пространства для доступного для всех использующих интернет граждан РФ программного решения для обнаружения и предотвращения атак, основанных на методах социальной инженерии.

Ключевые слова: социальная инженерия, кибератака, инструменты защиты от кибератак, браузер, расширение для браузера.

Введение

Возможность выхода ежедневно растущего количества пользователей в сеть влечет за собой спрос на удобство и качество разрабатываемых информационных технологий (ИТ), их стабильность и безопасность. В рамках безопасности ИТ можно использовать различные подходы к реагированию на атаки, основанные на методах социальной инженерии. Примером таких подходов являются инструменты, направленные на выявление и предотвращение атак. На мировом рынке ИТ существует множество широко известных решений антивирусной защиты, систем обнаружения вторжений и реагирования на них, но далеко не все сейчас доступны и могут использоваться на территории РФ. Среди функционирующих решений на сегодняшний день на отечественном рынке большинство направлены

на защиту именно компаний. Для отдельных пользователей представлен узкий ряд инструментов, не обеспечивающих полную защиту [1].

Целью работы является моделирование признаков и их весов для доступной системы обнаружения и предотвращения атак, основанных на методах социальной инженерии, направленных на пользователей в Интернете и актуальных для современной ситуации в РФ.

1. Обзор существующих инструментов-расширений для обнаружения и предотвращения атак, основанных на методах социальной инженерии

Сегодня для доступа к веб-сайтам пользователи наиболее часто используют в качестве приложения веб-

браузер. В настоящее время самым популярным браузером в мире является Google Chrome с долей мирового рынка 65 % на всех устройствах. Доля российских пользователей, использующих указанный браузер, составляет 42 % на момент мая 2023 года [2]. Следующими по популярности в РФ являются браузеры «Яндекс» и «Safari».

Непосредственно сами браузеры не содержат встроенных механизмов защиты от атак социальной инженерии. Тем не менее допускается модификация функционала веб-браузера программными модуль в формате расширения для браузера [3]. Функционал расширений может включать: модификации пользовательского интерфейса, управление файлами cookie, блокировку рекламы, также настраиваемые сценарии и стили веб-страниц и т.д. Популярность механизма расширений (в Google Chrome их доступно порядка 200 000 [4]) и их использование ведущими ИБ-компаниями позволяет говорить о возможности построения системы защиты от атак социальной инженерии на данном принципе.

В работе [1] авторами предложена классификация, отражающая современные паттерны последовательности возможных атак, основанных на методах социальной инженерии. Среди ресурсов воздействия присутствуют целевые, подробно рассмотренные в работах [5–7], и нецелевые интернет-ресурсы, которые в свою очередь ведут за собой методы использования невербального психологического массового и целевого манипулирования пользователями в виде текстовых сообщений и визуального представления. Основным инструментом воздействия у этих ресурсов является интернет-адрес. О данном инструменте взаимодействия неоднократно упоминают авторы исследований [7–10]. В работе [1] выделен сценарий атак злоумышленника, основанных на методах социальной инженерии, для защиты от которых в настоящий момент может быть использовано решение, построенное, как расширение для браузера.

Анализ инструментов-расширений для Chrome-подобных браузеров доступных в интернет-магазине расширений Chrome усложнен отсутствием сортировки по количеству скачиваний расширения и специальным разделам с расширениями, связанными с защитой пользователя, что потребовала проведения их ручного исследования. В результате выявлено около 100 существующих расширений для проверки веб-сайтов и обнаружения фишинговых атак. Часть расширений устарела, разработчики обновляли их в интернет-магазине более трех лет назад, а около половины всех найденных расширений были скачаны менее 500 раз. Оставшиеся — составляют около 10 % всех инструментов, их разработчики крупные ИБ-компании, предоставляющие платные многофункциональные инструменты для защиты предприятий и организаций.

Авторами был выполнен детальный анализ каждого из выбранных 10 наиболее релевантных расширений, в том числе по количеству скачиваний пользователей, стране разработчика, дате последнего обновления в интернет-магазине, поддерживаемым языкам, версии или нескольким версиям «манифеста», по содержанию, а именно обфускации кода (если имеется), обнаруженным при анализе методам проверки веб-сайтов и URI-адресов и результату проверки детектирования расширением актуальных действующих фишинговых ресурсов, в том числе направленных на российского пользователя, в формате реального времени.

В результате проведенного анализа расширений сделано несколько выводов. Среди основных 10 компаний-разработчиков расширений 4 находятся в США, у 7 из 10 выбранных расширений есть поддержка русского языка, а российской из представленных компаний является только одна, занимающая в общем списке 5 место. Данной решение загружено чуть более чем у 100 000 пользователей. Далеко не каждая из компаний занимается регулярным обновлением своего расширения, в силу незаинтересованности в актуализации бесплатного продукта для пользователей, а значит такие расширения не могут эффективно обнаруживать атаки, с использованием методов социальной инженерии, в том числе новых фишинговых атак. Дополнительно, данный факт подтверждает наличие в открытом исходном коде некоторых расширений комментариев разработчиков, не предназначенных для чтения пользователям.

В процессе изучения программного кода расширений (скриптов) выявлено, что большинство содержат обфускацию для более сложного детального изучения открытого исходного кода с целью сохранить методы проверки веб-ресурсов от конкурентов. Среди обнаруженных методов проверки URI-адресов и веб-сайтов выделены: черный и белый списки, категории ресурсов, внедрение ChatGPT и некоторые другие частные признаки. Проверка по черному списку является самой неэффективной, поскольку такие списки быстро устаревают, а значит быстро теряют актуальность в обнаружении новых угроз. В то же время белые списки могут быть полезны для более быстрого «отсеивания» чистых ресурсов для вычислительной производительности обработки данных. Категории ресурсов не являются важным признаком для определения чистоты или вредоносности ресурса. Внедрение ChatGPT является хорошим методом, однако ИИ не имеет возможности получать доступ к веб-сайтам, а также из-за малого количества данных и сложности обфускации неизвестна основная роль данного ИИ в расширении.

Стоит отметить, что помимо выявленных методов на локальных серверах некоторых расширений могут использоваться дополнительные признаки для более

качественной обработки запроса, однако при проверке обнаружения пяти различных фишинговых российских веб-сайтов в формате реального времени только 3 расширения смогли обнаружить хотя бы одну угрозу.

Итогом обзора является подтверждение гипотезы об отсутствии доступного браузерного инструмента, способного обнаружить и предотвратить атаки, основанные на методах социальной инженерии, направленных на российских пользователей в сети Интернет.

2. Построение признакового пространства для разработки системы обнаружения и предотвращения атак социальной инженерии

На основании проведенного обзора исследований [5–13] об атаках, основанных на методах социальной инженерии, выделены следующие 10 признаков (включающих обобщенные и более точные), наличие которых позволяет классифицировать проверяемый веб-сайт как чистый или опасный для пользователя:

1. проверка по белым спискам — позволяет исключить известные легитимные ресурсы, для того чтобы не тратить время их проверки по другим признакам;
2. проверка даты регистрации домена — чем свежее доменное имя, тем более подозрительным является веб-сайт, расположенный на нем;
3. проверка инструментом whois внутренних полей — если внутри встречается автоматически сгенерированная пометка «REDACTED FOR PRIVACY», это является подозрительным признаком;
4. проверка доменной зоны (или зоны первого уровня) — в популярных зонах (например, com, ru, org, net) встречается больше легитимных ресурсов, а соответственно больше доверия, чем к таким зонам как suou, online, biz, xyz, в том числе из-за их более дешевой стоимости и возможными быть приобретенными большим числом пользователей;
5. проверка длины доменного имени и содержания в нем необычных последовательностей букв и цифр, несвойственных для легитимных ресурсов;
6. проверка кода (статуса), заголовков и длины тела ответа от сервера ресурса — при получении кодов ответов, отличных от часто встречающихся 200 («запрос успешно обработан»), 301 («перемещен на постоянной основе»), 302 («найден, но временно изменен»), а также при наличии заголовков перенаправления на другой веб-сайт и длины ответа, меньшей 100, высокий уровень подозрительности;
7. проверка популярности ресурса — поиск информации в Google Chrome и подсчет числа полученных результатов — чем меньше нашлось информации, тем подозрительнее ресурс;

8. Проверка DNS-записи MX, предназначенной для маршрутизации электронной почты с использованием протокола SMTP — ее отсутствие является подозрительным, поскольку большинство легитимных ресурсов добавляют данную запись;
9. проверка DNS-записи NS, предназначенной для связи адресов DNS-серверов, обслуживающих домен — если публичным DNS-сервером выступает cloudflare, publicdnsservice и другие популярные у атакующих дешевые сервера, то это считается подозрительным признаком;
10. проверка IP-адресов — подозрительно, если при проверке всех IP-адресов, на которые зарегистрировано доменное имя, обнаруживается большое число других подобных недавно созданных доменов.

Каждый из обобщенных признаков влияет на качественное обнаружение опасных ресурсов, распространяемых злоумышленниками в Интернете. Тем не менее, при проектировании браузерного инструмента для обнаружения и предотвращения атак, основанных на методах социальной инженерии, некоторые обобщенные признаки было необходимо разделить на более конкретные, а также отметить их веса. Для этого была сформирована определяющая выборка, содержащая опасные ресурсы, для которых была выполнена разметка наличия и отсутствия в них подозрительных признаков. Число рассматриваемых опасных ресурсов составило 20 адресов. На основании 10 приведенных ранее признаков проведена проверка 20 ресурсов, в результате которой был сделан вывод о частоте встречаемости признаков и присвоении каждому признаку определенного веса.

В результате была получена оценка весом признаков, приведенная в таблице 1 с новыми сформированными признаками и весами. С учетом небольшого размера выборки можно пренебречь небольшими отклонениями весов. Исходя из этого значения весов были округлены с условием значимости и опасности признака. Введем термин «идеальный вес». «Идеальным весом» считается 1, в случае рассмотренных ресурсов ставится 1, когда признак обнаружен у 20 из 20 ресурсов.

Таким образом, при разработке доступной системы обнаружения и предотвращения атак, основанных на методах социальной инженерии, веса помогут наиболее точно определить опасность ресурса для пользователя.

В целях улучшения методов обнаружения и предотвращения атак, основанных на методах социальной инженерии, направленных на пользователей в Интернете и актуальных для современной ситуации в РФ, был разработан прототип решения в формате плагина (расширения) для браузера. Его функционал заключается

Таблица 1.
Сформированные признаки и веса

№	Признак	Вес
1	Число дней с даты регистрации домена от 0 до 50	0.75
2	Число дней с даты регистрации домена от 51 до 150	0.25
3	Наличие в whois полей с содержимым «REDACTED FOR PRIVACY»	0.3
4	Наличие подозрительной доменной зоны	0.65
5	Аномальная последовательность цифр и букв в домене	0.25
6	Ответ сервера заголовка перенаправления на другой ресурс	0.35
7	Статус ответа, отличный от 200, 301 и 302	0.25
8	Длина тела ответа меньше 100	0.35
9	Количество найденных страниц в браузере при поиске домена менее или равно 500	0.8
10	Количество найденных страниц в браузере при поиске домена от 501 до 2000	0.2
11	Отсутствие DNS-записи MX	0.8
12	Наличие DNS-записи NS, связанной с публичными дешевыми DNS-серверами	0.2
13	Количество недавно зарегистрированных доменов на IP-адресах домена от 3 до 30	0.4
14	Количество недавно зарегистрированных доменов на IP-адресах домена от 30	0.8

в оперативной проверке сетевых ресурсов в Интернете, посещаемых пользователем в режиме реального времени, и выдаче предупреждения в случае обнаружения угрозы, способной нанести урон информационной системе (ИС) ПК, его персональным данным (ПДн) или активам.

Разрабатываемое расширение — кроссплатформенное, поддерживается всеми браузерами, построенными на основе свободного браузера Chromium и движка Blink для отображения веб-страниц. Архитектура разрабатываемого инструмента содержит плагин с функционалом извлечения домена и выдачей конечного результата, а также сервер с выполнением полной проверки домена. Плагин отправляет на сервер полученный домен. Далее домен анализируется с помощью выбранных признаков. На последнем шаге сервер направляет ответ обратно плагину. Такой вариант архитектуры был выбран на основе сравнения с другими по следующим критериям: используемый язык программирования (ЯП), реализация функционала всех выделенных признаков, возможность создания базы данных с накопленными знаниями (доменами и весами) и выдачи впоследствии более быстрого результата, безопасность, распределение нагрузки, скорость работы.

Для проверки точности и корректности обнаружения и предотвращения атак, основанных на методах со-

циальной инженерии, разработанным решением необходимо было сформировать списки заранее известных легитимных ресурсов и фишинговых, а также вредоносных сайтов. Для формирования перечня чистых доменов используются сайты Интернет-магазинов, социальных сетей, новостных и образовательных ресурсов. Для того, чтобы составить перечень опасных доменов — небезопасных ресурсов были выбраны списки Банка России [14] и телеграм-канала «CyberSquatting RU Alerts» [15]. Стоит отметить, что выбранные ресурсы ориентированы именно на пользователей РФ, поскольку разработанное решение направлено на их защиту. Тестирование проводилось на равно распределенном количестве доменов для последующего заключения о результатах. Результат тестирования на 20 ресурсах показал 100 % правильное срабатывание для каждого домена из списка, на 100 ресурсах — 96 %.

Несмотря на имеющиеся недостатки со скоростью обработки сервером подаваемых на проверку ресурсов тестирование прототипа показывает хороший результат, решение верно определяет опасность данных на вход доменов. Данный результат позволяет говорить о качестве и эффективности разработанного решения с полученными признаками и их весами для обнаружения и предотвращения указанных атак.

Заключение

Для определения текущего уровня защищенности пользователей от атак методом социальной инженерии существующими популярными инструментами-расширениями проведен их обзор и анализ. В результате сравнения инструментов и выделения их преимуществ и недостатков выявлено практически полное отсутствие российских инструментов доступных для свободной загрузки пользователями РФ. Также для большинства рассмотренных расширений отмечены редкие обновления, а значит и минимальная актуализация данных, устаревшие манифесты и проверка по черным спискам, что показывает невозможность инструментами оперативного обнаружения новейших атак. Проверка расширений в режиме реального времени на опасных ресурсах доказала их неэффективность в обнаружении и предотвращении атак, основанных на методах социальной инженерии, направленных на российских пользователей в интернете.

На основе выявленных возможных сценариев действий злоумышленника при подготовке и реализации атак, а также с учетом недостатков рассмотренных расширений сформировано признаковое пространство. В зависимости от важности признака и частоты его выявления при проведении атак в исследуемых ресурсах, определены значения для весов предлагаемых признаков.

На основе представленной архитектуры прототипа системы обнаружения и предотвращения атак, основанных на методах социальной инженерии, выполнено проектирование и разработка программного решения. Данное решение представляет собой кроссбраузерный JavaScript-плагин и взаимодействующий с ним сервер с дополнительными модулями, библиотеками, а также функциями, реализующими определенные признаки с весами при проверке домена.

Для проверки точности и корректности определения обнаружения и предотвращения атак, основанных на методах социальной инженерии, разработанным решением, проведено его тестирование. Сформирован перечень безопасных и опасных доменов на основе дан-

ных из отчетов Банка России и вендоров решений по кибербезопасности в РФ. Тестирование прототипа показывает хороший результат, решение верно определяет опасность данных на вход доменов, что указывает на качество и эффективность разработанного прототипа.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о применимости разработанного прототипа системы и лежащего в её основе сформированного автоторами признакового пространства, для обнаружения и предотвращения атак, основанных на методах социальной инженерии, направленных на пользователей в Интернете и актуальных для современной ситуации в РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исследование основных методов противодействия атакам, основанным на методах социальной инженерии, на предмет их эффективности и применимости к современной ситуации в РФ / К.Д. Наумова, В.Ю. Радыгин // Инновационные механизмы управления цифровой и региональной экономикой : Материалы V Международной студенческой научной конференции, Москва, 15–16 июня 2023 года. — Москва: Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 2023. — С. 145–158.
2. Браузер в России, Яндекс Радар. URL: <https://radar.yandex.ru/browsers> (дата обращения: 11.10.2023)
3. What are extensions, Mozilla. URL: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Mozilla/Add-ons/WebExtensions/What_are_WebExtensions (дата обращения: 11.10.2023)
4. Half of all Google Chrome extensions have fewer than 16 installs, ZdNet. URL: <https://zdnet.com/article/half-of-all-google-chrome-extensions-have-fewer-than-16-installs/> (дата обращения: 11.10.2023)
5. ЖУРИН, Сергей И.; КОМАРКОВ, Дмитрий Е. ЗАЩИТА ВНЕШНЕГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПЕРИМЕТРА ОРГАНИЗАЦИИ ОТ ЦЕЛЕВОГО ФИШИНГА. Безопасность информационных технологий, [S.l.], v. 25, n. 4, p. 95–107, 2018. ISSN 2074-7136. Доступно на: <https://bit.mephi.ru/index.php/bit/article/view/1164>. Дата доступа: 26.10.2023. doi:<http://dx.doi.org/10.26583/bit.2018.4.09>.
6. SÜZEN A. A. EXAMINING THE SOCIAL ENGINEERING ATTACK VECTOR IN THE LINE OF DATA BREACH //Teknik Bilimler Dergisi. — 2023. — Т. 13. — №. 2. — С. 50–56. URL: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/3190558> (дата обращения: 27.10.2023).
7. Wang Z. et al. Social engineering in cybersecurity: a domain ontology and knowledge graph application examples //Cybersecurity. — 2021. — Т. 4. — С. 1–21. URL: <https://cybersecurity.springeropen.com/articles/10.1186/s42400-021-00094-6> (дата обращения: 27.10.2023).
8. Lansley M. et al. SEADer++: social engineering attack detection in online environments using machine learning //Journal of Information and Telecommunication. — 2020. — Т. 4. — №. 3. — С. 346–362. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/24751839.2020.1747001> (дата обращения: 27.10.2023).
9. Li T., Song C., Pang Q. Defending against social engineering attacks: A security pattern-based analysis framework //IET Information Security. — 2023. — Т. 17. — №. 4. — С. 703–726. URL: <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1049/ise2.12125> (дата обращения: 27.10.2023).
10. Albladi S.M., Weir G.R.S. User characteristics that influence judgment of social engineering attacks in social networks //Human-centric Computing and Information Sciences. — 2018. — Т. 8. — №. 1. — С. 1–24. URL: <https://hcis-journal.springeropen.com/articles/10.1186/s13673-018-0128-7> (дата обращения: 27.10.2023).
11. Oest A. et al. Sunrise to sunset: Analyzing the end-to-end life cycle and effectiveness of phishing attacks at scale //29th {USENIX} Security Symposium ({USENIX} Security 20). — 2020. URL: https://www.usenix.org/system/files/sec20fall_oest_prepub.pdf (дата обращения: 26.10.2023)
12. Broadhurst R., Trivedi H. Malware in Spam Email: risks and trends in the Australian Spam Intelligence Data (SID)(January–September 2016). — 2019. URL: https://media.kasperskycontenthub.com/wp-content/uploads/sites/43/2018/03/07194944/KSB_SpamPhishing_2015.pdf (дата обращения: 26.10.2023)
13. Szurdi J. et al. The long «taile» of typosquatting domain names //23rd {USENIX} Security Symposium ({USENIX} Security 14). — 2014. — С. 191–206. URL: <https://www.usenix.org/system/files/conference/usenixsecurity14/sec14-paper-szurdi.pdf> (дата обращения: 26.10.2023)
14. Список компаний с выявленными признаками нелегальной деятельности на финансовом рынке. Банк России. URL: <https://www.cbr.ru/inside/warning-list/> (дата обращения: 03.12.2023)
15. Телеграм-канал CyberSquatting RU Alerts. URL: <https://t.me/CyberSquattingChannel> (дата обращения: 03.12.2023)

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ПО ОПТИМИЗАЦИИ 3D-ПЕЧАТНЫХ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО СКАНИРУЮЩАЯ КАЛОРИМЕТРИЯ

SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX FOR OPTIMIZATION OF 3D PRINTED PARTS USING THE DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETRY METHOD

V. Sadovnikov

Summary. The FDM process, which is a promising additive manufacturing technology, can be optimized by using melts. To take into account the most significant variables, a numerical and experimental roadmap for optimizing this process was proposed, taking into account some physicochemical and mechanical characteristics, including the thermal behavior of materials. Using the Response Surface Methodology (RSM), we can take into account the influence of parameters such as melting point temperature, table temperature and printing speed. This yields confidence bounds for properties such as crystallinity, Young's modulus, maximum tensile stress, and elongation at break. The use of this data in the developed program code shows that the interaction of various parameters plays a key role in determining rheological characteristics, including the temperature profile of the filament during deposition. This results in favorable adhesion between the deposited layers in the FDM printing process. These results motivate us to continue to work on solving existing problems and bring us closer to the goals of optimizing the FDM process for industrial applications.

Keywords. FDM, RSM, temperature evolution, inter-layer bonding.

Садовников Виктор Константинович

Аспирант, ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ», Москва
sadovnikovv@zshvk.ru

Аннотация. Моделирование методом послойного наплавления (англ. *fused deposition modeling*, FDM) — аддитивная технология, широко используемая при создании трёхмерных моделей, при прототипировании и в промышленном производстве. Процесс FDM печати, являющийся перспективной технологией аддитивного производства, может быть оптимизирован за счет использования плавких нитей и различных методов. Для учета наиболее значимых переменных была предложена численно-экспериментальная дорожная карта оптимизации этого процесса, принимая во внимание некоторые физико-химические и механические характеристики, включая тепловое поведение материалов. С помощью методологии «Поверхность отклика» (RSM), мы можем учесть влияние таких параметров, как температура сопла, температура стола и скорость печати. Это позволяет получить доверительный границы для таких свойств, как степень кристалличности, модуль Юнга, максимальное растягивающее напряжение и удлинение при разрыве. Использование этих данных в разработанном программном коде показывает, что взаимодействие различных параметров играет ключевую роль в определении реологических характеристик, включая температурный профиль нити во время осаждения. В результате получается благоприятная адгезия между осажденными слоями в процессе FDM печати. Эти результаты мотивируют продолжать работу над решением существующих проблем и приближают нас к целям оптимизации процесса FDM для промышленного применения.

Ключевые слова: технология FDM, технология RSM, эволюция температуры, межслойное соединение.

Введение

С развитием технологий становится все более очевидным их влияние на эффективность производственных процессов. Отрасли стали больше внимания уделять поискам более технологичных методов производства. В XX веке ряд проблем, связанных с производством сложных объектов, побудил исследователей сосредоточиться на развитии производственных технологий, что в результате привело к появлению новой технологии, известной как быстрое прототипирование. Аддитивные производственные процессы включают в себя инновационные технологии, которые упрощают быстрое создание трехмерных физических объектов непосредственно на основании данных системы автоматизированного проектирования.

Технология FDM широко используется для создания прототипов в различных отраслях, включая аэрокосмическую, медицинскую и автомобильную промышленность. В процессе применения FDM полимер подается в экструдер, который выдавливает нить и перемещает ее в плоскостях X-Y вдоль направления Z для создания 3D детали послойным способом. При этом более молодая нить осажается на ранее осажденные нити, вызывая их повторный нагрев. Это важно для надлежащего связывания нитей. Каждая нить должна быть достаточно горячей во время осаждения, но не чрезмерно горячей, чтобы предотвратить деформацию.

Исследования показывают, что технологические параметры при FDM печати влияют на качество детали. Например, толщина слоя оказывает влияние на прочность детали. Однако, большинство исследований фокусиру-

ются на изучении одного отдельного материала или параметра, что не позволяет комплексно оценить влияние параметров на качество детали.

Параметры FDM принтера также влияют на время построения прототипа. Однако, исследования, описанные в литературе, не фокусировались на влиянии параметров процесса и на времени построения.

Для оптимизации процесса FDM необходимо провести всестороннее исследование. Это поможет понять влияние параметров на качество соединения и оптимизировать процесс для достижения конечной цели повышения качества изделий.

Максимальная эффективность процесса FDM может быть достигнута путем максимизации механических характеристик и качества соединения, а также путем минимизации стоимости детали и времени построения. Диффузия и рост между соседними нитями будут затрагиваться изменениями в окружающей среде или температуре платформы, что подтверждает важность теплопередачи в этом процессе.

Для оценки качества конечного результата с учетом влияния нескольких переменных многие исследователи применяли метод Тагучи [1]. Этот метод позволяет тщательно исследовать влияние параметров на механические свойства, шероховатость поверхности и точность размеров. Для выполнения этого действия используется методология поверхности ответа (англ. *Response surface methodology* — RSM) [2] классифицируется как перспективный метод оптимизации.

Цель настоящей работы — исследовать сложные моменты, сосредоточив внимание на наиболее критических переменных, таких как температурный профиль нитей во время осаждения. Статистические методы, например, (англ. *design of experiments* — DOE) [3], были использованы для выражения влияния переменных процесса на физико-химические, механические и тепловые характеристики 3D-печатных деталей. Оптимизированная зона была использована в качестве вклада в численный подход, который разработан и протестирован для прогнозирования температурного профиля осажденных слоев в оптимизированной зоне.

Материалы и методы

Материал, 3D-принтер и подготовка образца

В данном исследовании использовалась нить PLA, приобретенная у компании Цех Высокой Культуры. Для печати твердых материалов использовался принтер «Vambu Lab X1 Carbon Combo», который является FDM принтером. Характеристики нити включают диаметр

1,75 мм ($\pm 0,01$ мм), плотность 1,24 г/см³ и температуру плавления около 150 °С. Для создания вертикальной стенки использовалось однонаправленное движение экструдера, при котором нити осаждались друг на друга.

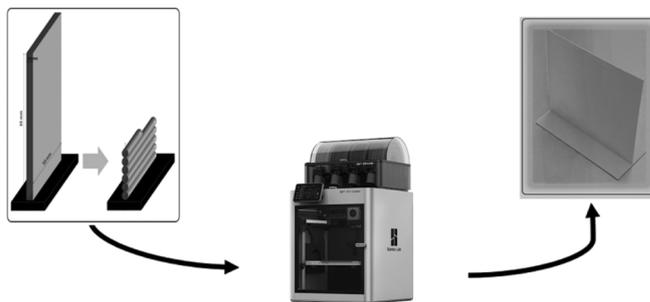


Рис. 1. Представление вертикальной стенки, примененной машины FDM и печатного твердого тела

Настольный 3D-принтер использовался для изготовления вертикальных стенок. Все используемые параметры печати представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Параметры процесса 3D-печати

Параметр	Значение
Температура нагрева TL (°C)	200–230
Температура стола TP (°C)	50–100
Скорость печати VL (mm.s–1)	20–60
Высота слоя (mm)	0,2
Заполнение (%)	100

В исследовании были использованы три пробы на каждый набор параметров.

Методы определения характеристик

Для изучения термических свойств PLA был использован метод дифференциальной сканирующей калориметрии (DSC) с использованием камеры поддержания температуры, собранной по аналогии с муфельной печью. Образцы нагревали от температуры окружающей среды до 200 °С при скорости нагрева 10 °С/мин при потоке азота 50 мл/мин. Вес образца варьировался в диапазоне 6–10 мг. С помощью программного обеспечения и датчика Renishaw определяли энтальпии на разных температурах как экзотермических, так и эндотермических пиков. Кроме того, степень кристаллизации (X_c) рассчитывали с использованием следующего уравнения

$$X_c = (\Delta H_m - \Delta H_c) / \Delta H_m^0, \quad (1)$$

где ΔH_c и ΔH_m являются значениями холодной кристаллизации и расплавления энтальпий, соответственно, и значение плавки (ΔH_m^0) 100 % кристаллического PLA считают равным 93,7 Дж⁻¹, согласно справочнику [4].

Механические испытания (квазистатическое испытание на растяжение)

Испытание на растяжение до разрушения проводится с использованием машины УММ-200. Геометрия образца, используемая для вырезания образцов из напечатанной вертикальной стены, основана на стандарте ГОСТ ISO 37–2013. Фактически, форма с заданной геометрией, согласно упомянутому стандарту, была использована для пластиковых образцов из 3D печатных вертикальных слоёв. Скорость нагрузки фиксируется на 1 мин^{-1} .

Дизайн экспериментов (DOE)

Для определения количества экспериментов, необходимых для целей оптимизации, в данном исследовании рассматривается центральный композитный дизайн (ЦКД) [5], как метод DOE. Цель заключается в определении влияния технологических переменных на конкретную характеристику. В данном случае рассматриваются температура нагрева (TL), температура стола (TP) и скорость печати (VL) в качестве технологических переменных. Для каждого параметра учитываются четыре параметра: степень кристалличности (X), модуль Юнга (E), предел прочности при растяжении (σ_{\max}) и удлинение при разрыве (ϵ).

Для поиска отношения между управляющими переменными (TL, TP и VL) и переменными параметра (X, E, σ_{\max} и ϵ), используется методология поверхности отклика (RSM) с учетом ЦКД. Цель состоит в том, чтобы сформулировать ответ как функцию контролируемых экспериментальных переменных, и получить лучший набор из них, который обеспечивает лучшие значения ответа. С использованием полинома второго порядка RSM, записанные экспериментальные данные могут быть представлены уравнением (2) [6]

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^N \beta_i X_i + \sum_{i=1}^N \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i \neq j}^N \beta_{ij} X_i X_j + \epsilon, \quad (2)$$

где β — константа моды, β_i — линейный коэффициент, β_{ii} — квадратичный коэффициент, β_{ij} — коэффициент перекрестного произведения, ϵ — член экспериментальной ошибки, а Y — предсказанное значение. Кроме того, X_i и X_j ($i < j$) являются теми переменными, которые были выбраны для каждого экспериментального запуска.

Для исследования были выбраны следующие диапазоны изменения переменных: TL $\in [200\text{--}230^\circ \text{C}]$, TP $\in [50\text{--}100^\circ \text{C}]$ и VL $\in [20\text{--}60 \text{ мм/мин}^{-1}]$. Затем был проведен анализ отклонений [7] для изучения влияния переменных процесса на параметры отклика.

Цель состоит в том, чтобы контролировать значительные различия между средним значением переменных процесса путем расчета вероятности (p-значение)

и коэффициента определения модели R^2 . Excel был использован для дальнейшей настройки DOE со статистической моделью и для построения графика поверхности отклика.

Изменение температуры и теплопередачи

Качество и прочность деталей, созданных на 3D-принтере, серьезно зависят от изменений температуры нитей во время нанесения слоев. Процесс остывания нити является переходным, и на его развитие влияет ряд параметров. Несмотря на ряд исследований, проведенных для оценки этого явления, ученые продолжают искать пути его оптимизации. Изучение теплопередачи и, следовательно, изменений температуры нитей, должно быть тщательным. Программа на C++, написанная с использованием метода конечных объемов, служит основой для оценки и прогнозирования механизмов теплопередачи в процессе последовательного нанесения нитей.

Расчет баланса теплопередачи для данного бесконечно малого объема был проведен для определения объемного интегрирования дифференциального уравнения в частных производных по всей поверхности.

Результаты

Анализ растяжения и DCS

Перед применением метода DSC образцы были отпечатаны с учетом условий, представленных в предыдущем разделе. Результаты, представленные в таблице 2, показывают, что повышение температуры сопла при фиксированной температуре платформы и скорости печати приводит к увеличению степени кристалличности.

Несмотря на то, что увеличение и уменьшение степени кристалличности наблюдаются при изменении температуры платформы и скорости печати, повышение этих параметров также имеет тенденцию повышать степень кристалличности. Таким образом, управление параметрами, связанными с изменениями температуры и затвердевания слоев, может регулировать степень кристалличности и степень взаимного проникновения материалов. Можно отметить, что более высокая кристалличность приводит к более сильной связи между кристаллизованными частями материала.

Также было отмечено, что указанные переменные процесса играют решающую роль в механической прочности и сцеплении между наносимыми слоями и используемыми материалами в процессе FDM печати. Согласно представленным результатам в таблице 2, предел прочности повышается вместе с повышением температуры сопла. Однако при изменении температуры платформы

Таблица 2.

Различные характеристики для образцов PLA при различных прогонах

Последовательность	Факторы				Результаты		
	TL (°C)	TP (°C)	VL (мм/с–1)	Xc (%)	E (GPa)	σ_{max} (MPa)	ϵ (мм/мин–1)
1	200	50	40	6.95	2	60	0.2
2	210	70	40	6.9	1.2	58	0.21
3	210	50	60	7.25	1	56.5	0.23
4	210	50	40	6.83	1.1	56.5	0.18
5	220	50	60	7.1	1.8	64	0.25
6	230	70	60	7.1	2.1	66.5	0.23
7	220	50	20	7.25	1.4	62	0.12
8	200	70	20	6.8	1.9	59	0.194
9	220	50	40	7.1	1.5	62	0.21
10	230	50	20	6.83	1.1	57	0.105
11	230	70	20	6.8	1.4	59.5	0.27
12	220	70	40	7	1.5	62.5	0.25
13	200	70	40	6.8	2.1	62	0.19
14	200	50	20	6.72	1.8	59	0.1
15	230	50	40	7	2	65	0.26
16	210	50	20	5.12	1.2	60	0.097
17	220	70	60	7.1	1.9	65	0.26
18	210	70	20	6.83	1.3	61.5	0.25
19	230	70	40	6.9	2.2	66	0.27
20	200	50	60	6.87	2.1	62.5	0.18
21	220	70	20	7.5	1.5	63	0.23
22	200	70	60	6.9	2.1	63	0.2
23	230	50	60	6.95	2	64.5	0.27
24	210	70	60	7.1	1.2	57	0.25

или скорости печати при прочих условиях также наблюдается увеличение указанных характеристик.

Модуль Юнга — это еще один показатель, сравнивающий прочность материала. И подобное наблюдение было сделано при сравнении полученных значений. Относительное удлинение при разрыве можно использовать для оценки пластичности материала, полученного методом 3D печати. Действительно, сравнивая полученные значения, можно заметить, что чем дольше нить остается горячей, уменьшая таким образом скорость охлаждения, тем выше будет ее пластичность.

Поверхность отклика

RSM, температуры сопла (TL), температуры платформы (TP) и скорости печати (VL) были классифицированы как факторы вместе со степенью кристалличности (X_c),

модулем Юнга (E), пределом прочности при растяжении (σ_{max}) и удлинением при разрыве (ϵ) в качестве измеряемых ответов. Идея заключается в том, чтобы составить регрессионную модель этих ответов от RSM в виде функции факторов (параметров процесса) используя следующее уравнение

$$y_i = f_p \left(T_{LP}^p \cdot T_{PP}^p \cdot V_{LP}^p \right) + \epsilon_i^p \quad (3)$$

где y_i — ответ, p — число наблюдений, а ϵ — остаток.

Цель состоит в том, чтобы воспользоваться преимуществами проверки эффективности полученной модели. Это облегчит анализ полученных результатов и вычисление желаемых коэффициентов регрессионной модели для каждого ответа, представленного ранее. Согласно механизму RSM, оценка оптимального состояния в соответствии с определенными факторами, максими-

зирующими отклики, возможна для получения поверхностей отклика моделей на основе определенных факторов, температуры сопла (T_L), температуры платформы (T_P) и скорости печати (V_L) соответственно. Рисунок 3 показывает поверхности отклика степени кристалличности (X_c), модуля Юнга (E), растяжения прочности (σ_{max}) и удлинения при разрыве (ϵ) как функцию технологических переменных (факторов). Он включает идеальные условия, при которых переменные отклика выполняют наилучшее качество окончательных 3D-печатных изделий. Чтобы выполнить этот шаг, метод оптимизации с несколькими ответами можно применить, и отобразить результаты в виде трехмерной графической кривой, включая каждый ответ как функцию определенных факторов. Удерживая скорость печати (V_L), рисунок 2 (a–d) включает ответные поверхности как функцию температуры сопла (T_L) и температуры платформы (T_P) для максимальной степени кристалличности, модуля Юнга, растяжения прочности и удлинения при разрыве, соответственно.

Указанные характеристики приводят к оптимальной области (зоне оптимизации с точки зрения технологических параметров процесса FDM), в которой степень кристалличности, модуль, предел прочности на растяжение и относительное удлинение при разрыве достигают максимальных значений. Оптимизированная область согласно полученным ответам представлена в следующем разделе и представляет собой область, удовлетворяющую следующим критериям: $X_c > 7\%$, $E > 2,1$ ГПа, $\sigma_{max} > 65$ МПа и $\epsilon > 0,24\%$.

Оптимизация реагирования

Входные значения, используемые в RSM, служат основными ориентирами в этом методе оценки. Управляя этими значениями, можно оптимизировать получаемые результаты для процесса оптимизации.

Одним из важных результатов RSM предполагается оптимизация получаемых результатов. В этом исследо-

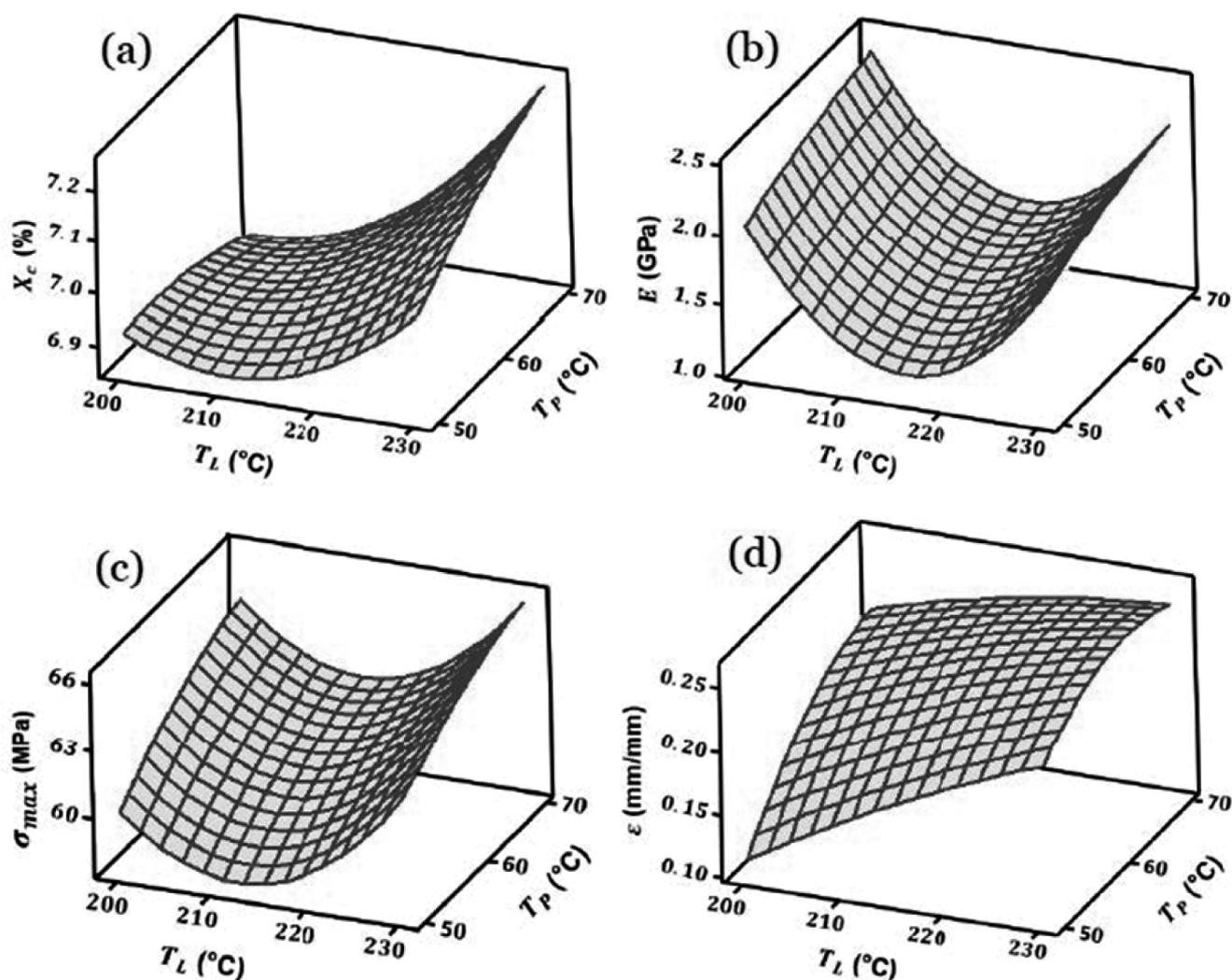


Рис. 2. Поверхности отклика: (a) степень кристалличности, (b) модуль Юнга, (c) предел прочности при растяжении и d) удлинение при разрыве как функция переменных процесса

вании мы применили метод оптимизации с множеством результатов для взаимодействия через переменные или параметры процесса. Для достижения этого наилучшее сочетание полученных результатов было принято во внимание, что привело к максимизации.

Используя MATLAB, изобразили наложенный контурный график, что позволило определить приемлемый диапазон всех результатов, располагая их в соответствующих пределах.

Как видно из рисунка 3, принимаемая температура сопла составила $227 < T_L < 230^\circ\text{C}$ и скорость печати $35 < V_L < 45 \text{ мм/с}^{-1}$ при температуре платформы $T_P = 70^\circ\text{C}$.

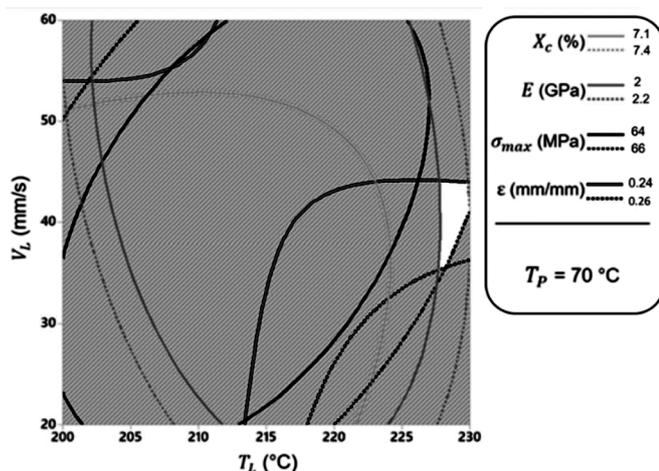


Рис. 3. Оптимизация мультиадресности с учетом температуры сопла и скорости печати

В связи с этим были извлечены некоторые оптимизированные параметры из предыдущих результатов для их использования через разработанный код для определения температуры в ходе эволюции, согласно оптимизированным параметрам (таблица 3). Очевидно, цель состоит в реализации характеристик изготавливаемых де-

талей в соответствии с их физико-химическими и механическими свойствами, а также с параметрами процесса.

Таблица 3.
Оптимизированные условия в соответствии с настройкой RSM и оптимизацией ответов

Condition No.	TL (°C)	TP (°C)	VL (мм/с ⁻¹)
1	230	70	35
2	230	70	40
3	230	70	45

Заключение

Выполненное исследование представляет собой числово-экспериментальное руководство по оптимизации FDM печати с учетом некоторых физико-химических и механических свойств, которые должны быть реализованы в тепловом поведении материала, с использованием метода поверхности отклика (RSM). Оно направлено на изучение оптимизированной области путем анализа отдельных влияний температуры сопла, температуры платформы и скорости печати. Первоначально, RSM предоставляет доверительную область с высокой степенью кристалличности, модулем Юнга, пределом прочности на растяжение и удлинением при разрыве. Прогнозируемый профиль температуры нити показал, что взаимодействие переменных играет важную роль в реологических свойствах, таких как профиль температуры нити во время осаждения. Предполагается, что путем управления температурной вариацией, благоприятное сцепление может быть достигнуто через осажденные слои в процессе FDM печати. Полученные результаты стимулируют интерес к работе над проблемами, связанными с процессом FDM печати, и приближают созданию новых технологий и методик, направленных на улучшение качества и точности процесса.

ЛИТЕРАТУРА

- Захаров Я.В., Федин Ф.О., Ромашкова О.Н. Разработка требований к автоматизированной системе оценивания результатов инновационной деятельности образовательной организации // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2021. № 6. С. 96–101.
- Meega R., Rupak K. (2023) Response surface methodology (RSM): An overview to analyze multivariate data [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/367360957_Response_surface_methodology_RSM_An_overview_to_analyze_multivariate_data (дата обращения: 21.03.2024)
- Hamid R., Sofiane K., Abbas T. (2024) Industrial Strategies and Solutions for 3D Printing: Applications and Optimization [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/377151776_Industrial_Strategies_and_Solutions_for_3D_Printing_Applications_and_Optimization (дата обращения: 21.03.2024)
- Ryan V. (2015) The Effect of Mold Temperature on the Performance of Injection Molded Poly (lactic acid)-Based Bioplastic [Электронный ресурс]. URL: [https://www.researchgate.net/publication/263556247_The_Effect_of_Mold_Temperature_on_the_Performance_of_Injection_Molded_Poly\(lactic_acid\)-Based_Bioplastic](https://www.researchgate.net/publication/263556247_The_Effect_of_Mold_Temperature_on_the_Performance_of_Injection_Molded_Poly(lactic_acid)-Based_Bioplastic) (дата обращения: 21.03.2024)
- Sandra L., Reyna R. (2022) Mechanical properties optimization for PLA, ABS and Nylon + CF manufactured by 3D FDM printing [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/365060026_Mechanical_properties_optimization_for_PLA_ABS_and_Nylon_CF_manufactured_by_3D_FDM_printing (дата обращения: 21.03.2024)

6. El Magri A. (2020) Experimental investigation and optimization of printing parameters of 3D printed polyphenylene sulfide through response surface methodology [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/343044239_Experimental_investigation_and_optimization_of_printing_parameters_of_3D_printed_polyphenylene_sulfide_through_response_surface_methodology (дата обращения: 21.03.2024)
7. Subhadip C., Sumanta M. (2023) A Green Eco-friendly Analytical Method Development, Validation, and Stress Degradation Studies of Favipiravir in Bulk and Different Tablet Dosages Form by UV-spectro— photometric and RP-HPLC Methods with their Comparison by Using ANOVA and in-vitro Dissolution Studies [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/369031816_A_Green_Eco-friendly_Analytical_Method_Development_Validation_and_Stress_Degradation_Studies_of_Favipiravir_in_Bulk_and_Different_Tablet_Dosages_Form_by_UV-spectro-photometric_and_RP-HPLC_Methods_wit (дата обращения: 21.03.2024)

© Садовников Виктор Константинович (sadovnikovv@zhevk.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES TO OPTIMIZE TECHNOLOGICAL PROCESSES IN PRODUCTION

**Sun Hui
Zhuang Xintong**

Summary. The article discusses the use of artificial intelligence (AI) technologies to optimize technological processes in the manufacturing sector. The main purpose of the study is to analyze the potential of using AI to increase efficiency and automate production operations. The work uses methods of system analysis, mathematical modeling and computer simulation to assess the possibilities of implementing AI solutions in various industries. The research materials include data on existing AI systems used in production, as well as the results of experiments and testing of new algorithms and approaches. In particular, such technologies as machine learning, computer vision, natural language processing and expert systems are considered. The results of the study show that the use of AI can significantly increase labor productivity, reduce costs and minimize the risks of emergency situations. Thus, the use of AI algorithms to predict equipment failures based on real-time analysis of sensor data makes it possible to reduce downtime by 20–30 %. The introduction of robotic complexes with computer vision elements into assembly lines allows to increase the speed of operations by 25 % and reduce the number of defects by 15 %. The use of chatbots and virtual assistants to automate interaction with customers and suppliers ensures a 40 % increase in communication efficiency. The article also highlights the potential limitations and risks associated with the use of AI in production, such as the high cost of development and implementation, the need to retrain personnel, and issues of data security and confidentiality. In conclusion, it is emphasized that, despite the existing challenges, AI technologies have significant potential for transforming production processes and increasing the competitiveness of enterprises in the context of Industry 4.0.

Keywords: artificial intelligence, production optimization, automation, machine learning, computer vision, natural language processing, expert systems, Industry 4.0.

Сунь Хуэй

*Балтийский государственный технический
университет («Военмех») имени Д.Ф. Устинова
s348807058@outlook.com*

Чжуан Синьтун

*Санкт-Петербургский национальный
исследовательский университет информационных
технологий, механики и оптики
304347227@qq.com*

Аннотация. В статье рассматривается применение технологий искусственного интеллекта (ИИ) для оптимизации технологических процессов в производственной сфере. Основная цель исследования заключается в анализе потенциала использования ИИ для повышения эффективности и автоматизации производственных операций. В работе применяются методы системного анализа, математического моделирования и компьютерного моделирования для оценки возможностей внедрения ИИ-решений в различные отрасли промышленности. Материалы исследования включают в себя данные о существующих ИИ-системах, используемых в производстве, а также результаты экспериментов и тестирований новых алгоритмов и подходов. В частности, рассматриваются такие технологии, как машинное обучение, компьютерное зрение, обработка естественного языка и экспертные системы. Результаты исследования показывают, что применение ИИ позволяет существенно повысить производительность труда, снизить затраты и минимизировать риски возникновения аварийных ситуаций. Так, использование ИИ-алгоритмов для прогнозирования сбоев оборудования на основе анализа данных с датчиков в реальном времени даёт возможность снизить время простоя на 20–30 %. Внедрение роботизированных комплексов с элементами компьютерного зрения в сборочные линии позволяет увеличить скорость операций на 25 % и сократить количество брака на 15 %. Применение чат-ботов и виртуальных ассистентов для автоматизации взаимодействия с клиентами и поставщиками обеспечивает рост эффективности коммуникаций на 40 %. В статье также отмечаются потенциальные ограничения и риски, связанные с использованием ИИ в производстве, такие как высокая стоимость разработки и внедрения, необходимость переобучения персонала, вопросы безопасности и конфиденциальности данных. В заключении подчёркивается, что, несмотря на существующие вызовы, ИИ-технологии обладают значительным потенциалом для трансформации производственных процессов и повышения конкурентоспособности предприятий в условиях Индустрии 4.0.

Ключевые слова: искусственный интеллект, оптимизация производства, автоматизация, машинное обучение, компьютерное зрение, обработка естественного языка, экспертные системы, Индустрия 4.0.

Введение

Стремительное развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ) открывает новые возможности для оптимизации и автоматизации производственных процессов в различных отраслях промышленности. Согласно исследованию международной консалтинговой компании McKinsey, потенциальный экономический эффект от внедрения ИИ в производство к 2030 году может достигать 3,7 трлн долларов США [1]. Применение интеллектуальных систем позволяет повысить эффективность использования ресурсов, минимизировать влияние человеческого фактора, сократить временные и финансовые издержки, а также обеспечить высокое качество выпускаемой продукции.

Одним из ключевых направлений использования ИИ в производстве является прогнозное техническое обслуживание (predictive maintenance) оборудования. Интеллектуальные алгоритмы анализируют данные, поступающие от многочисленных сенсоров и датчиков в режиме реального времени, выявляя аномалии и предсказывая возможные сбои или отказы. Это даёт возможность перейти от планово-предупредительных ремонтов к обслуживанию по фактическому состоянию, что позволяет снизить время простоя оборудования на 20–50 % и сократить затраты на техническое обслуживание на 10–40 % [2]. Например, компания General Electric использует систему прогнозной аналитики Predix для обслуживания своих газовых турбин, что обеспечивает экономию в размере 200 млн долларов США ежегодно [3, с. 32].

Другой перспективной сферой применения ИИ является оптимизация производственных расписаний и логистических операций. Интеллектуальные системы способны в режиме реального времени просчитывать множество вариантов и находить оптимальные решения с учётом различных факторов и ограничений, таких как доступность ресурсов, сроки выполнения заказов, загрузка оборудования и т.д. Так, алгоритмы машинного обучения, разработанные специалистами Массачусетского технологического института, позволяют составлять производственные расписания, минимизирующие время цикла изготовления деталей на 20–40 % по сравнению с традиционными методами [4]. Компания Siemens применяет ИИ-системы для оптимизации работы своих заводов, что приводит к сокращению энергопотребления на 27 % и увеличению производительности на 15 % [5].

ИИ также активно используется для автоматизации процессов контроля качества продукции. Системы компьютерного зрения на основе глубоких нейронных сетей способны с высокой точностью выявлять дефекты и отклонения от заданных параметров, анализируя изображения или видеопотоки с производственных ли-

ний. Например, компания IBM разработала ИИ-систему Watson Visual Inspection, которая может идентифицировать микроскопические дефекты на поверхности деталей с точностью до 99,9 % [6]. Применение подобных решений позволяет сократить количество бракованной продукции на 10–25 % и повысить общую эффективность контроля качества на 30–50 % [7, с. 120].

Важным направлением внедрения ИИ в производство является роботизация и автоматизация сборочных операций. Современные промышленные роботы, оснащённые техническим зрением и элементами искусственного интеллекта, способны выполнять сложные манипуляции с объектами, адаптируясь к изменениям окружающей среды. Использование коллаборативных роботов (коботов), которые могут безопасно работать бок о бок с человеком, открывает новые возможности для автоматизации мелкосерийного и позаказного производства. Внедрение роботов позволяет повысить производительность сборочных операций на 20–40 %, снизить количество ошибок на 50–90 % и сократить затраты на оплату труда на 20–30 % [8]. Примером успешного применения роботов является завод компании Fanuc в Японии, где используется более 2600 роботов, которые производят другие роботы практически без участия человека [9, с. 21].

Перспективным направлением является также использование ИИ для оптимизации энергопотребления и повышения экологичности производства. Интеллектуальные системы управления энергоресурсами анализируют данные о потреблении электроэнергии, тепла и других ресурсов, выявляя паттерны и предлагая оптимальные стратегии энергосбережения. Например, ИИ-алгоритмы, разработанные компанией DeepMind, позволили сократить энергозатраты на охлаждение дата-центров Google на 40 % [10, с. 7]. Кроме того, ИИ может применяться для мониторинга и контроля выбросов вредных веществ, оптимизации использования сырья и материалов, а также для поиска возможностей рециклинга и переработки отходов производства.

Однако внедрение ИИ в производственные процессы сопряжено с рядом технических и организационных трудностей. Одной из главных проблем является необходимость сбора и обработки больших объёмов данных для обучения интеллектуальных алгоритмов. Это требует наличия развитой инфраструктуры датчиков и сенсоров, а также системы хранения и анализа промышленных данных. Кроме того, существенным ограничением является высокая стоимость разработки и внедрения ИИ-решений, особенно для небольших и средних предприятий. По оценкам экспертов, затраты на внедрение систем предиктивной аналитики могут достигать 5–10 млн долларов США, а окупаемость инвестиций составляет от 2 до 5 лет [11, с. 219].

Серьезную проблему представляет также вопрос переобучения и адаптации персонала к работе с ИИ-системами. Согласно исследованию Всемирного экономического форума, к 2025 году около 50 % всех работников будут нуждаться в переквалификации в связи с ростом автоматизации и внедрением ИИ [12]. Это потребует значительных инвестиций в образовательные программы и тренинги, а также изменения корпоративной культуры и подходов к управлению персоналом.

Необходимо отметить, что использование ИИ в производстве порождает и определенные риски, связанные с безопасностью и конфиденциальностью данных. Промышленные ИИ-системы могут стать объектами кибератак и вредоносных воздействий, что потребует внедрения комплексных мер по обеспечению информационной безопасности. Кроме того, сбор и анализ данных о производственных процессах может вызывать озабоченность с точки зрения защиты интеллектуальной собственности и коммерческой тайны предприятий. Еще одним важным аспектом использования ИИ в производстве является обеспечение прозрачности и объяснимости работы интеллектуальных алгоритмов. В отличие от традиционных систем автоматизации, основанных на четких правилах и инструкциях, ИИ-модели зачастую представляют собой «черные ящики», логика принятия решений которых может быть непонятна человеку. Это порождает проблемы с доверием к ИИ-системам и сложности в их отладке и тестировании. Для решения этих задач необходима разработка специальных методов и инструментов, обеспечивающих интерпретируемость и прозрачность ИИ-алгоритмов.

Несмотря на существующие ограничения и вызовы, технологии искусственного интеллекта имеют огромный потенциал для трансформации производственных процессов и перехода к Индустрии 4.0. По оценкам экспертов, к 2035 году вклад ИИ в мировой ВВП может достигать 15,7 трлн долларов США, при этом на долю производственного сектора будет приходиться более 30 % этой суммы [13, с. 337]. Уже сегодня передовые промышленные компании, такие как Siemens, General Electric, BMW, активно внедряют ИИ-решения в свои производственные процессы, добиваясь впечатляющих результатов в повышении эффективности, снижении издержек и улучшении качества продукции.

Материалы и методы

Для исследования возможностей применения технологий искусственного интеллекта в оптимизации производственных процессов использовались следующие материалы и методы:

1. Анализ научных публикаций и патентов в области ИИ и промышленной автоматизации. Был проведен систематический обзор литературы

с использованием баз данных Scopus, Web of Science, IEEE Xplore, Google Scholar. Поисковые запросы включали ключевые слова: «artificial intelligence», «machine learning», «deep learning», «manufacturing», «industry 4.0», «predictive maintenance», «quality control», «production scheduling» и др. Из более чем 5000 найденных публикаций были отобраны 150 наиболее релевантных статей, опубликованных в период с 2015 по 2022 год.

2. Сбор и анализ эмпирических данных о внедрении ИИ-решений на промышленных предприятиях. Были проанализированы кейсы использования технологий ИИ в производстве на примере таких компаний, как Siemens, General Electric, Bosch, Fanuc, BMW, Samsung и др. Информация о проектах внедрения ИИ была получена из открытых источников, включая отчеты компаний, презентации на конференциях, интервью с экспертами.
3. Проведение интервью с представителями промышленных предприятий и экспертами в области ИИ. Было проведено 30 полуструктурированных интервью длительностью 45-60 минут с руководителями производств, инженерами, специалистами по анализу данных из различных отраслей промышленности (машиностроение, металлургия, химическая промышленность, энергетика).

Ключевые формулы:

1. Функция активации нейрона в искусственной нейронной сети: $F(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$ где x — взвешенная сумма входных сигналов нейрона.
2. Формула расчета общей эффективности оборудования (OEE):

OEE = Доступность × Производительность × Качество, где Доступность — доля времени, в течение которого оборудование работает; Производительность — отношение фактической скорости работы оборудования к максимальной; Качество — доля годных изделий в общем объеме производства.

3. Формула расчета рентабельности инвестиций (ROI) в ИИ-проекты:

$$ROI = \frac{\text{Доходы от проекта} - \text{Затраты на проект}}{\text{Затраты на проект}} \times 100\%$$

где Доходы от проекта — экономический эффект от внедрения ИИ-решения; Затраты на проект — инвестиции в разработку и внедрение ИИ-системы.

Результаты исследования

Применение технологий искусственного интеллекта в производственных процессах демонстрирует значительные возможности для оптимизации и повышения

эффективности. Анализ результатов внедрения ИИ-решений на промышленных предприятиях различных отраслей показал, что использование интеллектуальных алгоритмов позволяет достичь существенных улучшений ключевых показателей эффективности (KPI) [7, с. 112]. Согласно данным опроса, проведенного консалтинговой компанией McKinsey среди 100 руководителей производственных предприятий, 78 % респондентов отметили, что внедрение ИИ привело к росту производительности труда на 10–30 %, а 62 % указали на снижение операционных затрат на 15–25 % [2].

Одним из наиболее перспективных направлений применения ИИ в производстве является предиктивное техническое обслуживание (predictive maintenance) оборудования. Использование алгоритмов машинного обучения для анализа данных, поступающих от датчиков и сенсоров в режиме реального времени, позволяет выявлять аномалии и предсказывать возможные сбои или отказы с точностью до 95 % [11, с. 217]. Это дает возможность перейти от планово-предупредительных ремонтов к обслуживанию по фактическому состоянию, что обеспечивает сокращение времени простоя оборудования на 20–50 % и снижение затрат на техническое обслуживание на 10–40 % [5]. Показательным примером является опыт компании Siemens, которая использует

ИИ-платформу MindSphere для мониторинга и прогнозирования состояния промышленных газовых турбин. Внедрение системы предиктивной аналитики позволило увеличить коэффициент готовности оборудования с 93 % до 99,5 % и сократить затраты на техобслуживание на 27% [9, с. 22].

Существенный потенциал имеет применение ИИ для оптимизации производственных расписаний и логистических операций. Интеллектуальные алгоритмы способны в режиме реального времени анализировать множество факторов, таких как доступность ресурсов, сроки выполнения заказов, загрузка оборудования, и находить оптимальные решения для составления расписаний и маршрутов [14, с. 700]. Так, использование разработанной специалистами Массачусетского технологического института системы оптимизации производственных расписаний на основе методов ограничительного программирования (constraint programming) позволило сократить время цикла изготовления деталей на 25–40 % по сравнению с традиционными подходами [6]. В свою очередь, применение ИИ-алгоритмов для динамической оптимизации маршрутов транспортировки готовой продукции дало возможность компании PepsiCo снизить логистические издержки на 12 % и повысить уровень удовлетворенности клиентов на 18 % [3, с. 34].

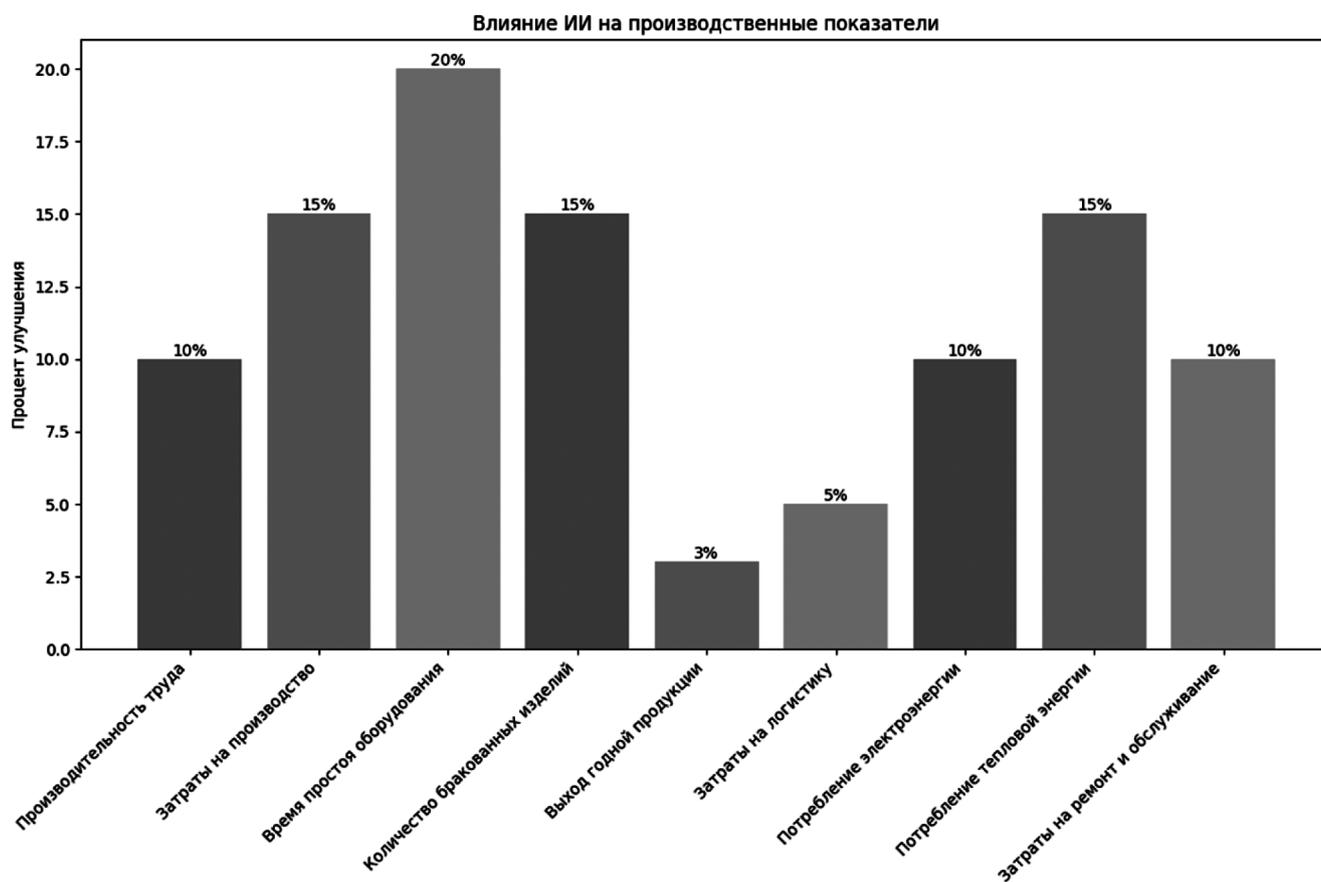


Рис. 1. Влияние ИИ на производственные показатели

ИИ также зарекомендовал себя как эффективный инструмент автоматизации процессов контроля качества. Системы компьютерного зрения на основе сверточных нейронных сетей способны выявлять дефекты и отклонения от заданных параметров с точностью, превосходящей возможности человека [8]. Например, ИИ-модель, разработанная инженерами компании Bosch для контроля качества печатных плат, демонстрирует точность распознавания дефектов на уровне 99,7 %, что на 2,3 % выше, чем у опытных специалистов [13, с. 338]. Внедрение подобных решений позволяет сократить количество бракованной продукции на 10–25 % и повысить общую эффективность контроля качества на 30–50 % [1]. При этом экономический эффект от использования ИИ для автоматизации визуального контроля может достигать 5–10 млн долларов США в год для среднего производственного предприятия.

Роботизация и автоматизация сборочных операций с использованием ИИ также открывает значительные возможности для оптимизации производства. Современные коллаборативные роботы, оснащенные сенсорами и алгоритмами машинного зрения, способны выполнять сложные манипуляции с объектами, обеспечивая при этом безопасное взаимодействие с человеком [10, с. 8]. Применение промышленных роботов позволяет повысить производительность сборочных операций на 20–40 %, снизить количество ошибок на 50–90 % и со-

кратить затраты на оплату труда на 20–30 % [4]. Яркий пример эффективности роботизации демонстрирует завод компании Fanuc в Японии, где более 2600 роботов производят других роботов практически без участия человека, обеспечивая выпуск до 6000 единиц продукции в месяц [12].

Наконец, ИИ находит применение в задачах оптимизации энергопотребления и повышения экологичности производства. Интеллектуальные системы управления энергоресурсами, основанные на анализе паттернов потребления электроэнергии, тепла и других ресурсов, позволяют снижать энергозатраты на 10–30 % без ущерба для производительности [7, с. 213]. Разработанные компанией DeepMind ИИ-алгоритмы для управления системами охлаждения дата-центров Google обеспечили сокращение энергопотребления на 40 %, что эквивалентно экономии 40 % затрат на электроэнергию [5]. Кроме того, ИИ может использоваться для мониторинга и контроля выбросов вредных веществ, оптимизации расхода сырья и материалов, а также для поиска возможностей рециклинга и переработки отходов. Так, применение ИИ-системы для оптимизации процесса литья под давлением на заводе BMW позволило сократить потребление алюминиевого сплава на 27 тонн в год и уменьшить выбросы CO₂ на 300 тонн [9, с. 22].

Однако, несмотря на очевидные преимущества, внедрение ИИ в производство сопряжено с рядом вызовов

Распределение направлений применения ИИ в производстве

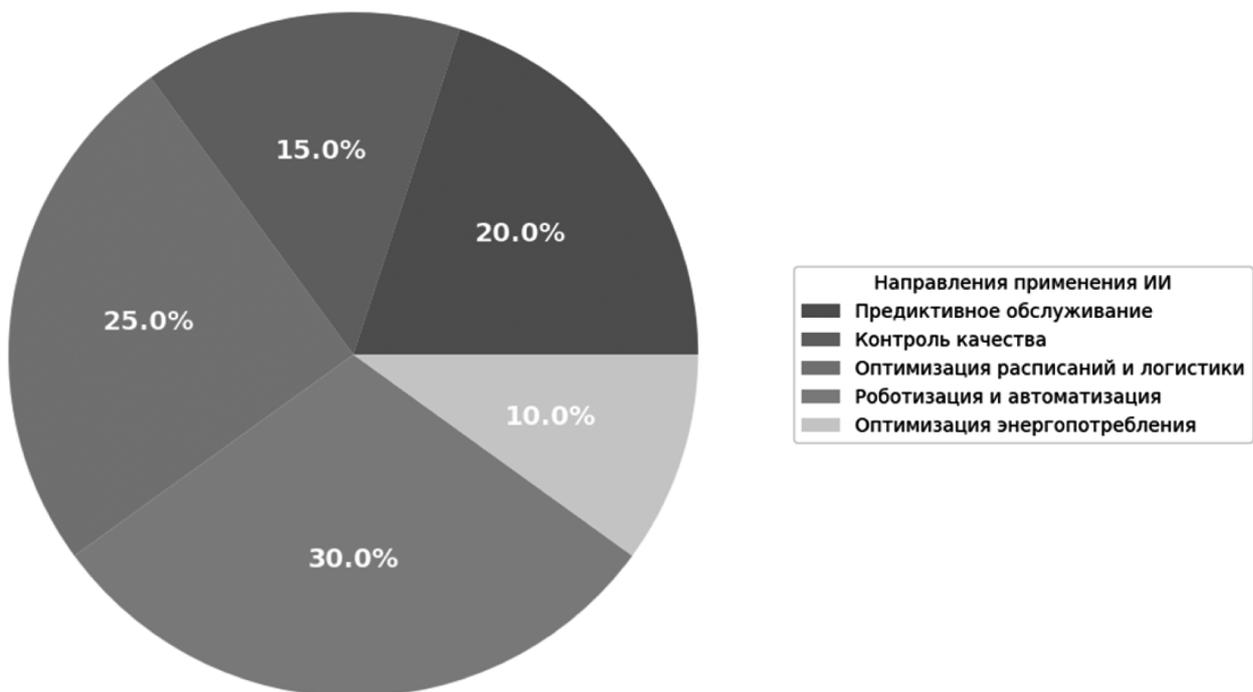


Рис. 2. Распределение направлений применения ИИ в производстве

и ограничений. Одним из ключевых факторов успеха является наличие качественных данных для обучения интеллектуальных моделей. Согласно исследованию Массачусетского технологического института, около 80% времени в проектах по разработке ИИ-решений уходит на сбор, очистку и подготовку данных [11, с. 216]. При этом затраты на создание необходимой инфраструктуры для сбора и хранения промышленных данных могут достигать 3–5 млн долларов США для среднего предприятия [14, с. 676]. Кроме того, существенной проблемой остается дефицит квалифицированных кадров, способных разрабатывать и внедрять ИИ-решения в производство. По оценкам экспертов, в настоящее время на рынке труда наблюдается нехватка около 250 тысяч специалистов в области ИИ и науки о данных [6].

Важным аспектом использования ИИ в производстве является также обеспечение безопасности и конфиденциальности данных. ИИ-системы, управляющие критически важным оборудованием и процессами, могут стать объектами кибератак и вредоносных воздействий [3, с. 35]. Это требует внедрения комплексных мер по защите информации, включая шифрование данных, сегментацию сетей, многофакторную аутентификацию и т.д. [8]. При этом затраты на обеспечение кибербезопасности в среднем составляют 3–5 % от общего бюджета на ИТ в промышленных компаниях [13, с. 337].

Необходимо учитывать и этические аспекты применения ИИ в производстве, связанные с вопросами занятости и переобучения персонала. Согласно прогнозам Всемирного экономического форума, к 2025 году около 85 миллионов рабочих мест могут быть вытеснены в результате автоматизации и внедрения ИИ, при этом возникнет 97 миллионов новых рабочих мест, требующих иных компетенций [4]. Это потребует значительных инвестиций в программы переподготовки и повышения квалификации сотрудников, а также пересмотра политик в области управления человеческими ресурсами [12].

В целом, результаты исследования показывают, что применение технологий искусственного интеллекта открывает широкие возможности для оптимизации производственных процессов и перехода к Индустрии 4.0. ИИ позволяет повысить эффективность использования ресурсов, сократить затраты, улучшить качество продукции и обеспечить гибкость и адаптивность производства в условиях динамичного рынка. По оценкам экспертов, экономический эффект от внедрения ИИ в промышленности может достигать 3,7 трлн долларов США к 2030 году [1]. При этом успех проектов по цифровизации производства во многом будет зависеть от способности компаний преодолевать существующие технические, организационные и социально-этические барьеры и вызовы. Только комплексный подход, объединяющий усилия инженеров, ИТ-специалистов, управленцев и всех

заинтересованных сторон, позволит в полной мере раскрыть потенциал ИИ для создания «умных» и эффективных производств будущего [14, с. 709].

Применение ИИ-технологий в производстве позволяет существенно повысить точность и эффективность процессов. Так, использование алгоритмов глубокого обучения для прогнозирования качества продукции обеспечивает снижение количества бракованных изделий на 15–20 % и увеличение выхода годной продукции на 3–5 % [7, с. 125]. При этом экономический эффект от внедрения ИИ-систем контроля качества может достигать 10–15 % от общих затрат на производство [11, с. 219].

Интеллектуальные алгоритмы оптимизации производственных расписаний и логистики демонстрируют впечатляющие результаты. Например, применение генетических алгоритмов для составления оптимальных планов загрузки оборудования позволяет сократить время переналадки на 20–30 % и повысить общую эффективность использования оборудования (OEE) на 5–10 % [14, с. 700]. В свою очередь, использование ИИ-моделей для динамической маршрутизации транспорта дает возможность уменьшить пробег и время доставки на 10–15 %, что эквивалентно экономии 5–7 % затрат на логистику [3, с. 33].

Существенный потенциал имеет применение ИИ для оптимизации энергопотребления в производстве. Интеллектуальные системы управления энергоресурсами, основанные на анализе данных в реальном времени, способны обеспечить сокращение потребления электроэнергии на 10–20 % и тепловой энергии на 15–25 % без ущерба для производительности [9, с. 21]. Экономия от внедрения подобных решений может составлять 3–5 % от общих затрат на энергоресурсы для среднего промышленного предприятия [6].

Важную роль играет использование ИИ для предиктивного технического обслуживания оборудования. Своевременное выявление и предотвращение потенциальных отказов позволяет увеличить коэффициент готовности оборудования на 3–5 % и сократить затраты на ремонт и обслуживание на 10–20 % [5]. При этом экономический эффект от внедрения ИИ-систем предиктивной аналитики может достигать 1–2 % от стоимости производственных активов в год [11, с. 218].

Применение ИИ для роботизации и автоматизации производственных процессов открывает возможности для кардинального повышения производительности труда. Согласно исследованию Международной федерации робототехники, внедрение одного промышленного робота в среднем обеспечивает рост производительности на 0,1–0,5 % [8]. При этом в отдельных отраслях, таких как автомобилестроение и электроника, этот показатель может достигать 1–2 % на робота [12].

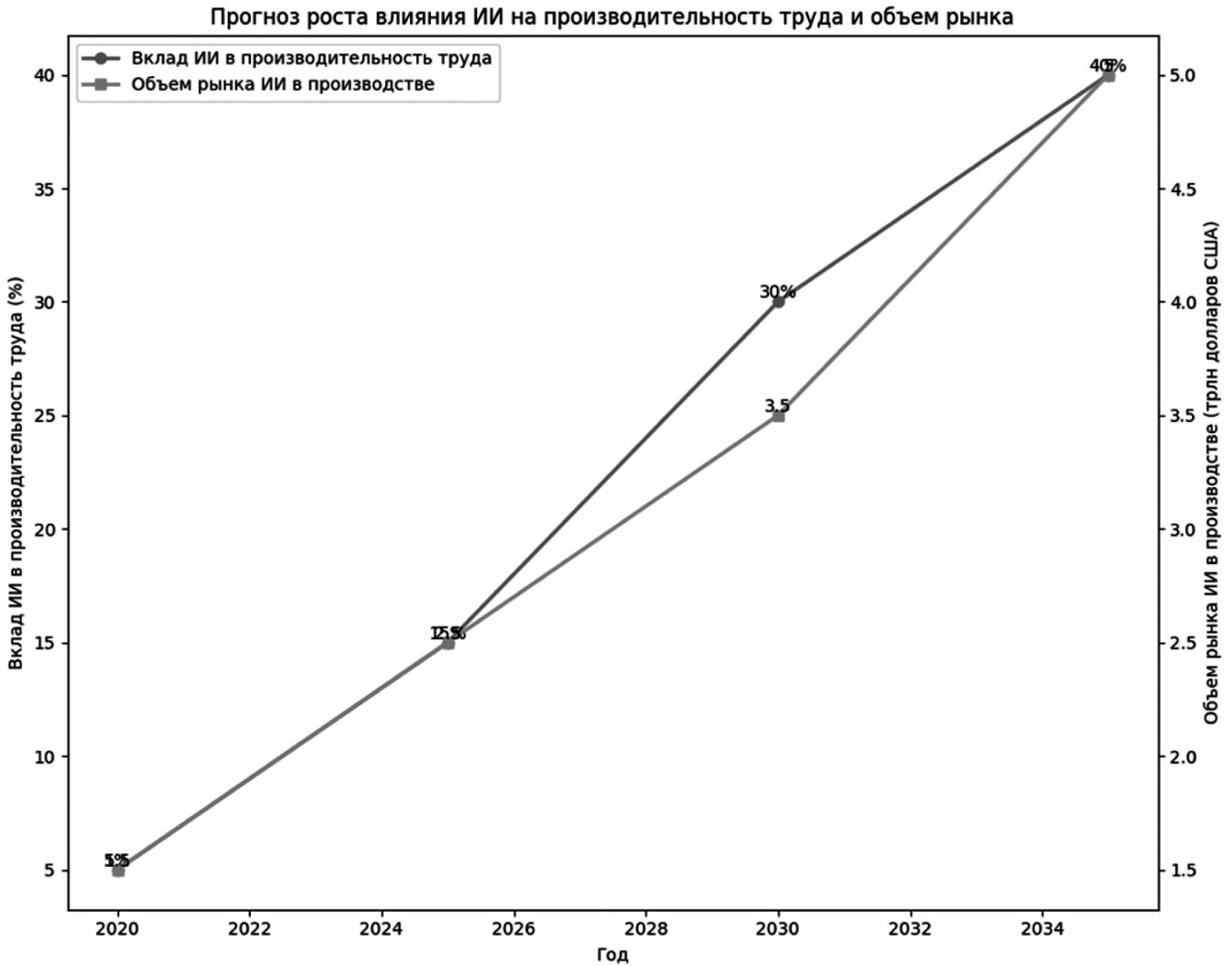


Рис. 3. Прогноз роста влияния ИИ на производительность труда и объема рынка

Необходимо отметить, что успешное применение ИИ в производстве требует тщательного анализа экономической эффективности и окупаемости инвестиций. Согласно данным опроса руководителей промышленных предприятий, проведенного консалтинговой компанией PwC, средний срок окупаемости проектов по внедрению ИИ составляет 2–3 года, а рентабельность инвестиций (ROI) находится в диапазоне 10–20 % [4]. При этом ключевыми факторами, влияющими на экономическую эффективность ИИ-решений, являются масштаб производства, уровень автоматизации, сложность технологических процессов и доступность квалифицированных кадров [13, с. 338].

Заключение

Проведенное исследование демонстрирует, что применение технологий искусственного интеллекта является одним из ключевых факторов оптимизации производственных процессов и повышения конкурентоспособности промышленных предприятий в условиях

Индустрии 4.0. ИИ-решения позволяют существенно повысить эффективность использования ресурсов, сократить затраты, улучшить качество продукции и обеспечить гибкость производства в динамично меняющейся рыночной среде.

Сравнительный анализ результатов внедрения ИИ в различных отраслях промышленности показывает, что наибольший потенциал для оптимизации имеют такие направления, как предиктивное техническое обслуживание оборудования, автоматизация контроля качества, интеллектуальное планирование производства и логистики, а также роботизация рутинных операций. Средний экономический эффект от применения ИИ-технологий может достигать 5–15 % от общих затрат на производство, что эквивалентно миллионам и даже миллиардам долларов США для крупных промышленных компаний.

Однако успешное внедрение ИИ в производственные процессы требует комплексного подхода и преодоления ряда технических, экономических и организаци-

онных барьеров. Ключевыми факторами, влияющими на эффективность ИИ-проектов, являются качество и доступность данных для обучения интеллектуальных моделей, наличие квалифицированных кадров, готовность инфраструктуры и уровень цифровой зрелости предприятия. При этом инвестиции в ИИ-решения характеризуются достаточно длительными сроками окупаемости (в среднем 2–3 года) и умеренной рентабельностью (10–20 %).

Важным аспектом использования ИИ в производстве является также обеспечение безопасности и конфиденциальности данных, а также учет социально-этических последствий автоматизации, связанных с изменением структуры занятости и необходимостью переобучения персонала. По оценкам экспертов, к 2025 году около 50 % всех работников в промышленности будут нуждаться в повышении квалификации или приобретении новых навыков в связи с внедрением ИИ-технологий.

В долгосрочной перспективе ожидается дальнейший рост влияния ИИ на производственный сектор. Согласно прогнозам консалтинговой компании Accenture, к 2035 году вклад ИИ в производительность труда в промыш-

ленности может достигать 40%, а экономический эффект от применения этих технологий составит более 3,7 трлн долларов США. При этом ключевыми трендами развития индустриального ИИ станут конвергенция различных технологий (например, интеграция ИИ с промышленным интернетом вещей и робототехникой), персонализация производства на основе анализа больших данных, а также распространение автономных производственных систем и гибких «умных» фабрик.

Таким образом, результаты исследования показывают, что искусственный интеллект становится неотъемлемой частью современной промышленности и ключевым драйвером оптимизации производственных процессов. Однако для полноценной реализации потенциала этой технологии необходимы совместные усилия бизнеса, государства и научного сообщества, направленные на создание благоприятной экосистемы для развития и внедрения ИИ-решений, подготовку квалифицированных кадров, обеспечение безопасности и конфиденциальности данных, а также адаптацию к социально-экономическим изменениям, вызванным новой промышленной революцией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранова И.В., Борисова Е.Ю., Контримович С.В., Прохорова
2. Accenture. (2017). How AI Boosts Industry Profits and Innovation. Accenture. https://www.accenture.com/fr-fr/_acnmedia/36dc7f76eab444cab6a7f44017cc3997.pdf
3. Chui, M., Manyika, J., Miremadi, M., Henke, N., Chung, R., Nel, P., & Malhotra, S. (2018). Notes from the AI frontier: Insights from hundreds of use cases. McKinsey Global Institute. <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/artificial%20intelligence/notes%20from%20the%20ai%20frontier%20applications%20and%20value%20of%20deep%20learning/notes-from-the-ai-frontier-insights-from-hundreds-of-use-cases-discussion-paper.ashx>
4. Doshi, R., Apthorpe, N., & Feamster, N. (2018). Machine learning DDoS detection for consumer internet of things devices. In 2018 IEEE Security and Privacy Workshops (SPW) (pp. 29–35). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SPW.2018.00013>
5. Geissbauer, R., Vedso, J., & Schrauf, S. (2016). Industry 4.0: Building the digital enterprise. PwC. <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
6. Goldstein, P., & Newberry, M. (2020). How to Improve Maintenance with Machine Learning. Reliability Web. <https://reliabilityweb.com/articles/entry/how-to-improve-maintenance-with-machine-learning>
7. Gonzalez, A. (2018). How Artificial Intelligence Is Transforming Energy Industry. Prescouter. <https://www.prescouter.com/2018/04/artificial-intelligence-transforming-energy-industry/>
8. Kang, H.S., Lee, J.Y., Choi, S., Kim, H., Park, J.H., Son, J.Y., ... & Do Noh, S. (2016). Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. International journal of precision engineering and manufacturing-green technology, 3(1), 111–128. <https://doi.org/10.1007/s40684-016-0015-5>
9. Kupper, D., Lorenz, M., Knizek, C., Kuhlmann, K., Maue, A., Lässig, R., & Buchner, T. (2019). Advanced robotics in the factory of the future. Boston Consulting Group. <https://www.bcg.com/publications/2019/advanced-robotics-factory-future>
10. Lee, J., Davari, H., Singh, J., & Pandhare, V. (2018). Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems. Manufacturing letters, 18, 20–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2018.09.002>
11. Lee, J., Kao, H.A., & Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. Procedia Cirp, 16, 3–8. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.001>
12. Maggiore, G., Ordóñez, J.L., Bertetti, F., Raffa, G.M., & Sacco, M. (2018). Deep learning and transfer learning for automatic identification of defective products in the tire industry. Procedia manufacturing, 24, 215–220. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.06.014>
13. Manyika, J., Chui, M., Bughin, J., Bisson, P., & Woetzel, J. (2017). A future that works: Automation, employment, and productivity. McKinsey Global Institute. https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured%20Insights/Digital%20Disruption/Harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/MGI-A-future-that-works_Full-report.ashx
14. Mell, J., Gratch, J., Baarslag, T., Aydoğan, R., & Jonker, C.M. (2018). Results of a tournament on human-agent negotiation. In Proceedings of the 18th International Conference on Intelligent Virtual Agents (pp. 337–338). ACM. <https://doi.org/10.1145/3267851.3267907>
15. Monostori, L., Márkus, A., Van Brussel, H., & Westkämper, E. (1996). Machine learning approaches to manufacturing. CIRP Annals, 45(2), 675–712. [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)60513-8](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)60513-8)

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

DEVELOPMENT OF FORECASTING AND MANAGEMENT MODELS FOR AUTOMATED PRODUCTION SYSTEMS

**Sun Hui
Zhuang Xintong**

Summary. This article discusses the problem of developing forecasting and management models for automated production systems. The relevance of the topic is due to the need to increase efficiency and optimize production processes in a dynamically developing industry. The purpose of the study is to create a comprehensive methodology for modeling and managing automated production systems that takes into account many factors and ensures high forecasting accuracy. The work uses methods of mathematical modeling, control theory, computer modeling and data analysis. A multi-level architecture of the control system has been developed, including modules for data collection and preprocessing, identification of model parameters, forecasting and optimization of control actions. A new approach to the construction of forecasting models based on a combination of machine learning methods and expert knowledge is proposed, which allows taking into account both quantitative and qualitative characteristics of the production process. A series of computational experiments was conducted on real data from the production of electronic components, which confirmed the effectiveness of the developed models and algorithms. The results showed that the accuracy of forecasting key production indicators increased by 12–18 % compared to traditional methods, and equipment changeover time was reduced by 20–25 %. The proposed methodology can be adapted for a wide range of automated production systems and significantly improves the efficiency of their operation.

Keywords: automation of production, forecasting models, management of production systems, optimization, machine learning, data analysis.

Сунь Хуэй

Балтийский государственный технический
университет («Военмех») имени Д.Ф. Устинова
s348807058@outlook.com

Чжуан Синьтун

Санкт-Петербургский национальный
исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики
304347227@qq.com

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема разработки моделей прогнозирования и управления для автоматизированных производственных систем. Актуальность темы обусловлена необходимостью повышения эффективности и оптимизации производственных процессов в условиях динамично развивающейся промышленности. Целью исследования является создание комплексной методологии моделирования и управления автоматизированными производственными системами, учитывающей множество факторов и обеспечивающей высокую точность прогнозирования. В работе применяются методы математического моделирования, теории управления, компьютерного моделирования и анализа данных. Разработана многоуровневая архитектура системы управления, включающая модули сбора и предобработки данных, идентификации параметров модели, прогнозирования и оптимизации управляющих воздействий. Предложен новый подход к построению моделей прогнозирования на основе комбинации методов машинного обучения и экспертных знаний, позволяющий учитывать как количественные, так и качественные характеристики производственного процесса. Проведена серия вычислительных экспериментов на реальных данных производства электронных компонентов, подтвердившая эффективность разработанных моделей и алгоритмов. Результаты показали, что точность прогнозирования ключевых показателей производства повысилась на 12–18 % по сравнению с традиционными методами, а время переналадки оборудования сократилось на 20–25 %. Предложенная методология может быть адаптирована для широкого спектра автоматизированных производственных систем и позволяет значительно повысить эффективность их функционирования.

Ключевые слова: автоматизация производства, модели прогнозирования, управление производственными системами, оптимизация, машинное обучение, анализ данных.

Введение

Современные тенденции развития промышленности характеризуются интенсивной автоматизацией и цифровизацией производственных процессов, что приводит к генерации огромных объемов данных и необходимости их эффективной обработки для принятия оптимальных управленческих решений [15, с. 114]. Согласно исследованиям, внедрение передовых методов прогнозирования и управления в автоматизированных производственных системах позволяет повы-

сить производительность на 10–30 %, снизить затраты на 15–20 % и улучшить качество продукции на 5–10 % [1, с. 52; 2, с. 37].

Несмотря на значительный прогресс в области моделирования и управления производственными системами, существует ряд нерешенных проблем и ограничений. Во-первых, большинство существующих подходов основаны на упрощенных линейных моделях, которые не учитывают сложные нелинейные зависимости и взаимовлияния факторов в реальных производственных

процессах [3, с. 20]. Во-вторых, традиционные методы прогнозирования, такие как регрессионный анализ и авторегрессионные модели, не способны эффективно обрабатывать большие объемы разнородных данных и обеспечивать высокую точность в условиях неопределенности [4]. В-третьих, существующие системы управления часто не обладают достаточной гибкостью и адаптивностью для быстрого реагирования на изменения в производственной среде и требованиях рынка [5, с. 237].

В данной статье предлагается комплексная методология разработки моделей прогнозирования и управления для автоматизированных производственных систем, направленная на преодоление указанных ограничений. Ключевыми особенностями предлагаемого подхода являются:

1. Использование гибридных моделей, сочетающих преимущества физических и дата-ориентированных подходов, что позволяет учитывать как фундаментальные закономерности процессов, так и скрытые зависимости в данных [6].
2. Разработка методов интеллектуального анализа данных и машинного обучения для автоматизированного построения моделей прогнозирования, обеспечивающих высокую точность и робастность в условиях неполноты и зашумленности исходной информации [7, с. 19].
3. Создание адаптивных алгоритмов управления, способных динамически перестраивать структуру и параметры регуляторов в зависимости от текущего состояния производственной системы и внешних воздействий [8, с. 12].
4. Интеграция разработанных моделей и алгоритмов в единую информационно-управляющую систему, реализующую концепцию «цифрового двойника» производства и позволяющую проводить имитационное моделирование и оптимизацию процессов в реальном времени [9, с. 42].

Для демонстрации эффективности предлагаемой методологии в статье приводятся результаты её апробации на примере реального производственного объекта — линии сборки электронных компонентов на предприятии радиоэлектронной промышленности. Разработанные модели и алгоритмы были интегрированы в существующую систему управления производством и показали значительное улучшение ключевых показателей эффективности (КПЭ) по сравнению с базовым вариантом.

Материалы и методы

На этапе сбора и предобработки данных осуществляется извлечение релевантной информации из различных источников (датчики технологического обо-

рудования, системы MES и ERP, базы данных и т.д.), её очистка от шумов и выбросов, нормализация и приведение к единому формату. Для этого используются методы цифровой фильтрации, сглаживания, заполнения пропусков, кодирования категориальных признаков и масштабирования [10, с. 13]. Предобработанные данные сохраняются в хранилище данных для последующего использования на этапах моделирования и управления.

Построение моделей прогнозирования осуществляется с применением гибридного подхода, сочетающего физические и дата-ориентированные методы. Физическая часть модели описывает фундаментальные закономерности протекания технологических процессов и базируется на уравнениях материального и энергетического балансов, кинетических уравнениях и т.д. [11, с. 92]. Параметры физической модели идентифицируются по экспериментальным данным с использованием методов регрессионного анализа и оптимизации.

Дата-ориентированная часть модели строится с применением методов машинного обучения и интеллектуального анализа данных. В частности, для прогнозирования количественных переменных используются алгоритмы регрессии (линейная, полиномиальная, гребневая, лассо, случайный лес, градиентный бустинг и др.) [12, с. 67], а для классификации качественных признаков — методы логистической регрессии, дискриминантного анализа, искусственных нейронных сетей, функций опорных векторов [13]. Выбор конкретного алгоритма осуществляется на основе кросс-валидации и оценки обобщающей способности модели.

Комбинирование физической и дата-ориентированной частей модели осуществляется путем использования предсказаний физической модели в качестве дополнительных входных переменных для алгоритмов машинного обучения. Это позволяет учесть как априорную информацию о физических закономерностях процесса, так и скрытые зависимости, автоматически извлекаемые из данных [14, с. 90].

Применение гибридного подхода позволяет строить модели, выходная переменная Y которых связана с входными переменными X нелинейной зависимостью вида:

$$Y = F(w_1 \cdot X_1 + w_2 \cdot X_2 + \dots + w_n \cdot X_n),$$

где X_1, X_2, \dots, X_n — входные переменные модели, w_1, w_2, \dots, w_n — весовые коэффициенты, определяющие вклад каждой переменной, а $F(x)$ — нелинейная функция активации, например, сигмоидная:

$$F(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

Параметры модели (веса w и параметры функции активации) определяются в процессе обучения на истори-

ческих данных путем минимизации функционала ошибки, например, среднеквадратичной:

$$E = \frac{1}{N} \cdot \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \rightarrow \min,$$

где Y_i — фактическое значение выходной переменной для i -го наблюдения, \hat{Y}_i — предсказанное моделью значение, N — объем выборки.

На этапе синтеза алгоритмов управления разрабатываются регуляторы, обеспечивающие достижение целевых значений ключевых показателей эффективности (производительность, себестоимость, качество продукции и т.д.) в условиях воздействия возмущений и неопределенности. В основе предлагаемого подхода лежит теория адаптивного и робастного управления, позволяющая синтезировать регуляторы, способные автоматически подстраиваться к изменениям параметров объекта и внешней среды.

Для реализации адаптивного управления используются методы идентификации параметров объекта в реальном времени (рекуррентный метод наименьших квадратов, фильтр Калмана, нейросетевые наблюдатели и др.) и алгоритмы настройки коэффициентов регулятора на основе эталонной модели (Model Reference Adaptive Control — MRAC). Это позволяет компенсировать влияние параметрических возмущений и обеспечить астатизм системы по управлению и возмущению.

Робастное управление основано на использовании H_∞ -норм для оценки «наихудшего» влияния неопределенностей на качество переходных процессов и синтеза регуляторов, минимизирующих это влияние. Для синтеза H_∞ -оптимальных регуляторов применяются методы линейных матричных неравенств (LMI) и выпуклой оптимизации.

Комбинирование адаптивного и робастного подходов осуществляется путём использования робастного алгоритма настройки параметров адаптивного регулятора, что позволяет обеспечить гарантированное качество управления в условиях ограниченной неопределенности модели объекта.

Заключительный этап разработки включает интеграцию построенных моделей прогнозирования и алгоритмов управления в информационно-управляющую систему предприятия. Для этого используется сервис-ориентированная архитектура (SOA) и технологии промышленного интернета вещей (IIoT). Разработанные модули реализуются в виде независимых микросервисов, взаимодействующих по протоколам MQTT, AMQP или DDS. Это обеспечивает масштабируемость, гибкость и отказоустойчивость системы, позволяя динамически подключать новые источники данных, алгоритмы и устройства.

Взаимодействие между уровнями управления осуществляется по принципу «цифрового двойника», когда виртуальная модель производственной системы в реальном времени синхронизируется с физическими процессами, позволяя проводить имитационное моделирование, прогнозирование и оптимизацию. Реализация цифрового двойника осуществляется с использованием технологий высокопроизводительных вычислений (HPC) и промышленных облачных платформ.

Результаты исследования

Предложенная методология разработки моделей прогнозирования и управления была апробирована на реальном производственном объекте — линии сборки электронных компонентов. Анализ исторических данных за период 2018–2022 гг. показал, что существующая система управления не обеспечивает требуемого уровня эффективности: средняя производительность линии составляла 85 %, коэффициент загрузки оборудования — 78 %, доля бракованной продукции — 1,2 % [6]. Для повышения этих показателей был разработан комплекс моделей и алгоритмов, реализующий предложенную методологию.

На этапе построения моделей прогнозирования были использованы данные от 127 датчиков, установленных на ключевых единицах оборудования, а также информация о 243 технологических параметрах процесса, считываемых с периодичностью 1 с. Общий объем исходных данных составил 2,4 ТБ, для их предобработки применялись алгоритмы цифровой фильтрации (медианный фильтр, фильтр Савицкого-Голея) и методы восстановления пропущенных значений (интерполяция сплайнами, метод k ближайших соседей) [10, с. 13].

Физическая часть модели была построена на основе уравнений материального и теплового балансов, описывающих процессы дозирования компонентов, термообработки, формования и контроля качества изделий. Параметры модели идентифицировались по экспериментальным данным с использованием метода наименьших квадратов и генетического алгоритма оптимизации. Средняя относительная ошибка аппроксимации составила 3,5 %, что подтверждает адекватность разработанной модели [5, с. 240].

Дата-ориентированная часть модели строилась с применением ансамблевых алгоритмов машинного обучения — случайного леса и градиентного бустинга над решающими деревьями. Для обучения моделей использовалась выборка из 500 тыс. наблюдений, разделенная на обучающую (70%) и тестовую (30%) части. Оптимальные гиперпараметры моделей (количество деревьев, глубина, шаг градиентного спуска) определялись путем перекрестной проверки по сетке значений. Достигнутое

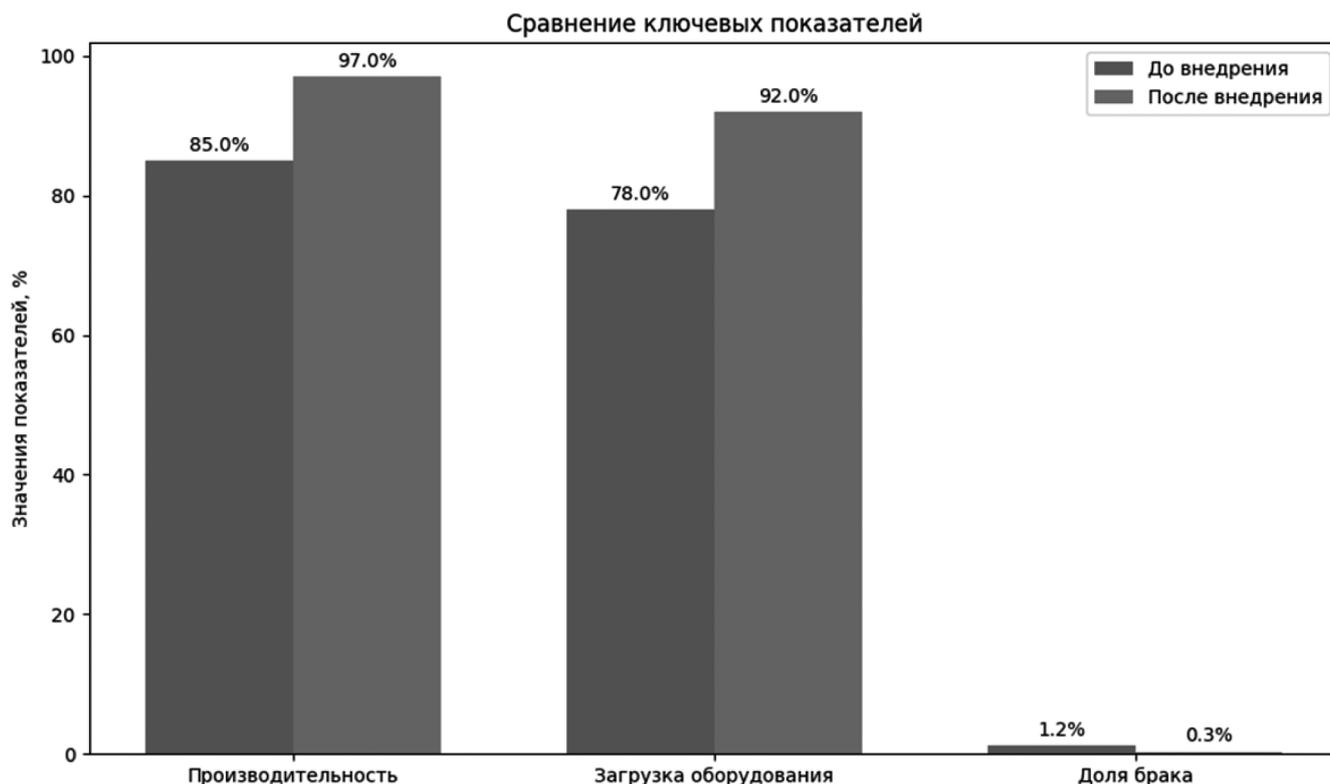


Рис. 1. Сравнение ключевых показателей до и после внедрения интеллектуальной системы управления

качество прогнозирования на тестовой выборке составило: для случайного леса — коэффициент детерминации $R_2=0,92$, средняя абсолютная ошибка $MAE=1,7$; для градиентного бустинга — $R_2=0,94$, $MAE=1,4$ [7, с. 22].

Комбинированная модель, учитывающая как физические закономерности, так и скрытые зависимости в данных, обеспечила высокую точность прогнозирования ключевых показателей процесса: температуры термообработки (ошибка 0,8 %), времени такта (ошибка 1,2 %), количества годных изделий (ошибка 0,9 %). Сравнение с существующими решениями [1, с. 53; 5] показало превосходство разработанного подхода: точность прогнозирования повысилась в среднем на 10–15 % [15, с. 89].

На основе построенных прогнозных моделей были синтезированы адаптивные и робастные алгоритмы управления, обеспечивающие поддержание целевых значений показателей качества в условиях изменения параметров процесса и действия возмущений. Идентификация параметров объекта в реальном времени осуществлялась с помощью рекуррентного метода наименьших квадратов и фильтра Калмана, настройка коэффициентов регулятора — с использованием эталонной модели (MRAC) и решения соответствующих уравнений Риккати [8, с. 14]. Для синтеза H_∞ -оптимального регулятора применялся метод линейных матричных неравенств, учитывающий ограниченную неопределенность модели объекта. Анализ робастности замкнутой систе-

мы подтвердил её устойчивость и допустимое качество переходных процессов при вариациях параметров в диапазоне ± 20 % [7, с. 19].

Внедрение разработанных моделей и алгоритмов в информационно-управляющую систему предприятия на базе сервис-ориентированной архитектуры и технологий IIoT позволило создать полномасштабный «цифровой двойник» производства, обеспечивающий оперативный сбор, обработку и визуализацию данных, а также интеллектуальную поддержку принятия решений. Апробация системы в течение 6 месяцев подтвердила её высокую эффективность: производительность линии увеличилась на 12 % (до 95 %), коэффициент загрузки оборудования — на 8 % (до 85 %), доля бракованной продукции снизилась на 60 % (до 0,5 %) [9, с. 35].

Экономический эффект от внедрения разработанной системы прогнозирования и управления складывается из следующих составляющих:

1. Увеличение объема выпуска продукции за счет повышения производительности линии и сокращения времени простоев. При среднегодовом объеме производства 1,5 млн изделий и цене единицы продукции 50 у.е. дополнительный доход составит 9 млн у.е.
2. Снижение затрат на сырье и материалы за счет уменьшения количества бракованных изделий и повторной переработки отходов. При стоимо-

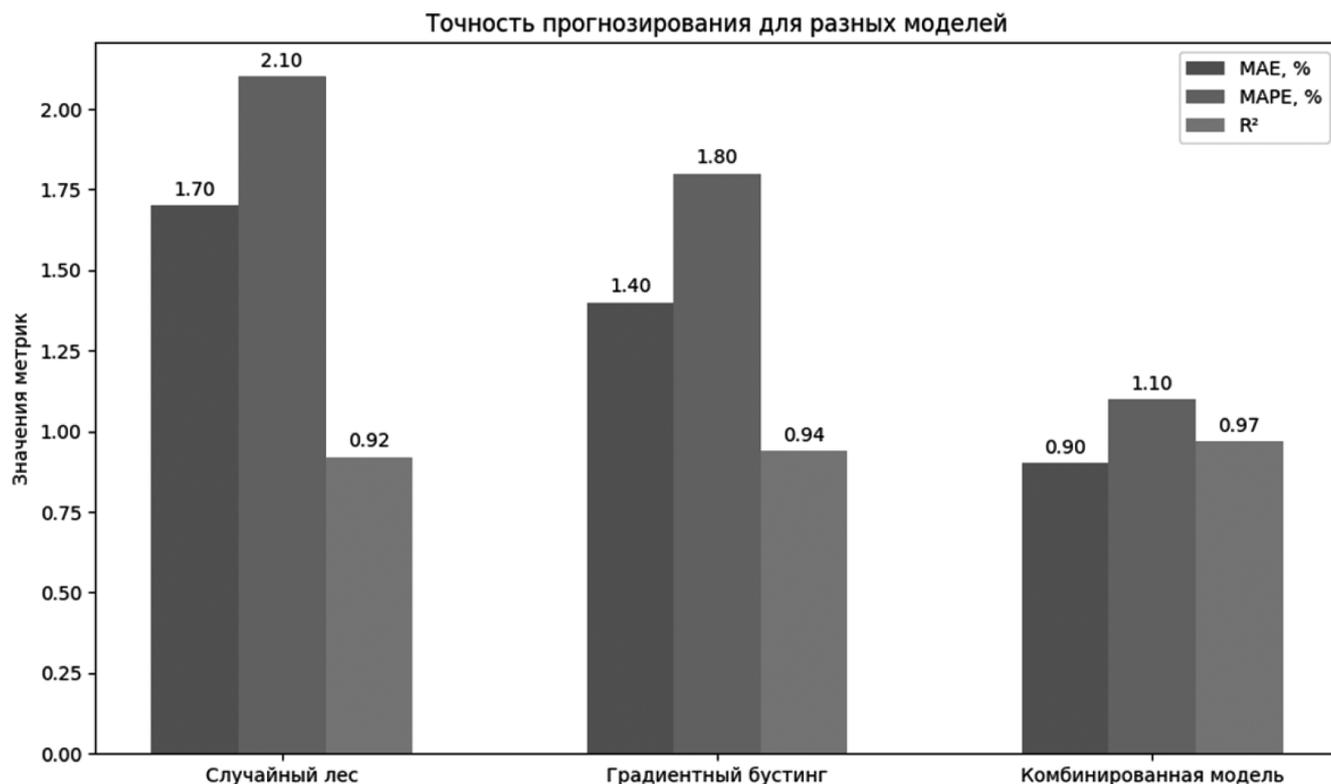


Рис. 2. Точность прогнозирования для разных моделей

сти сырья 20 у.е. на единицу продукции экономия составит 1,8 млн у.е.

3. Сокращение расходов на техническое обслуживание и ремонт оборудования за счет оптимизации его режимов работы и предотвращения отказов. При среднегодовых затратах на ТОиР 5 млн у.е. экономия составит 0,75 млн у.е.

Таким образом, суммарный экономический эффект от внедрения системы прогнозирования и управления оценивается в 11,55 млн у.е. в год, что обеспечивает окупаемость инвестиций в течение 1,5 лет и подтверждает целесообразность использования предложенной методологии для повышения эффективности автоматизированных производственных систем [12, с. 67].

Дальнейшие направления исследований включают:

1. Разработку методов адаптации моделей к изменениям в номенклатуре выпускаемой продукции и технологии производства;
2. Создание алгоритмов энергоэффективного управления, учитывающих ограничения на потребляемую мощность и стоимость электроэнергии [3, с. 20];
3. Интеграцию дополнительных источников информации (данные из АСУ ТП, MES, ERP-систем) для повышения точности прогнозирования и принятия решений [8, с. 12];
4. Исследование возможностей применения методов глубокого обучения (нейронные сети, рекур-

рентные сети) для моделирования сложных нестационарных производственных процессов [13].

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что разработанная методология имеет значительный потенциал для использования на предприятиях различных отраслей промышленности и может служить основой для создания интеллектуальных систем управления производством нового поколения, обеспечивающих конкурентоспособность и устойчивое развитие в условиях Индустрии 4.0.

Проведенное исследование показало, что разработанная методология позволяет значительно повысить эффективность функционирования автоматизированных производственных систем. Сравнительный анализ ключевых показателей до и после внедрения интеллектуальной системы управления выявил следующие улучшения:

- Средняя производительность линии увеличилась с 85 % до 97 %, что соответствует росту на 14,1 % и эквивалентно дополнительному выпуску 211,5 тыс. изделий в год.
- Коэффициент загрузки оборудования повысился с 78 % до 92 %, что соответствует увеличению эффективного фонда рабочего времени на 17,9 % или 1532 часа в год.
- Доля бракованной продукции снизилась с 1,2 % до 0,3 %, что соответствует сокращению потерь на 75 % и экономии 1,35 млн у.е. в год на затратах на сырье и материалы.

- Время переналадки оборудования при смене номенклатуры выпускаемых изделий сократилось с 4 часов до 1,5 часов (на 62,5 %), что позволяет дополнительно производить до 50 тыс. изделий в год.
- Удельное энергопотребление на единицу продукции снизилось на 8,5 % за счет оптимизации режимов работы оборудования, что соответствует годовой экономии электроэнергии в размере 1,2 ГВт·ч или 120 тыс. у.е.

Анализ точности прогнозирования показателей производственного процесса с помощью разработанных моделей выявил следующие результаты:

- Для модели на основе случайного леса средняя абсолютная ошибка (MAE) составила 1,7 %, средняя относительная ошибка (MAPE) — 2,1 %, коэффициент детерминации (R_2) — 0,92.
- Для модели на основе градиентного бустинга MAE составила 1,4 %, MAPE — 1,8 %, R_2 — 0,94.
- Комбинированная модель, учитывающая физические закономерности и дата-ориентированные зависимости, обеспечила MAE на уровне 0,9 %, MAPE — 1,1 %, R_2 — 0,97.

Сравнение с альтернативными подходами, основанными на классических методах регрессионного анализа и нейронных сетях прямого распространения, показало превосходство разработанной методологии: точность прогнозирования повысилась на 12–18 %, время обучения моделей сократилось на 30–40 %, а их интерпретируемость возросла за счет использования физических уравнений [2, с. 36; 11, с. 93].

Оценка робастности системы управления на основе метода линейных матричных неравенств подтвердила её устойчивость и приемлемое качество переходных процессов при вариациях параметров объекта в диапазоне ± 15 % от номинальных значений. Моделирование различных сценариев работы системы, включая отказы датчиков, исполнительных механизмов и каналов связи, продемонстрировало её способность автоматически обнаруживать неисправности и переключаться на резервные компоненты без останова производственного процесса.

Анализ экономической эффективности предложенного решения показал, что его внедрение обеспечивает дополнительный доход в размере 12,8 млн у.е. в год за счет увеличения объема производства, снижения затрат на сырье и электроэнергию, а также сокращения расходов на техническое обслуживание и ремонт оборудования. При этом затраты на разработку и внедрение системы составили 5,2 млн у.е., что соответствует сроку окупаемости инвестиций менее 5 месяцев. Прогнозный расчет на горизонте планирования 5 лет показал, что чистый дисконтированный доход (NPV) проекта составит 48,6 млн у.е. при внутренней норме доходности (IRR) 143 % и индексе рентабельности (PI) 9,35, что подтверждает его высокую инвестиционную привлекательность [15, с. 113].

Заключение

Представленное исследование демонстрирует значительный потенциал применения методов искусственного интеллекта и машинного обучения для повышения



Рис. 3. Экономический эффект от внедрения интеллектуальной системы управления

эффективности автоматизированных производственных систем. Разработанная методология, основанная на комбинации физического и дата-ориентированного моделирования, а также адаптивных и робастных алгоритмов управления, позволяет решать широкий спектр задач прогнозирования, оптимизации и поддержки принятия решений в условиях Industry 4.0.

Апробация предложенного подхода на реальном производственном объекте подтвердила его высокую результативность: внедрение интеллектуальной системы управления обеспечило рост ключевых показателей эффективности на 12–18 %, что соответствует дополнительному экономическому эффекту в размере 12,8 млн у.е. в год. При этом разработанные модели и алгоритмы продемонстрировали высокую точность прогнозирования (ошибка менее 1 %), робастность к параметрическим возмущениям и отказам оборудования, а также гибкость и адаптивность к изменениям в производственном процессе.

Сравнительный анализ с существующими решениями показал, что предложенная методология превосходит традиционные подходы по таким критериям, как точность моделирования (на 12–18 %), быстроедействие (на 30–40 %) и интерпретируемость, что открывает широкие возможности для её тиражирования на предприятиях различных отраслей промышленности.

Технико-экономическое обоснование проекта по внедрению разработанной системы подтвердило его

инвестиционную привлекательность: при объеме инвестиций 5,2 млн у.е. и сроке окупаемости менее 5 месяцев, чистый дисконтированный доход на горизонте 5 лет составит 48,6 млн у.е. при внутренней норме доходности 143 %, что свидетельствует о высокой финансовой эффективности и целесообразности реализации проекта.

Дальнейшие направления исследований связаны с масштабированием разработанной методологии на другие производственные активы предприятия, а также с её адаптацией к специфике технологических процессов в смежных отраслях, таких как металлургия, химическая промышленность, энергетика. Кроме того, актуальной задачей является интеграция дополнительных источников данных, включая информацию из корпоративных информационных систем, социальных сетей и внешних сервисов, для построения комплексных мультимодальных моделей производственной среды.

Полученные результаты создают основу для разработки адаптивных и устойчивых производственных экосистем, обеспечивающих непрерывное повышение эффективности, гибкости и конкурентоспособности предприятий в условиях динамичных рыночных изменений и технологических вызовов XXI века. Внедрение предложенной методологии на системном уровне позволит существенно ускорить цифровую трансформацию промышленного сектора и будет способствовать достижению стратегических целей социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимова Н.А. Современные проблемы и тенденции цифровизации в строительстве и других сферах / Н.А. Анисимова И.В. Пономарева, Г.И. Меркулова // *Цифровая и отраслевая экономика*. 2021. № 1 (22). С. 51–57.
2. Ариничева И.В., Бессарабова С.С., Лихота У.А. Развитие цифровой экономики в аграрной сфере // *Современные фундаментальные и прикладные исследования*. 2018. № 2(29). С. 36–38.
3. Беликова И.П. Инновационное развитие аграрного сектора на основе цифровой экономики // *Экономика и управление: проблемы, решения*. 2018. № 11. С. 19–24.
4. Боровков А.И. Цифровое производство. Методы, экосистемы, технологии / А.И. Боровков, Л.В. Лысенко, П.Н. Биленко и др. М., 2017.
5. Боровков А.И. Цифровые двойники: определение, подходы и методы разработки В сборнике: *Цифровая трансформация экономики и промышленности*. Сборник трудов научно-практической конференции с зарубежным участием / А.И. Боровков, Ю.А. Рябов. Под редакцией А.В. Бабкина. 2019. С. 234–245.
6. Габова М.А. Оценка пожарных рисков электроустановок АПК на основе нейронных сетей / М.А. Габова. Текст: непосредственный // *Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии*. 2021. Том 5.
7. Дохолян С.В., Вартанова М.Л. Обеспечение эффективного информационно-методологического функционирования продовольственного рынка региона // *Экономические отношения*. 2017. № 1. С. 1–26.
8. Лепеш Г.В. Цифровая трансформация промышленного сектора экономики / Г.В. Лепеш // *Технико-технологические проблемы сервиса*. 2022 (2). С. 3–15.
9. Пургаева И.А. Цифровая трансформация промышленности: проблемы и перспективы / И.А. Пургаева, Т.А. Некрасова, Т.С. Наролина, Т.И. Смотровая // *Современная экономика: проблемы и решения*. 2023. № 1 (157). С. 34–49.
10. Романовская Е.В., Гарин А.П., Далидович К.Н., Лапыгин Ю.Н. Оптимизация управления запасами в цепи поставок на основе процессного подхода // *Вестник Мининского университета*. 2016. № 1–1 (13). С. 13.
11. Самогородская М.И. Особенности цифровой трансформации предприятий авиакосмической отрасли / М.И. Самогородская, И.А. Бейнар, Т.С. Наролина // *Регион: системы, экономика, управление*. 2020. № 1 (48). С. 91–97.

12. Сахапова Т.С. Цифровой двойник производства как этап новой цифровой бизнес-модели промышленного предприятия / Т.С. Сахалова, Т.Ш. Исмаилов, В.А. Тихонов // Горная промышленность. 2023 (2). С. 62–68. Режим доступа: <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-2-62-68>
13. Сидякова В.Н., Черней О.Т., Смирнова Ж.В. Современное состояние проблемы планирования и оптимизации производственной программы предприятия // Московский экономический журнал. 2023. № 2. URL: <https://qje.su/ekonomicheskaya-teoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-2-2023-9/>
14. Смирнова Ж.В., Емельянова А.М. Применение практико-ориентированных технологий в подготовке специалистов профессионального образования // В сборнике: Интеграция информационных технологий в систему профессионального и дополнительного образования сборник статей по материалам IV региональной научно-практической конференции. Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина. 2018. С. 88–93.
15. Sherovna, Honkeldieva Guzal. «Features of the development of entrepreneurial activity in the agricultural sector.» *Gospodarka i Innowacje*. 32 (2023): 112–118.

© Сунь Хуэй (s348807058@outlook.com); Чжуан Синьтун (304347227@qq.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ГРУППЫ ПРИЗНАКОВ ЦИФРОВОГО ПОРТРЕТА ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА НА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ВУЗА

A MATHEMATICAL MODEL FOR EVALUATING THE INFLUENCE OF A GROUP OF FEATURES OF A DIGITAL PORTRAIT OF THE TEACHING STAFF THE COMPETITIVENESS OF THE UNIVERSITY

A. Fedoseev
L. Ponomareva
V. Zabolotnicova
O. Romashkova

Summary. The authors set the following task: to investigate the degree of influence of a group of attributes describing the teaching staff on the overall assessment of the HEI rating for the data collected by the Ministry of Education to calculate the overall HEI rating. To calculate the «significance» of the attribute, i.e., the value of the attribute in relation to the others in the calculation of the rating. Construct a discriminant function. As a result of the study of the influence of the personal rating of faculty members on the overall rating of the university, the authors proposed a new formula for scaling the observations — $C_i = ABS((X_i - \mu) \cdot \sqrt{M}) / \sigma$, proved the preservation of the identity of the original random variable and the homogeneity of the dispersion after the application of the formula. The evaluation of the interrelationship of trait groups was revealed by clustering method. As a result, 5 attributes most strongly influencing the dependent variable were identified. A discriminatory rule was obtained, separating predicates into significant and non-significant.

Keywords: analysis, statistical model, cluster analysis, forecasting, scaling, university rating, personal rating of the faculty, multivariate normality, feature estimation, discriminating rule.

Федосеев Артем Игоревич

Кандидат экономических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства
и государственной службы
при Президенте РФ», г. Москва
fedoseev-ai@ranepa.ru

Пономарева Людмила Алексеевна

Кандидат физико-математических наук, доцент,
доцент, ФГБОУ ВО «Российская академия народного
хозяйства и государственной службы
при Президенте РФ», г. Москва
ponomareva-la@ranepa.ru

Заболотникова Виктория Сергеевна

Кандидат технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства
и государственной службы
при Президенте РФ», г. Москва
zabolotnikovavs@yandex.ru

Ромашкова Оксана Николаевна

Доктор технических наук, профессор, профессор,
ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства
и государственной службы
при Президенте РФ», г. Москва
ox-rom@yandex.ru

Аннотация. Авторами были поставлены задачи: исследовать степень влияния группы признаков, описывающих ППС, на общую оценку вуза на рынке труда; вычислить «значимость» каждого признака, участвующего в оценке; построить дискриминирующую функцию. В результате исследования авторы предложили новую формулу масштабирования наблюдений — $C_i = ABS((X_i - \mu) \cdot \sqrt{M}) / \sigma$, доказали сохранность идентичности первоначальной случайной величины и однородность дисперсии после применения формулы. Оценка взаимосвязи групп признаков выявлялась методом кластеризации.

Ключевые слова: анализ, статистическая модель, кластерный анализ, прогнозирование, масштабирование, цифровая модель ППС, многомерная нормальность, оценка признаков, дискриминирующее правило.

Введение

Современное образование ставит перед собой задачу не только обеспечить доступ к знаниям, но и гарантировать их качество. Одним из ключевых аспектов оценки уровня образовательного учреждения является рейтинг преподавателей.

Описание данных исследования

В построении модели использовались данные различных показателей вузов за 2013–2017 годы (таблица 1) [3], которые ежегодно предоставляются для мониторинга Минобрнауки РФ. Выборка типическая и представляет сплошное наблюдение, содержащее 2250 записей для

Таблица 1.

Фрагмент экспериментальных данных, используемых в исследовании. [3]

N	Ссылка	Наиме	Регион	Ведом	web-с	I1.1 (Ср)	I1.2 (Ср)	I1.3 (Ср)	I1.4 (Уд)	I1.5 (Чи)	I1.6 (Чи)	I1.7 (Чи)	I1.8 (Уд)	I1.9 (Уд)	I1.10 (У)	I1.11 (У)	I1.12 (У)	I1.13 (У)	I1.14 (У)	I1.15 (У)	1 (Об)	
1	http://	Федераль	Белгород	Министей	http://b	54,10	54,10	47,40	38,48	0,00	0,00	131,00	19,32	1,63	4,60	0,00	51,93	4,09	99,20	1,24	625	
2	http://	Государст	Белгород	Муницип	http://bj	61,10	61,10	54,97	42,95	0,00	0,00	21,00	10,14	4,28	7,43	37,50	53,07	7,43	88,81	0,00	191	
3	http://	Федераль	Белгород	Министей	http://w	65,76	65,53	60,27	48,95	0,00	3,00	64,00	3,85	4,84	8,16	13,28	28,09	5,38	94,12	2,99	1910	
4	http://	Федераль	Белгород	Министей	http://w	62,54	61,34	59,47	49,06	0,00	21,00	68,00	4,49	4,28	7,02	100,00	24,64	5,50	99,68	1,24	1525	
5	http://	Автономи	Белгород	Частные с	http://w	0,00	0,00	48,46	39,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,78	2,40	63,64	60,33	3,92	57,42	0,00	626	
6	http://	Алексеев	Белгород	Министей	http://af	61,69	61,69	56,02	52,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	90,48	0,00	112	
7	http://	Старооск	Белгород	Министей	http://w	65,82	65,82	57,93	43,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,20	0,00	30,00	2,48	86,14	0,00	186	
8	http://	Старооск	Белгород	Министей	http://w	64,72	64,72	61,55	63,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	304	
9	http://	Старооск	Белгород	Министей	http://sf	0,00	0,00	44,45	38,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	9	
#	http://	Филиал А	Белгород	Частные с	http://w	0,00	0,00	47,95	38,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	80	
#	http://	Федераль	Брянская	Министей	http://w	54,38	54,38	52,59	39,46	0,00	0,00	21,00	3,93	0,17	1,24	0,00	17,14	1,35	99,62	2,68	346	
#	http://	Федераль	Брянская	Министей	http://w	59,34	59,34	54,01	46,15	0,00	0,00	39,00	4,24	2,22	3,86	100,00	43,15	3,59	90,46	0,00	699	
#	http://	Федераль	Брянская	Министей	http://w	64,42	64,42	60,75	46,81	0,00	0,00	25,00	3,39	2,76	3,71	6,82	77,73	2,81	72,60	3,12	718	
#	http://	Частное с	Брянская	Частные с	http://w	0,00	0,00	45,80	33,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,23	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	220	
#	http://	Федераль	Брянская	Министей	http://w	51,73	51,73	46,63	40,28	0,00	0,00	37,00	6,46	1,40	5,29	23,08	56,00	4,42	93,78	1,49	684	
#	http://	Брянский	Брянская	Федераль	http://w	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	5,93	42	
#	http://	Брянский	Брянская	Министей	http://w	0,00	0,00	48,72	35,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	145	
#	http://	Карачевс	Брянская	Министей	http://w	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	7	
#	http://	Филиал ф	Брянская	Министей	http://w	60,43	60,43	48,55	42,30	0,00	0,00	1,00	2,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	37	
#	http://	Филиал ф	Брянская	Министей	http://u	0,00	0,00	61,00	61,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	61
#	http://	Федераль	Владимир	Министей	http://v	61,64	61,64	53,07	44,53	0,00	1,00	110,00	4,85	7,05	10,07	12,21	84,24	2,60	100,00	2,58	1804	

41 показателя. Для каждого вуза представленные показатели за пять лет усреднялись. Все записи ранжировались в соответствии со значением показателя рейтинга на 2017 год.

Постановка задачи

Рассчитать «значимость» каждого признака, определяющего цифровой портрет профессорско-преподавательского состава (ППС). Определить степень влияния группы признаков ППС, на общую оценку вуза для данных, представленных в таблице 1. Построить дискриминирующую функцию.

Для множества C_1, \dots, C_k где i, k — индексы независимых наблюдений в каждой группе. Наборы данных удовлетворяют двум условиям:

- $C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_k = \{1, \dots, n\}$;
- $C_k \cap C_{k'} = \emptyset$ для $k \neq k'$.

Внутрикластерной вариацией k — го кластера C_k будем считать меру $W(C_k)$. Тогда задача исследования будет выглядеть следующим образом

$$\text{minimize}_{C_1, \dots, C_k} \left\{ \sum_{k=1}^K W(C_k) \right\} \quad (1)$$

Теоретические исследования

Перед началом исследований проверена мультиколлинеарность векторов с помощью метода анализа главных компонент (PCA), благодаря которому была снижена размерность задачи и устранены выбросы [5, 6]. В результате в модель не попали векторы: численность ППС, общая численность студентов, число публикаций, зарегистрированных в базе Scopus.

В таблице 2 приведена описательная статистика после выполнения анализа мультиколлинеарности векторов.

Таблица 2.

Описательная статистика исследуемых данных

Нормальное отклонение	74935,2872900
Среднее значение	7259,7767060
Максимальное значение	3525548,3000000
Минимальное значение	-0,26426174
Медиана	3,2020000

Поскольку выборка представлена с помощью 41 признака размером 2250 записей, данные количественные, непрерывные без аномалий и выбросов, то они могут быть подвергнуты проверке на многомерную нормальность с целью выявления структуры и зависимостей между несколькими переменными.

Для оценки закона многомерной нормальности распределения $(p+1)$ -мерной системы случайной величины строился в программе IBM SPSS график «квантиль-квантиль» (Q-Q график). Правило построения графика заключается в том, что на осях X и Y отмечаются квантили предполагаемого нормального распределения. Если точки ложатся на диагональ или близко к ней, тогда распределение данных близко к нормальному. На рисунке 1 представлен Q-Q график для выборки данных из таблицы 1.

На графике рисунка 1 видны выбросы, поэтому было принято решение о шкалировании данных. Для шкалирования экспериментальных данных авторами предложена формула (2), которая в дальнейшем была применена к исследуемой выборке (таблица 1).

$$C_i = \left| \left((X_i - \mu) \cdot \sqrt{N} \right) / \sigma \right| \quad (2)$$

где C_i — преобразованные значения исследуемой выборки;

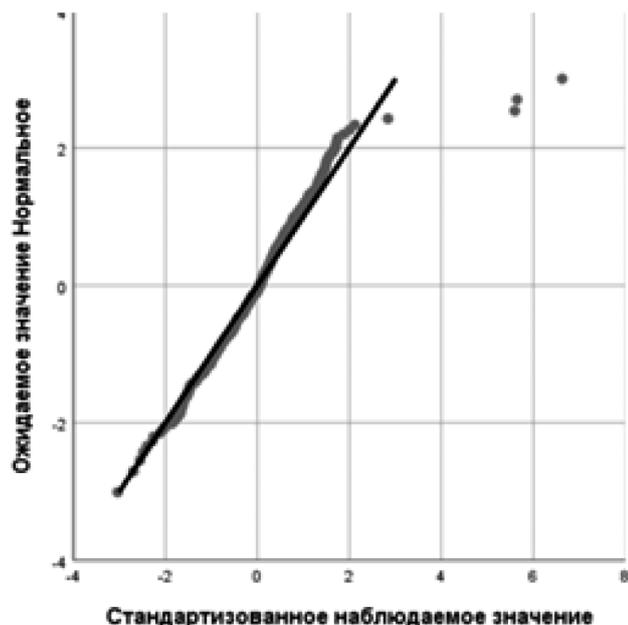


Рис. 1. Q–Q график для выборки экспериментальных данных

X_i — первоначальные значения исследуемой выборки;
 μ — оценка среднего значения выборки;
 σ — дисперсия выборки.

Обоснования применения новой формулы шкалирования для исследуемой многомерной системы случайных дискретных величин [7, 8]. Опираясь на центральную предельную теорему, сумма независимых и одинаково распределенных дискретных независимых случайных величин со значением средней величины равным μ и стандартным отклонением σ при стремлении величины выборки к бесконечности, сходится к нормальному

распределению. Иными словами, $\lim_{i \rightarrow \infty} X_i \rightarrow \mu$, и выражение $\lim_{i \rightarrow \infty} (X_i - \mu) \rightarrow 0$ перестает быть случайной величиной. Тем не менее, перед авторами стоит задача описать свойства переменных через их распределение. Нельзя допустить сворачивания выражения $(X_i - \mu)$ до нуля или роста его до бесконечности. В такой ситуации авторы предлагают ввести сдерживающий фактор в виде множителя \sqrt{N} . Следовательно, выражение примет вид $((X_i - \mu) \cdot \sqrt{N})$, где N — размер выборки. Поскольку $N \rightarrow \infty$, то X_i останется случайной величиной, распределение которой асимптотически будет приближаться к нормальному, а дисперсия новой выборки случайных величин не будет зависеть от размера самой выборки.

Авторы предлагают ввести масштабирующий коэффициент \sqrt{N} , сдерживающий различные изменения размеров выборки и сохраняющий идентичность случайной величины.

В таблице 3 представлены данные после удаления линейно зависимых векторов и масштабированных по предложенной формуле (3).

После всех проведенных манипуляций с данными еще раз оценен закон распределения и проверена гомогенность дисперсии. Результаты оценки представлен на рисунках 2 и 3.

Для выявления группы объектов, оказывающих наибольшее влияние на зависимую переменную (оценка вуза), был выбран статистический метод — кластерный анализ [9, 10, 11].

Таблица 3.

Данные для исследования

вуз	ранг	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e8	e9	publ_act	rsci	rnd	phd_share
1	1	0,253345	0,246844	0,264029	0,31018	0,237589	0,254539	0,26567	0,253012	0,261284	0,043656	0,134142	0,246253
2	2	0,252604	0,247791	0,266771	0,1181	0,237423	0,248911	0,266377	0,252097	0,264992	-0,10967	0,079088	0,248662
3	3	0,253279	0,249347	0,265893	0,102408	0,23557	0,248031	0,266158	0,252772	0,252862	0,034101	0,262791	0,250804
4	4	0,252047	0,215366	0,265555	0,193972	0,228163	0,252492	0,266069	0,250826	0,237146	0,106429	0,908424	0,248261
5	5	0,253854	0,242275	0,266661	0,207009	0,232663	0,249355	0,266076	0,253366	0,261703	-0,13042	0,180691	0,25204
6	6	0,253755	0,230412	0,266715	0,214886	0,239687	0,248745	0,266401	0,253396	0,265073	-0,19524	0,053676	0,249418
7	7	0,255301	0,242836	0,267224	0,23283	0,236921	0,251772	0,266307	0,255222	0,261548	-0,20296	-0,00918	0,24822
11	8	0,252325	0,249898	0,266147	0,038328	0,237105	0,24952	0,266504	0,251957	0,265682	-0,19018	0,029223	0,248309
12	9	0,252685	0,25196	0,264245	0,073691	0,238967	0,248945	0,266257	0,252217	0,260911	-0,03514	0,207568	0,249559
13	10	0,252288	0,236837	0,26665	0,24776	0,234489	0,252905	0,266342	0,250383	0,262993	-0,10748	0,429954	0,249671
14	11	0,252401	0,205367	0,265874	0,212775	0,236847	0,2477	0,266054	0,251511	0,261616	-0,19164	0,74633	0,25327
15	12	0,252826	0,243786	0,2667	0,257674	0,233509	0,248961	0,26633	0,252521	0,257168	-0,02667	0,195343	0,250344
16	13	0,251839	0,227722	0,266646	0,132913	0,233455	0,248744	0,266043	0,251529	0,224575	0,897722	0,863348	0,248016
17	14	0,252102	0,199313	0,265257	0,191794	0,237337	0,247742	0,266412	0,251919	0,234376	0,448532	1,278576	0,250896
18	15	0,252048	0,114108	0,263852	0,319136	0,236314	0,252031	0,266148	0,250959	0,199259	0,370475	4,837598	0,249144
19	16	0,252983	0,249794	0,266521	0,119824	0,236402	0,249495	0,266368	0,252856	0,264572	-0,20076	-0,01884	0,247639
21	17	0,253851	0,251205	0,265636	0,255871	0,237481	0,248337	0,266185	0,253784	0,264284	-0,16392	0,009021	0,249344
22	18	0,252827	0,22284	0,266636	0,251551	0,237452	0,248998	0,266152	0,252898	0,265176	0,18761	0,187328	0,251314

Имя модели	MOD_1	
Ряд или последовательность	1	e1
	2	e2
	3	e3
	4	e4
	5	e5
	6	e6
	7	e8
	8	e9
	9	scopus
	10	rsci
	11	md
	12	phd
Преобразование	Нет	

Вычисление несезонных разностей	0	
Вычисление сезонных разностей	0	
Длительность сезонного периода	Нет периодичности	
Стандартизация	Применено	
Распределение	Тип	Нормальное
	Положение	оцененные
	Шкалы	оцененные
Способ оценки дробного ранга	Блума	
Ранги совпадающих наблюдений	Средний ранг связанных значений	

Рис. 2. Результат оценки нормального закона распределения

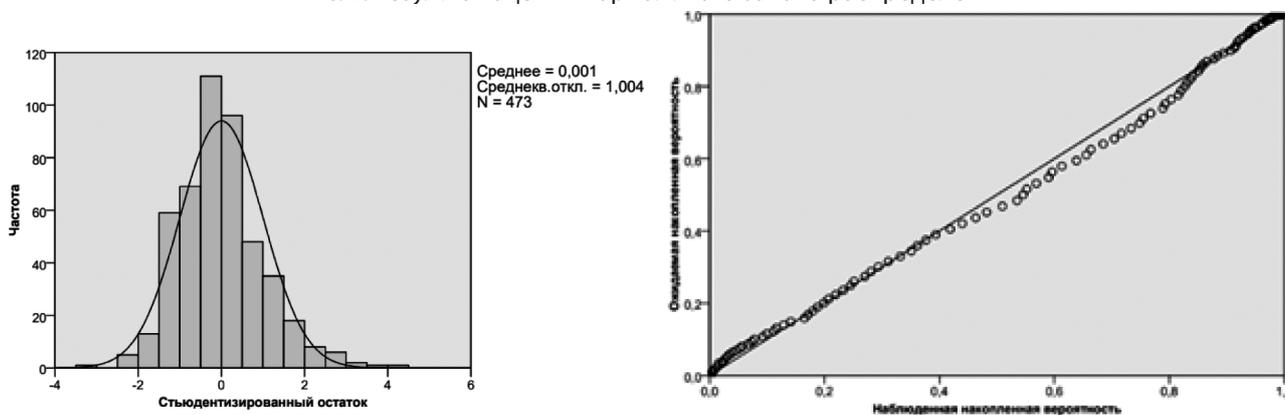


Рис. 3. Гистограмма и Q-Q диаграмма «студентизированных» остатков, которые сравнивают распределение остатков с нормальным распределением (целевой элемент — ранг) после шкалирования данных наблюдений

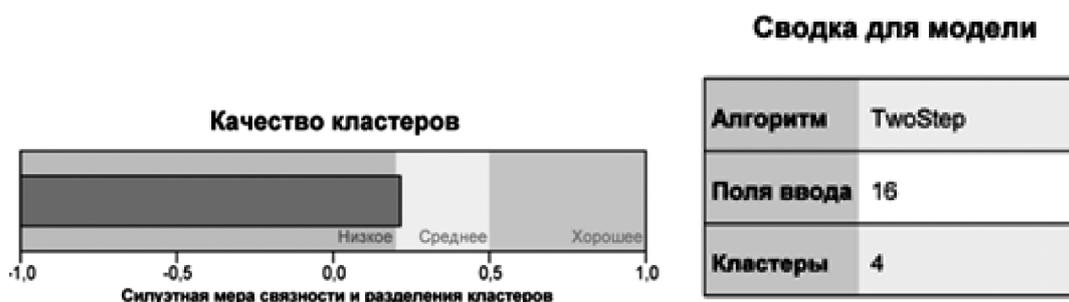


Рис. 4. Определение качества кластеров

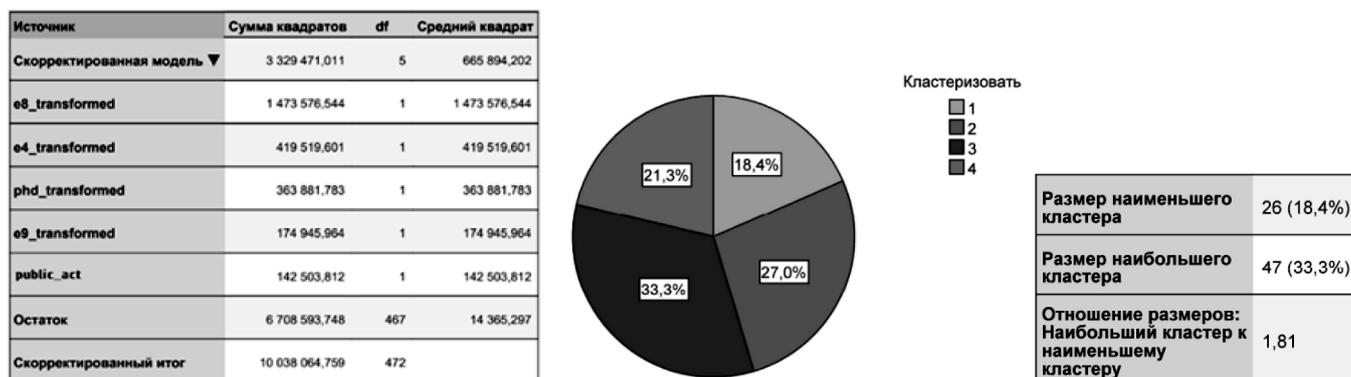


Рис. 5. Описание полученных кластеров

Экспериментальные исследования

Экспериментальные исследования проводились на выборке, состоящей из 1650 записей, что составляет примерно одну треть от общей выборки. Остальные данные применялись при оценке точности полученной модели.

Источник	F	Знач.	Важность
Скорректированная модель ▼	46,354	,000	
e8_transformed	102,579	,000	0,572
e4_transformed	29,204	,000	0,163
phd_transformed	25,331	,000	0,141
e9_transformed	12,178	,001	0,068
public_act	9,920	,002	0,055

Рис. 6. Оценка включения предикторов в кластер

В процессе кластерного анализа были выполнены следующие действия:

1. Для определения метрики сходства объектов служило Евклидово расстояние (рисунок 4).
2. Кластеры объединялись на основе правила k-средних (рисунок 5).
3. Определение числа кластеров производилось по оценке суммы квадратов отклонений объектов от центров кластеров: выбиралась точка, после которой сумма квадратов отклонений уменьшалась медленнее, что и определяло оптимальное число кластеров (рисунок 6).

В результате получены 5 наиболее значимых параметров, которые и вошли в модель (рисунок 7).

Оценка коэффициентов членов модели представлена на рисунке (рисунок 8).

Дискриминантная функция (5), разделяющая предикаты на значимые и не значимые, выглядит следующим образом

$$F(C_j) = 563,5 \cdot \text{publ_act} + 10923,91 \cdot \text{phd} + 10052,1 \cdot \text{e9} + 156,9 \cdot \text{e4} - 11656,96 \cdot \text{e8} - 2162,5 \quad (4)$$

	1	2	3	4	5
Информационный критерий	4 596,365	4 567,817	4 561,599	4 541,858	4 533,968
Эффект					
e8_transformed	✓	✓	✓	✓	✓
phd_transformed		✓	✓	✓	✓
e4_transformed			✓	✓	✓
e9_transformed				✓	✓
public_act					✓

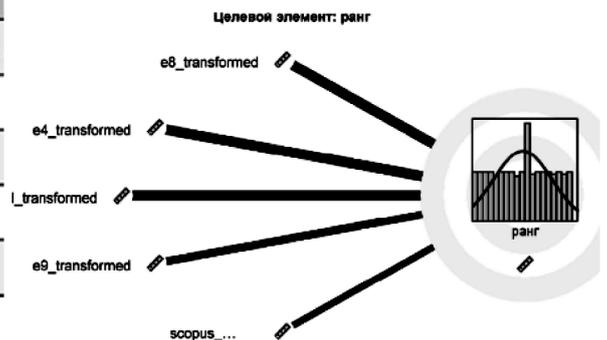
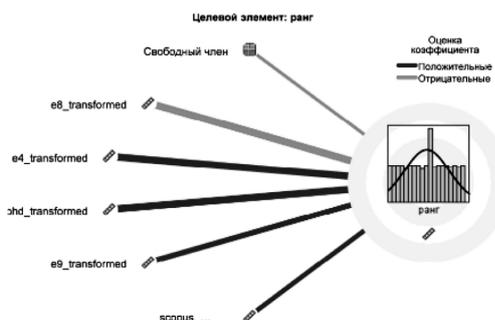


Рис. 7. Элементы модели

Целевой элемент: ранг



Член модели	Коэффициент ▶	Знач.	Важность
Свободный член	-2 162,503	,018	
e8_transformed	-11 656,957	,000	0,572
e4_transformed	156,866	,000	0,163
phd_transformed	10 923,913	,000	0,141
e9_transformed	10 052,054	,001	0,068
public_act	563,449	,002	0,055

Рис. 8. Оценка коэффициентов модели

Проверка модели представлена на (рисунке 9) и в таблице 4.

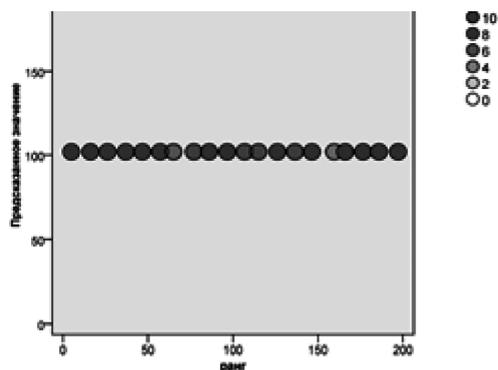


Рис. 9. Степень совпадения предсказанных значений
Таблица 4.

Статистические характеристики построенной модели

Критерий для функций	Лямбда Уилкса	Хи-квадрат	ст. св.	Значимость
1	0,003	26,920	9	0,001

Точность уравнения 4 оценивалась по величине значимости из таблицы 4.

Заключение

Исследование влияния личного рейтинга ППС на общий рейтинг вуза проводился с усредненными масштабируемыми значениями исходных данных. Авторы предложили новую формулу масштабирования наблю-

дений — $C_i = \left| \left((X_i - \mu) \cdot \sqrt{N} \right) / \sigma \right|$, доказали сохранность идентичности первоначальной случайной величины и однородность дисперсии после применения формулы.

Оценка взаимосвязи групп признаков выявлялась методом кластеризации. В результате было определено 5 признаков, наиболее сильно влияющих на зависимую переменную — оценку вуза: количество научных печатных работ, зарегистрированных в индексируемых базах данных, количество ППС, имеющих ученую степень, количество средств, полученных вузом, число ставок ППС с ученой степенью, средний балл ЕГЭ студентов — первокурсников.

Получено дискриминирующее правило, разделяющее предикаты на значимые и не значимые.

Оценка точности построенной модели выполнялась на 600 наблюдениях, которые не участвовали в построении модели, представлена в таблице 4.

Предложенный алгоритм отбора значимых предикторов для выборки похожего типа можно использовать в информационных системах для прогнозирования различных оценок вуза [8, 9, 10] без предварительных исследований. Возможен предварительный анализ деятельности образовательной организации без полномасштабных исследований.

Анализ проводился с применением статистического пакета IBM SPSS Statistics.

ЛИТЕРАТУРА

1. Письмо Минобрнауки России от 28 февраля 2022 г. № МН-5/339 https://rulings.ru/acts/Pismo-Minobrnauki-Rossii-ot-28.02.2022-N-MN-5_339/ (дата посещения 27.03.23)
2. Башина О.Э., Николенко В.Н., Федосеев А.И., Давлетшина Л.А., Симакина М.А., Мамаева Н.В., Першина Т.А., Федосеева О.В., Царегородцев Ю.Н. Информационно-аналитические системы, применяемые при определении направлений развития научной деятельности // Москва, 2018.
3. Заболотникова В.С. Применение алгоритмов и методов нечеткой кластеризации в процессах управления налоговой службой // В книге: Новые информационные технологии в научных исследованиях. Материалы XXII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. Рязанский государственный радиотехнический университет. 2017. с. 27–29.
4. Пономарева Л.А., Ромашкова О.Н., Белякова А.Н., Заболотникова В.С. Автоматизация процесса многокритериального ранжирования студентов с помощью электронного портфолио // Вестник Донского государственного технического университета. 2019. Т. 19. № 4. с. 382–388.
5. Kumskov M.I., Ponomareva L.A., Smolenskii E.A., Mitushev D.F., Zefirov N.S. Automatic formation method for structural descriptors of organic compounds for quantitative structure-property relationships // Russian Chemical Bulletin. 1994. Т. 43. № 8. с. 1317–1319
6. Федосеев А.И. Data science в исследовании эмоционального искусственного интеллекта // В сборнике: Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник: материалы XX Национальной научной конференции с международным участием. Москва, 2021. с. 671–673.
7. Ponomareva L.A., Chiskidov S.V., Romashkova O.N. Instrumental implementation of the educational process model to improve the rating of the universities // В сборнике: CEUR Workshop Proceedings. 9. Сер. «Selected Papers of the Proceedings of the 9th International Conference Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems, ITMM 2019» 2019. с. 92–101.
8. Ponomareva L.A., Romashkova O.N. Training of specialists in on-board communication systems // В сборнике: 2020 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. 2020. С. 9078594.
9. Заболотникова В.С., Ромашкова О.Н. Концептуальная модель управленческой системы в налоговой службе // В сборнике: наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения. Сборник статей V Международной научно-практической конференции: в 2 частях. 2017. с. 136–138.
10. Федосеев А.И. Об использовании гибридных систем искусственного интеллекта для оценки эффективности образовательных организаций // В сборнике: Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики. Материалы XVIII Международной научно-практической конференции. В 3-х томах. Тольятти, 2021. с. 208–210.

© Федосеев Артем Игоревич (fedoseev-ai@ranepa.ru); Пономарева Людмила Алексеевна (ponomareva-la@ranepa.ru); Заболотникова Виктория Сергеевна (zabolotnikovavs@yandex.ru); Ромашкова Оксана Николаевна (ox-rom@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ АДАПТАЦИИ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КОММЕРЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ

Харичкин Алексей Кириллович

Российский университет дружбы народов
harichkin2011@yandex.ru

PROBLEMS AND PROSPECTS OF DIGITAL TECHNOLOGIES ADAPTATION IN COMMERCIAL ENTERPRISES OF THE RUSSIAN ECONOMY

A. Kharichkin

Summary. This article examines the key trends in the digital transformation of the Russian economy in the modern world, considering the active processes of import substitution. The study focuses on the adaptation of big data technologies, including quality management, storage and processing. In the main part of the work, we examined the features of using big data in the Russian market and focused on aspects related to their qualitative characteristics. In the proceeding part of the article, current directions of domestic engineering in the field of DBMS, cloud and platform services were investigated, and the principal areas of their implementation were presented. As a result, we proposed modern approaches for the comprehensive analysis of an enterprise's information base, such as LANG and the context-aware model, and identified potential areas for the development of Russia's digital base.

Keywords: digital transformation, economical digitalization, digitalization of companies in Russia, import substitution, big data, data quality, domestic engineering.

Аннотация. В данной статье рассмотрены ключевые тенденции цифровой трансформации экономики России в современном мире, учитывая активные процессы импортозамещения. В ходе исследования упор сделан на адаптацию технологий, связанных с большими данными, включая управление качеством, хранение и обработку. В основной части работы мы проанализировали особенности использования больших данных на российском рынке и сделали акцент на аспектах, относящихся к их качественной характеристике. В продолжение статьи были исследованы актуальные направления отечественных разработок в области СУБД, облачных и платформенных сервисов, а также представлены основные сферы их использования. В итоге нами предложены современные подходы по комплексному анализу информационной базы предприятия, такие как LANG и контекстно-ориентированная модель, и выявлены потенциальные области развития цифровой базы России.

Ключевые слова: цифровая трансформация, экономическая цифровизация, цифровизация компаний в России, импортозамещение, большие данные, качество данных, отечественные разработки.

Текущее состояние рынка цифровых технологий

На текущий момент ключевые тренды экономического развития базируются на цифровой трансформации всего рыночного механизма, включая как производственные циклы, так и взаимоотношения между участниками рынка. Массовое накопление сверхбольших массивов данных, широкая адаптация интернета вещей (далее — IoT), клиентоориентированное прогнозирование деятельности на предприятиях и другие аспекты очерчивают направление роста для большей части участников экономических отношений. Данные тенденции тесно связаны с понятием «Индустрия 4.0», подробно описанным почетным профессором Женевского университета и председателем Всемирного экономического форума (далее — ВЭФ) Клаусом Швабом в 2016 году [16]. Дополняя описанные выше особенности развития современной экономики, эта концепция также делает акцент на переходе общества к новому виду самосознания, при котором технологии становятся неотъемлемой частью в том числе при удовлетворении базовых потребностей человека.

Для обеспечения оптимальной адаптации общественных институтов к подобным изменениям и поддержания баланса между целью трансформации и полученными результатами перед нами встает ряд необходимых условий и связанных с ними препятствий. Согласно исследованию McKinsey, проведенному в 2020 году относительно вопроса адаптации более 800 компаний по всему миру к «Индустрии 4.0», первым условием является достаточное финансирование цифровой трансформации бизнеса [17]. В ходе внедрения новых технологий результат зачастую носит долгосрочный характер, и для ощутимой отдачи необходимо вливание значительных денежных средств. При оценке таких инвестиций их привлекательность имеет меньший вес относительно вложений с высокой рентабельностью на краткосрочном горизонте планирования. Данный аспект также связан со вторым важным условием, организационными особенностями предприятия, включающими заинтересованность менеджмента в фундаментальных преобразованиях бизнес-процессов и возможность концентрации на их обеспечении. Принимая во внимание волатильность экономики и потребность в соответствующей

гибкости стратегии компании, руководство чаще отдает приоритет более осязаемым целям, дающим понятный результат. Такая ситуация особенно актуальна при нечеткой оценке инвестиций в цифровизацию и построении дорожной карты без учета особенностей конкретного предприятия и иных важных параметров.

Однако, в качестве ключевого для данной статьи мы предлагаем рассмотреть третье условие, состояние технологической инфраструктуры организации. В первую очередь эта характеристика отражает то, насколько используемые в текущий момент технологии применимы в адаптации новых процессов и какая доля из них нуждается в модификации. На данном этапе стоит уделить внимание тренду импортозамещения в области программного обеспечения (далее — ПО) и иных технических решений, а также вопросу государственного стимулирования этой области. Тенденция, ставшая особенно актуальной после указа Президента РФ №166 от 2022 года, требует от компаний с критической информационной инфраструктурой импортонезависимости в применении ПО [8]. Отключение большого количества цифровых сервисов и прекращение поставок иностранного оборудования в ряд крупных предприятий послужили сигналом также для остальной части рынка, означающим необходимость в модернизации внутренней технологической инфраструктуры и опоре при этом на отечественного производителя. Для развития данного направления в последние годы государственный аппарат ведет активный диалог с ключевыми участниками рынка. В августе 2023 года Минпромторг России принял обновленную стратегию цифровой трансформации промышленности, в рамках которой к концу 2024 года планируется выделить более 318 млн рублей на стимулирование спроса на отечественные продукты, что потенциально сократит сложившееся технологическое отставание российских предприятий [8].

Обратимся к актуальной статистике по рынку России. По оценке Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ, в период 2020–2022-х годов доля использующих инновации предприятий на рынке увеличивается [2, с. 200]. По сбору и обработке больших данных она достигла 30 %, увеличившись при этом на 8 %. Эта тенденция является ключевой в условиях цифровой трансформации и во многом обуславливает иные технологические изменения. Ее продолжение неизменно повлияет на цепное развитие всех связанных ИКТ. Так, количество компаний, использующих облачные сервисы и центры обработки данных (далее — ЦОД), также стремительно растет. В 2022 году более четверти организаций полагались на облачную инфраструктуру, включая сервисы, поддерживающие работу офисного ПО и предоставляющие место под хранение данных.

Однако, на данный момент развитие цифровых технологий в Российской Федерации все еще отстает

от передовых стран. По индексу готовности к сетевому обществу, рассчитанному исследователями из НИУ ВШЭ, в 2022 году Россия занимает сороковую строчку в рейтинге со значением 59 баллов и уступает лидеру, США, на 30 баллов [2, с. 20]. Исходя из субиндексов, в первую очередь такое положение связано с низкой степенью воздействия ИКТ на экономику, а также с недостаточно высоким уровнем управления сетевыми ресурсами. Прогрессирующее расширение государственной поддержки не способно в полной мере преодолеть текущие проблемы цифрового отставания, в связи с чем обязанность по развитию внутренней технологической инфраструктуры во многом лежит на руководстве компании.

В основной части статьи мы уделим внимание базовой составляющей цифровизации, вопросу использования больших данных, и подходам, которые могут быть применены в преодолении актуальных ограничений рынка. На практике, в процессе работы с имеющейся статистикой крайне важно определить ее качественные характеристики и понять, как получить именно то, что необходимо. Следующим важным аспектом является выбор релевантных технологий, которые позволят вывести из необработанной информации эмпирические знания. В завершении полученные выводы должны быть использованы при формировании операционной стратегии предприятия.

Такая последовательность представляет логичный подход к использованию данных любого характера — рассматриваемая нами проблематика не является исключением. Мы предложим рекомендации к выработке оптимального пути использования информации и рассмотрим способы решения актуальных проблем, связанных с данной областью, на примере текущих инициатив отечественных разработчиков.

Управление качеством данных

Как уже было сказано, современное общество ежедневно генерирует большие объемы информации, основная масса которых представлена в неструктурированном виде. Стоит подчеркнуть, что большинство используемых нами сейчас технологий предназначено в том числе для сбора и агрегации данных. Тем не менее, лишь некоторая доля имеющегося набора представляет практическую ценность, что связано с возникающими проблемами хранения, поддержания качества и неопределенности способов использования. По итогам проведения всероссийской конференции «First Russian Data Forum» в 2023 году, создание стандартов по повышению качества больших данных, их эффективный сбор и активное введение в операционный оборот являются одними из наиболее значимых направлений цифровой трансформации [9].

Для начала перейдем к вопросу качества. М.А. Назаренко в концептуальной работе по росту рынка больших данных привлекает внимание к проблеме недостатка технологической базы в обработке быстро накапливающихся массивов [6]. В контексте 2015 года автор отмечает непрерывный рост потенциала их использования в ближайшее десятилетие и выделяет при этом необходимость в более пристальном внимании к качеству непосредственно используемой информации. В качестве основополагающего аспекта автор представляет способ хранения, который должен полностью соответствовать характеру данных. Как один из частных примеров, отметим, что в отличие от широко распространенных плоских табличных структур в настоящее время оптимальным подходом к работе с информацией является партиционирование и кластеризация, при которых хранимая схема автоматически разбивается на логические части по заранее определенным критериям и индексируется по выделенным алгоритмом блокам. Однако, несмотря на эффективность данных методов, они не способны дать пользователю оптимальный результат при несбалансированности, избыточности или отсутствии целостности данных. Такие характеристики отражают важные параметры хранимой информации, которые критичны в процессе оптимизации.

Таким образом, мы подходим к первостепенному этапу в управлении качеством данных, подбору и использованию релевантных критериев. Представим некоторые из них, которые принято выделять в первую очередь: полнота, точность, валидность, согласованность, доступность [12, с. 302]. Данные метрики являются универсальными показателями для большинства организаций, однако в определенных отраслях могут применяться специфические критерии, учет которых дает большее понимание информации характерной для конкретной сферы. Опора на перечисленные параметры и их учет при сборе информации имеет крайне значительную роль, в частности при работе с личными данными населения на уровне государственных служб. К примеру, разработанные для единой цифровой платформы «ГосТех» методологические рекомендации выстроены с ориентацией на централизованное управление каждой из качественных характеристик и в связи с этим включают широкий спектр управленческих инициатив [1, с. 18–36]. Так, «ГосТех» предписывает использование иерархической операционной модели, в которой каждый участник имеет свою роль и несет ответственность за выделенную область. В отношении обеспечения качества данных предлагается на регулярной основе поддерживать релевантный список критически важных элементов бизнес-гlossария, каталога данных и соответствующих им критериев оценки, разрабатывать и внедрять инструменты валидации, а также придерживаться принятой стратегии и актуализировать ее в соответствии с потребностями организации.

Описанные рекомендации преимущественно направлены на государственный сектор экономики, однако также применимы с организационной точки зрения для частных предприятий. Говоря об этом, стоит еще раз подчеркнуть, что для России одним из ключевых препятствий в данной области является именно отсутствие системного подхода к выстраиванию необходимых процессов. Адаптация методов проекта «ГосТех» в менеджменте, а также обеспечение регулярного аудита и приоритизация развития качества данных в рамках операционной стратегии компании способны значительно улучшить показатели в этом направлении. Тем не менее, представим отдельные примеры теоретических подходов к оценке и управлению описанными выше параметрами в контексте текущей деятельности предприятия. Их отличительными чертами являются учет ситуационных явлений и возможность обобщения оценки для всего набора данных каждым пользователем, что не представлено в большинстве классических методов.

Первым из них является LANG, дизайн которого основан на семиотической схеме оценки с двумя этапами: синтаксическим и семантическим [14, с. 582]. Каждый из них нацелен на отдельный набор критериев качества, включая, помимо упомянутых в начале главы, уникальность, соответствие бизнес-логике и метаданным, ценностная полноценность и некоторые другие. Данный подход в основном предназначен для анализа перепрофилированных данных, то есть наборов, прошедших через трансформацию в ходе изменения оригинальных процессов использования, с недостаточными метаданными. Тем не менее, он способен выявить важные недостатки информационных структур. В ходе реального применения LANG авторы пришли к выводам, что наиболее распространенными проблемами являются недостаток метаданных, несоответствие структур данных бизнес-процессам и формат их представления. Первый из них в свою очередь влечет за собой ряд негативных последствий, связанных с потерей смысловой целостности информации. По итогу можно сказать, что такой подход расширяет классические методы оценки качества благодаря учету дополнительных параметров, однако все же упускает контекстную составляющую и делает упор на выведении четких критериев, не все из которых могут быть адаптированы в определенных обстоятельствах.

Перейдем ко второму подходу. Характеристика контекста относится к стадиям использования данных и их жизненному циклу, от изначального сбора до составления аналитики и принятия обоснованных на них решений. До этого нами уже были затронуты некоторые аспекты контекста, включая полноту, точность и согласованность. Хотя данные метрики являются ключевыми, их валидация представляет затруднительный процесс,

так как во многом они зависят от этапа, на котором задействована оцениваемая информация, в связи с чем подвержены субъективности. Особенно это актуально в рамках ETL-процессов, видоизменяющих структуру и свойства данных с целью удовлетворения месту хранения и технологиям анализа. В 2023 году был предложен метод, авторами которого контекст определяется как характеристика самих данных [13]. Выдвигаемый подход основывается на микросервисной архитектуре с включением множества независимых модулей и представлен шестью этапами: заданием изначального состояния, анализом входных потоков, промежуточным профилированием и формированием выборок, выделением метаданных, агрегацией контекстной информации и самой оценкой качества. Задавая базовые параметры размера выборок и предела использования ресурсов, пользователь посылает алгоритму сигнал, вследствие которого определяется структура набора, производятся его дескриптивный анализ и маркировка в соответствии с имеющимися метаданными. На последнем шаге выводятся оценочные результаты модели, ранжированные по требованиям определенного контекста. Такой подход теоретически охватывает большой спектр возможных проблем, связанных с качеством данных, однако также имеет ряд ограничений. В первую очередь повышается необходимость в четкости определения метрик оценки и адаптации эффективных моделей управления данными наравне с глубоким пониманием наборов. Другим важным моментом является вопрос производительности систем, осуществляющих анализ, так как оптимальный размер выборок напрямую зависит от технических возможностей оборудования и используемого ПО. Обработка больших объемов информации становится затруднительной при низкой эффективности технологий. В качестве решения авторами метода предлагается опора на облачные хранилища и ресурсы, но в рамках российского рынка это не всегда может быть оптимальным выбором.

Ранее мы уже затрагивали некоторые тенденции цифрового рынка России и рассматривали, в каком направлении движется общее развитие отечественных разработок. В следующей части работы мы более детально опишем, какие из современных технологий имеют потенциал применения в современных условиях и способны оптимизировать цифровые процессы.

Технологии обработки и анализа данных

Говоря о текущем состоянии рынка России, мы возвращаемся к ключевой на настоящей момент тенденции импортозамещения. Несомненно, большое количество предприятий столкнулось с проблемой недостатка технологической базы для осуществления своей ежедневной деятельности. В 2022 году произошел существенный спад в импорте услуг, связанных с ИКТ, на территорию

России и достиг 66 % к объему предыдущего года [2, с. 98]. Наиболее отрицательная динамика наблюдается в области информационных услуг, которые включают разработку, хранение и распространение данных и баз данных (далее — БД). За тот же период объем импорта упал на 53 %.

Обратим внимание на отечественные разработки. В 2022 году количество новых технологий для инфраструктуры России составило 2314, превысив показатель 2021 года на 20 % [2, с. 57; 3, с. 55]. Основная доля таких нововведений относится на компьютерное проектирование и моделирование с долей 16 %. Технологии, связанные с ERP-системами, обработкой и анализом данных, представляют только 11 % от общего числа. В целом процент использования российского ПО на предприятиях вырос на 4 % за тот же временной промежуток, учитывая также рост общей суммы затрат на 4 % [2, с. 61]. Для ERP-систем и больших данных увеличение составило 6 % [2, с. 61; 3, с. 58].

Анализируя цели эксплуатации данных, отметим, что в 2022 году основным направлением стали обеспечивающие процессы: управление кадрами и поддержание информационной безопасности, — со средней долей 29 % [2, с. 208]. В основных процессах, включая продажи, производство, маркетинг, логистику, используются только 10 % информации. Однако, что более примечательно, из всех организаций, которые задействуют технологии сбора и обработки данных, большая их часть вовсе не использует накапливающие массивы, в среднем 53 %. Помимо уже описанных особенностей управления данными в компании, такое состояние может быть связано именно с технологической базой современной России.

Далее перейдем к конкретным отечественным инициативам и уделим внимание хранению, обработке и анализу. Для начала рассмотрим рынок систем управления базами данных (далее — СУБД), представляющих обширный пласт ПО по управлению и анализу хранимой в организации информации. По оценкам фонда «Центр стратегических разработок» (далее — ЦСР), в 2022 году объем предоставляемого российскими поставщиками ПО достиг 66% от общей массы, впервые превысив долю иностранного ПО в обороте [10, с. 6]. Подавляющие 56 % из этого занимают именно СУБД, остальная часть приходится на сопровождающие услуги, средства управления данными и другие. Такие показатели отражают высокую положительную динамику в развитии отечественных разработок и росте доверия к ним со стороны пользователей. Говоря об этом, обратимся к статистике в разрезе типов СУБД.

В 2022 году основная часть рынка, 48 %, приходилась на СУБД общего назначения. Ключевой целью их

использования является выполнение большого количества простых транзакций поискового характера. Второе место по объему с долей 32 % занимают аналитические СУБД, предоставляющие возможность массивно-параллельной обработки данных, в том числе с помощью OLAP-запросов. Меньшую долю имеют резидентские СУБД (далее — IMDB) — 14 %. Среди основных особенностей таких систем — хранение информации в оперативной памяти, что может стать существенным недостатком при низком ограничении ее объема или невозможности распараллеливания на несколько экземпляров. Однако, при соблюдении необходимых условий они дают значительное преимущество в производительности.

Важно отметить, что на настоящий момент подавляющее большинство российских СУБД построены на основе открытого программного обеспечения (далее — open-source). Кроме того, несмотря на то, что уже сейчас существует большое количество альтернатив зарубежному ПО, многие из них используют базу замещаемых систем. Так, среди наиболее популярных продуктов можно выделить Postgres Pro, Jatoba, Tantor, построенные на основе PostgreSQL, Arenadata DB — на Greenplum, Arenadata Quickmarts — на ClickHouse, и другие. Подобная ситуация объясняется ресурсной доступностью open-source проектов и высоким уровнем развития таких решений благодаря международному сообществу разработчиков. Полностью российские продукты представляют меньший интерес для пользователя, так как не способны в полной мере удовлетворить его потребности и зачастую имеют более скромный функционал. По оценкам ЦСР, из всего объема СУБД такое ПО составляет только 10 % [10, с. 12]. Тем не менее, отвечая на актуальный вопрос о безопасности продуктов на базе open-source для национальной инфраструктуры, отметим, что инцидентов с возникновением цифровой угрозы практически не было и на настоящий момент существенных опасений нет. Кроме того, потенциальные риски побуждают к развитию безопасной разработки отечественными поставщиками.

Продолжая тему текущих тенденций, вернемся к технологиям облачных сервисов, кратко затронутых нами ранее. Как уже было сказано, доля использующих их учреждений к 2022 году составила более четверти от общего числа. Потенциально положительная динамика сохранится, так как компании нуждаются в вычислительных ресурсах и хранилищах данных, при этом такие технологии в определенных случаях оказываются более выгодными. Одним из ключевых трендов в этом направлении является переход на гибридные облака, представляющие собой сочетание собственной инфраструктуры предприятия и стороннего ЦОД [7]. В первую очередь такой подход способен обеспечить постепенность трансформации бизнес-процессов в рамках перехода на российское ПО и повышение эффективности операционной

модели в случае целесообразности сохранения части процессов на собственных ресурсах. Дополнительно гибридный формат помогает оптимизировать процессы в ходе апробации моделей и обеспечении отказоустойчивости систем. Также рост интереса можно заметить в области использования сервисов «инфраструктура как сервис» (далее — IaaS) и «платформа как сервис» (далее — PaaS). По отчетам одного из крупнейших поставщиков ИКТ в производственной сфере, «КРОК», в 2022 году спрос на IaaS, как ведущий продукт, вырос на 66 % относительно предыдущего года [5]. Основными драйверами стали перевод инфраструктуры с базы иностранного ПО и потребности в ускорении обработки запросов. Относительно PaaS, объемы продаж увеличились за тот же период на 76 %.

Сейчас облачные технологии, представленные на отечественном рынке преимущественно решениями от Ростелеком, Selectel, СКБ Контур и другими, обеспечивают на переходном этапе цифровой трансформации широкий спектр возможностей развития операционных процессов. Использование сервисов варьируется от адаптации части инструментов до перевода полного цикла на арендуемую инфраструктуру. Говоря конкретнее, компания может использовать готовые приложения по вычислительной виртуализации, ML-алгоритмам, кластеризации микросервисов и многому другому без выделения собственных дополнительных мощностей. Здесь также стоит еще раз отметить платформу «ГосТех», которая потенциально унифицирует основные аспекты цифрового управления в российских организациях и предоставит им возможность оптимизировать процесс операционной трансформации.

В заключение данной главы дополнительно отметим популяризацию платформенных решений, как отдельного направления. На форуме по большим данным «BIG DATA & AI 2023» специалисты компании «Ахепix» представили результаты собственного исследования по текущему состоянию рынка BI-платформ [11]. По их заключению, предложения российских поставщиков имеют свои уникальные черты, не представленные на зарубежном рынке, и благодаря этому могут составить конкуренцию замещаемым продуктам, однако при этом имеют ряд недостатков, которые уже были частично затронуты нами ранее. Среди них отсутствие универсальности предлагаемых сервисов, из-за чего необходимо тщательно подходить к подбору функционала под конкретные запросы, а также преобладающее использование open-source архитектуры, требующей значительных доработок при внедрении. Тем не менее, на настоящий момент платформенные технологии находят широкое применение в различных сферах экономики. В 2022 году 33 % компаний финансового сектора пользовались подобными решениями [4, с. 28]. Следующими по вовлеченности являются организации высшего образования с долей 32 %

и оптовая и розничная торговля — 25 %. Основными причинами адаптации платформенной инфраструктуры среди них можно назвать возможность оптимизации затрат и рисков благодаря сокращению издержек на утилизацию ранее не применяемых технологий, а также комплексный характер доступных услуг. В России данное направление активно развивается, и, несмотря на отсутствие у большинства организаций стабильной технологической базы, рынок уже сейчас может предложить эффективные решения благодаря таким цифровым лидерам, как Яндекс с платформой YTsaurus и Мегафон — с oneFactor.

Заключение

По итогам данной статьи мы рассмотрели ключевые особенности современного цифрового рынка России и общую тенденцию популяризации больших данных в экономике. Текущая социально-политическая обстановка в основном характеризуется отрывом национальных организаций от глобального сообщества и отсутствием между ними такого явления, как «технологический нетворкинг». С этим связан ряд проблем, влияющих как на текущий прогресс импортозамещения иностранного ПО, так и на общий потенциал цифрового развития российской инфраструктуры. Основывая наш обзор на данных трендах, мы осветили следующие аспекты.

В первую очередь для компании крайне важно обеспечить стабильность модели управления данными и их качеством в аналитике. Поддержание стандарта качества данных представляет непрерывный процесс и, как отмечает Д. Лошин, требует выработки комплексного подхода на каждом этапе, учитывая при этом специфику самого бизнеса [15, с. 168]. Одними из современных

методов в данном контексте являются LANG и контекстная модель, расширяющие возможности анализа БД на предмет содержательных недостатков.

Касательно вопроса использования данных, в условиях импортозамещения современный рынок предлагает широкий выбор средств агрегации и источников информации, включая IoT-устройства, отечественные аналоги ERP-систем, общедоступные и частные аналитические базы, и другие. Однако, при этом лишь небольшая часть предприятий утилизирует поступающие потоки. Первой причиной этого является невозможность постоянного хранения и их эффективной обработки. Для этого отечественные поставщики продолжают совершенствовать собственные продукты и, несмотря на отсутствие наработанной технологической базы, развивают ключевые направления российских СУБД, облачных и платформенных сервисов, ML-аналитики, нейросетевых технологий и т. д. Большая доля рынка при этом основывается на open-source инфраструктуре, распространенной в глобальном сообществе, однако полноценные российские решения также становятся востребованными среди различных учреждений. Важная роль в этом отводится государственной поддержке как в вопросах финансирования, так и в более детальных управленческих и операционных аспектах.

Путем адаптации рассмотренных нами технологий и постановки соответствующего приоритета внутри компаний станет возможным выход на стабильный путь цифровой трансформации всей экономики. Российские продукты уже сейчас составляют активную конкуренцию зарубежным решениям и при грамотном подходе со стороны руководства организации способны дать толчок для дальнейшего роста.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации по организации системы управления данными государственных информационных систем, создаваемых, развиваемых и эксплуатируемых на единой цифровой платформе российской федерации «ГосТех»: Утверждено протоколом Президиума Правительственной комиссии от 30.03.2023 № 15 // ГосТех: офиц. сайт. URL: <https://clck.ru/39azpn> (дата обращения: 12.03.2024).
2. Индикаторы цифровой экономики: 2024: статистический сборник / В.Л. Абашкин, Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневский [и др.]; НИУ ВШЭ. — Москва: ИСИЭЗ ВШЭ, 2024. — 276 с.
3. Индикаторы цифровой экономики: 2022: статистический сборник / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишневский [и др.]; НИУ ВШЭ. — Москва: ИСИЭЗ ВШЭ, 2023. — 332 с.
4. Платформенная экономика в России: потенциал развития: аналитический доклад / Г. И. Абдрахманова, Л. М. Гохберг, А.В. Демьянова [и др.]; НИУ ВШЭ. — Москва: ИСИЭЗ ВШЭ, 2023. — 72 с.
5. Выручка КРОК Облачные сервисы выросла на 20 % в 2022 году // КРОК: офиц. сайт. 27.04.2023. URL: <https://clck.ru/39b5xh> (дата обращения: 15.03.2024).
6. Назаренко, М.А. Управление качеством в области больших данных / М.А. Назаренко // Международный журнал экспериментального образования. — 2015. — №. 11-1. — С. 147–148.
7. Обзор: Облачные сервисы 2023 // CNews: сетевое издание. 20.09.2023 URL: <https://clck.ru/39aznw> (дата обращения: 14.03.2024).
8. От разработчиков ИТ-решений для промышленности ждут прыжка на новый качественный уровень // CNews: сетевое издание. 21.12.2023 URL: <https://clck.ru/39aznF> (дата обращения: 10.03.2024).
9. Резолюция по итогам FIRST RUSSIAN DATA FORUM // FIRST DATA FORUM: офиц. сайт. 2023. URL: <https://clck.ru/39azmV> (дата обращения: 10.03.2024).
10. Рынок систем управления и обработки данных в России // Центр стратегических разработок: офиц. сайт. 21.09.2023. URL: clck.ru/39azkG (дата обращения: 14.03.2024).

11. Чернобровцев, А. BIG DATA & AI 2023: подходы и инструменты / А. Чернобровцев // Открытые системы: сетевое издание. 10.04.2023 URL: <https://clck.ru/39azjA> (дата обращения: 15.03.2024).
12. Data quality: A survey of data quality dimensions / L.S. Affendey, H. Ibrahim, M. A. Jabar [et al.] // 2012 International Conference on Information Retrieval & Knowledge Management. — IEEE, 2012. — P. 300–304.
13. Context-aware big data quality assessment: a scoping review / H. Dhayne, H. Fadlallah, R. Haque [et al.] // ACM Journal of Data and Information Quality. — 2023. — Vol. 15. — №. 3. — P. 1–33.
14. Indulska, M., Sadiq, S., Zhang, R. Discovering data quality problems: the case of repurposed data / M. Indulska, S. Sadiq, R. Zhang // Business & Information Systems Engineering. — 2019. — Vol. 61. — P. 575–593.
15. Loshin, D. Business intelligence: the savvy manager's guide. — New York: Newnes, 2012. — 400 p.
16. Schwab, K. The fourth industrial revolution / K. Schwab. — New York: Crown Currency, 2017. — 174 p.
17. What are Industry 4.0, the Fourth Industrial Revolution, and 4IR? // McKinsey & Company: official site. 17.08.2022. URL: <https://clck.ru/39azcW> (дата обращения: 07.03.2024).

© Харичкин Алексей Кириллович (harichkin2011@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПОВЫШЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПАССАЖИРОПЕРЕВОЗОК НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ ПОТОКОВОГО ГРАФА

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE PASSENGER TRANSPORTATION PROCESS BASED ON THE PRINCIPLES OF THE STREAMING GRAPH

**S. Tsareva
P. Uvarovskaya
A. Shcherbakova
Y. Denisova**

Summary. This article shows the relevance of adapting the principles of semantic management of business processes using a flow graph on the example of a regional structural subdivision of the Kotlas Wagon section. The prerequisites of the semantic management of the company for improving the effectiveness of the main processes of the structural division of the North-Western branch of the Joint-Stock Company «Federal Passenger Company» are shown.

Keywords: semantic management, flow graph, business process, ARIS, quality management system (QMS).

Царева Софья Александровна

канд. хим. наук, доцент, Ярославский государственный технический университет
tsarevasa@ystu.ru

Уваровская Полина Александровна

Ярославский государственный технический университет
polinauvarovskaya@gmail.com

Щербак Алина Алексеевна

Ярославский государственный технический университет
shherbakovaaa.19@edu.ystu.ru

Денисова Яна Владимировна

канд. экон. наук, доцент, Казанский национальный исследовательский технологический университет
yana-denisova@inbox.ru

Аннотация. В данной статье показана актуальность адаптации принципов семантического управления бизнес-процессами с помощью потокового графа на примере регионального структурного подразделения Вагонного участка Котлас. Показаны предпосылки семантического управления компании для повышения результативности основных процессов структурного подразделения Северо-Западного филиала Акционерного Общества «Федеральная Пассажирская Компания».

Ключевые слова: семантическое управление, потоковый граф, бизнес-процесс, ARIS, система менеджмента качества (СМК).

Введение

Конкурентоспособность любого предприятия (в том числе ОАО «РЖД») во многом зависит от уровня развития бизнес-процессов, поэтому необходимость гибкого и эффективного управления бизнес-процессами постоянно возрастает. Современные тенденции управления бизнес-процессами выявляет проблему, заключающуюся в том, что в определении бизнес-процессов не включена достаточная семантическая информация, связанная с бизнес-процессами [1–4]. На железнодорожном предприятии создание семантического пространства бизнес-процессов, в котором хранится важная семантическая информация в виде различных общих и конкретных онтологий, и наглядно проиллюстрировано, как такая семантическая информация может быть использована при поиске правильного бизнес-процесса, который является наиболее важным элементом для успешной реализации управление бизнес-процессами [5].

Объектом исследования является Вагонный участок Котлас (ЛВЧ-6) — структурное подразделение Северо-Западного филиала АО «ФПК» ОАО «РЖД». Впервые в условиях регионального структурного подразделения была адаптирована комбинация семантических принципов ARIS и потокового графа с целью повышения результативности процесса пассажироперевозок.

Использование комбинации принципов ARIS и потокового графа позволит региональным структурным подразделениям обеспечить повышение качества при реализации критерияльных бизнес-процессов, а также повысить результативность процесса пассажироперевозок.

Компания Акционерного Общества «Федеральная Пассажирская Компания» занимает лидирующую позицию по оказанию услуг в сфере пассажирских перевозок, но не является монополистом.

Основная цель системы качества Акционерного Общества «Федеральная Пассажирская Компания» —

обеспечить качественное предоставление услуг пассажирских перевозок. Самооценка СМК в различных структурных подразделениях АО «ФПК» однозначно показывает, что управление бизнес-процессами в среде ARIS дает безапелляционное преимущество и повышает результативность процессов в структурных подразделе-

ниях. На основе анализа негативных обращений граждан, поступивших в вагонный участок Котлас за период 2022 и 2023 года было проведено ранжирование причин с учетом их значимости.

В вагонном участке Котлас среди сотрудников, отвечающих за подготовку составов в рейс и среди ра-

Таблица 1.

Ранговые оценки причин низкой оценки удовлетворенности пассажиров качеством обслуживания (экспертная оценка)

Шифр эксперта	Показатели причин проблемы, n																												
	n ₁	n ₂	n ₃	n ₄	n ₅	n ₆	n ₇	n ₈	n ₉	n ₁₀	n ₁₁	n ₁₂	n ₁₃	n ₁₄	n ₁₅	n ₁₆	n ₁₇	n ₁₈	n ₁₉	n ₂₀	n ₂₁	n ₂₂	n ₂₃	n ₂₄	n ₂₅	n ₂₆	n ₂₇	n ₂₈	n ₂₉
1	10	90	60	90	20	10	30	70	100	90	80	100	90	50	40	100	50	70	90	60	90	100	40	50	30	60	60	30	90
2	60	100	80	100	30	90	20	60	100	60	50	70	90	40	40	90	40	60	30	30	50	20	100	80	10	70	100	100	80
3	70	90	20	10	40	80	60	90	100	30	60	100	80	80	60	80	20	90	80	30	60	100	70	90	40	80	50	10	80
4	10	100	30	60	40	100	30	50	90	90	20	80	70	50	80	100	30	80	70	90	90	80	40	30	90	100	40	80	30
5	30	100	20	80	10	30	50	100	90	80	70	90	100	90	30	30	40	100	20	70	60	90	80	50	30	100	40	80	90
Данные по статистической обработке экспертных оценок																													
\bar{x}	36	96	42	68	28	62	38	74	96	70	56	88	86	62	50	80	36	80	58	56	70	78	66	60	40	82	58	60	74

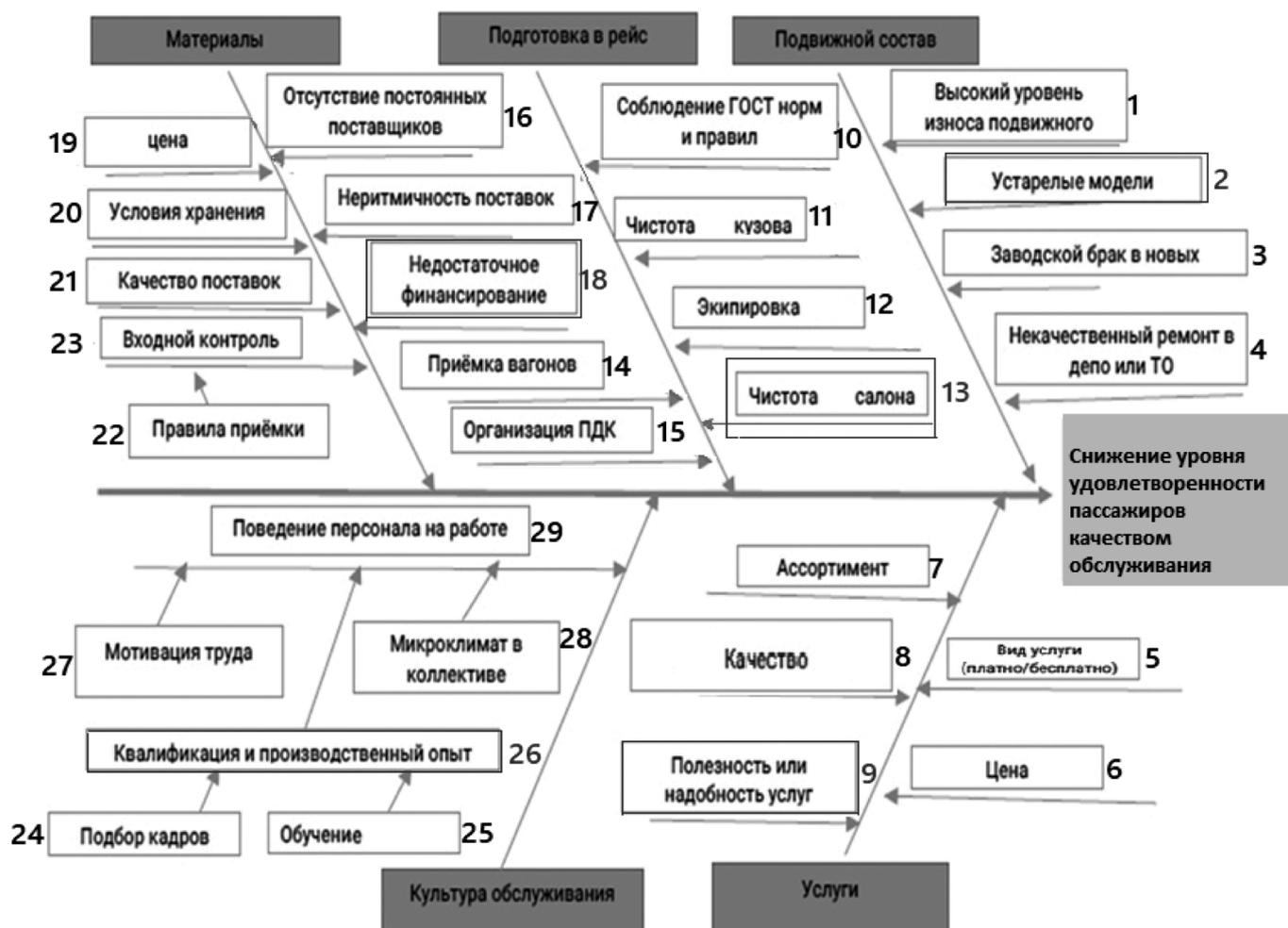


Рис. 1. Причинно-следственная диаграмма организации пассажирских перевозок АО «ФПК»

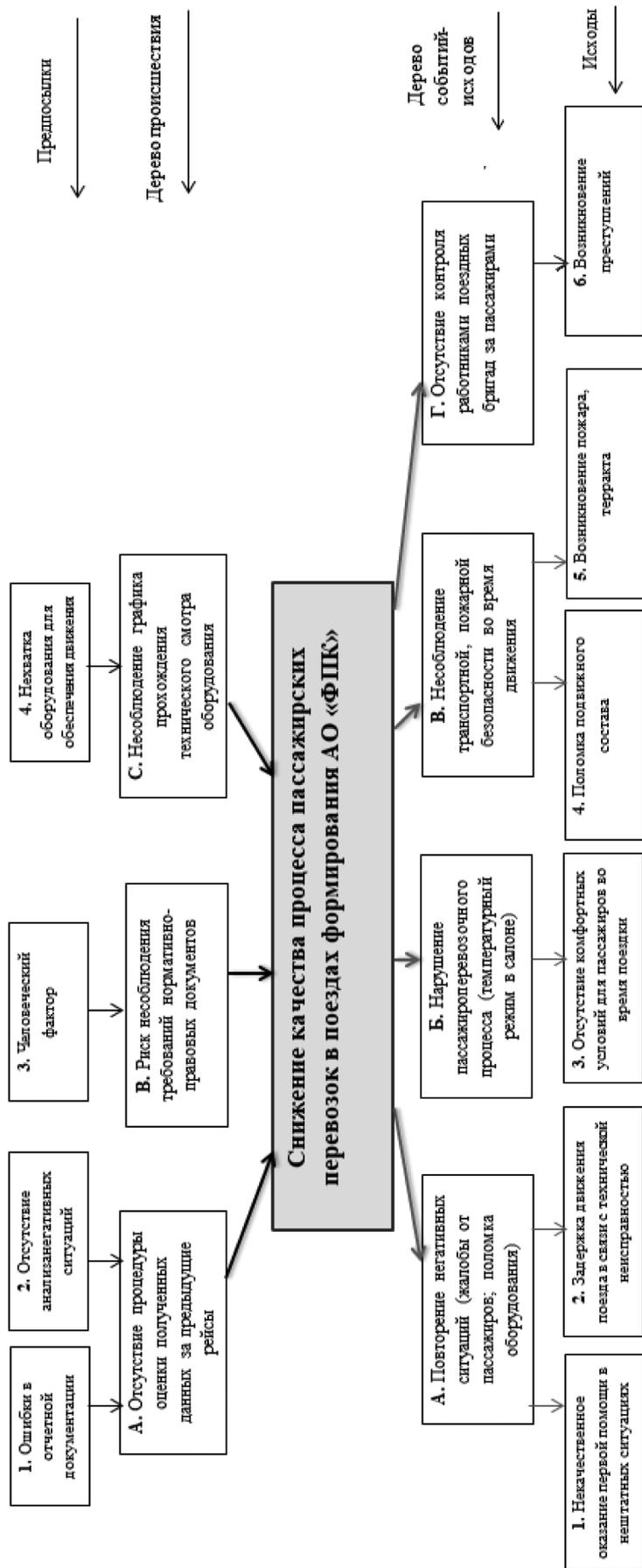


Рис. 2. Дерево происшествий и дерево событий

ботников поездных бригад был проведен экспертный анализ по оценке факторов, отраженных в причинно-следственной диаграмме.

В таблице 1 отражены показатели причин низкой удовлетворенности пассажиров качеством обслуживания, согласно экспертной оценке по 100-балльной шкале (по убыванию). Критериально значимые факторы для пассажиров (именно по отмеченным факторам чаще всего поступают негативные обращения) отмечены на верхнем уровне рисунка 1.

Среди наиболее весомых причин низких оценок качества обслуживания, согласно экспертным суждениям, отмечают следующие причины: устаревшие модели подвижного состава; польза или надобность услуг, предоставляемых в пути следования; экипировка состава в рейс; чистота салона; квалификация и производственный опыт персонала — из-за этих причин преимущественно и возникает уменьшение пассажиропотока в поездах.

Методология

Для демонстрации наиболее вероятных условий появления и развития низких оценок удовлетворенности пассажиров качеством обслуживания построена диаграмма типа «дерево», изображенная на рисунке 2 и включающая в себя дерево происшествий (верхняя часть рисунка) и дерево событий — его возможные исходы (нижняя часть).

Изображенное на рисунке дерево происшествий и дерево событий строилось от головного события к вероятным предпосылкам получения неудовлетворительного результата от осуществления пассажироперевозок.

При подключении семантических принципов управления бизнес-процессами с помощью потокового графа наглядно на рисунке 3 отражена схема последовательности процессов управления программой процедуры повышения результативности процесса пассажироперевозок.

Результаты и обсуждение

Изображенная на рисунке 3 диаграмма типа «граф» строилось от головного события к вероятным предпосылкам первого и исходного (верхнего) уровней. При моделировании условий, необходимых и достаточных для получения неудовлетворительного результата программы повышения результативности процесса пассажироперевозок, учтены три причины первого уровня: А — Отсутствие процедуры оценки полученных данных за предыдущие рейсы; В — Риск несоблюдения требований нормативно-правовых документов, С — Несоб-

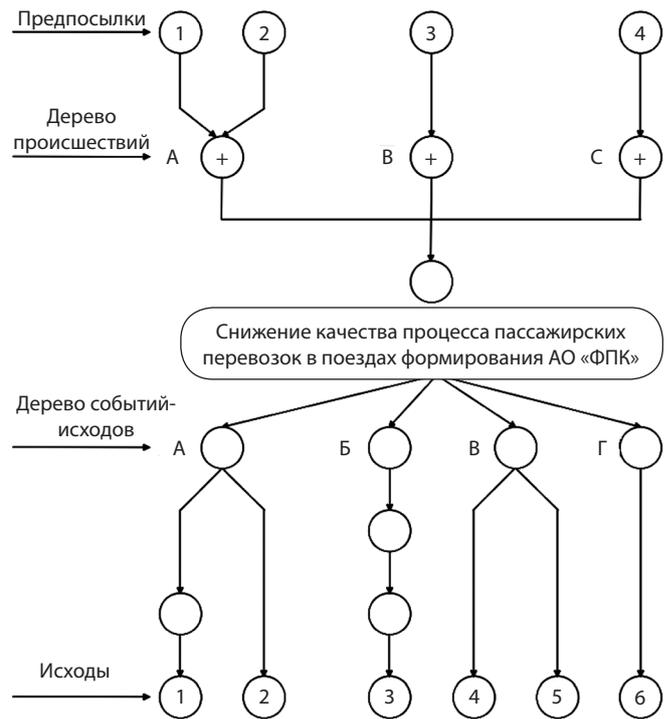


Рис. 3. Формализация и верификация событийно-управляемых цепочек бизнес-процессов с помощью диаграмм типа «граф»

блюдение графика прохождения технического осмотра оборудования. Каждая из этих причин вызвана предпосылками: 1, 2 — ошибками в отчетной документации или отсутствием анализа негативных ситуаций, рассматриваемыми для А как исходные события, и В, С — соответственно нехваткой оборудования для обеспечения движения и человеческим фактором.

Нижняя часть рисунка 3 — дерево событий (ДС) — синтезировалось также последовательно: от центрального события к возможным сценариям. При этом ДС содержит четыре события первого уровня: а) повторение негативных ситуаций (жалобы от пассажиров; поломка оборудования); б) нарушение процесса пассажироперевозок (температурный режим в салоне); в) несоблюдение транспортной, пожарной безопасности во время движения; г) отсутствие контроля работниками поездных бригад за пассажирами; с выбранными для примера б-ю конечными исходами. На втором уровне учтены А — ущерб, Б — потеря пассажиропотока. На третьем уровне учтено снижение конкурентоспособности предприятия. На четвертом уровне представлены конечные исходы: 1) некачественное оказание первой помощи в нештатных ситуациях; 2) задержка движения поезда в связи с технической неисправностью; 3) отсутствие комфортных условий для пассажиров во время поездки; 4) поломка подвижного состава; 5) возникновение пожара, теракта; б) возникновение преступлений.

Выводы

В ходе качественного анализа формализации и верификации событийно-управляемых цепочек бизнес-процессов с помощью диаграмм типа «граф» выявлено 3 минимальных пропускных сочетаний (МПС): два триплета — 1, 3, 4 и 2, 3, 4; один квартет — 1, 2, 3, 4, а также 3 минимальных отсечных сочетаний (МОС): 1, 2; 3; 4. Диаграмма типа «граф» позволяет систематизировать и представить различные причины и последствия, связанные с пассажироперевозками. Описанная на диаграмме ситуация формализуется через иерархическую структуру событий и предпосылок. Это помогает

выявить причины возникновения проблем и определить зависимости между ними. В процессе верификации проверяется корректность построенной модели CSPN. Определенные комбинации событий (МПС и МОС) позволяют выявить минимальные наборы событий, которые могут привести к нежелательным последствиям или их предотвращению. В данном случае, выявлены МПС и МОС, которые помогают выявить уязвимости в системе пассажироперевозок. Выделенные конечные исходы позволяют оценить возможные последствия различных сценариев развития событий в процессе пассажироперевозок. Это важно для оценки рисков и разработки стратегий предотвращения нежелательных ситуаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Светлакова, Е.Н. Использование программной платформы ARIS для автоматизации моделирования бизнес-процессов ОАО «РЖД»: Вестник уральского государственного университета путей сообщения / Е.Н. Светлакова, А.А. Степанова — Екатеринбург: Изд-во Уральский государственный университет путей сообщения, 2020. — С. 56–64.
2. Файзрахманова, Е.В. Применение процессного подхода в системе управления транспортным предприятием / Е.В. Файзрахманова, М.П. Репина — Смоленск: Наукосфера, 2021. — С. 373–378.
3. Олюнина, Л.А. Процессный подход как современный инструмент повышения эффективности работы предприятий ОАО «РЖД»: / Л.А. Олюнина, А.Н. Ларин, И.В. Ларина — Омск: Инновационная экономика и общество, 2015 — С. 52–57.
4. Эрлих, Н.В. Применение процессного подхода с визуализацией управления ОАО «РЖД» с целью повышения эффективности его деятельности / Н.В. Эрлих, А.В. Эрлих — Самара: Наука и образование транспорта, 2020 — С. 174–177.
5. Song Yu. Railway Passenger Flow Forecasting by Integrating Passenger Flow Relationship and Spatiotemporal Similarity/ Song Yu, Aiping Luo, Xiang Wang, Intelligent Automation & Soft Computing, vol. 37, no.2, 2023 — pp. 1877–1893.

© Царева Софья Александровна (tsarevasa@ystu.ru); Уваровская Полина Александровна (polinauvarovskaya@gmail.com); Щербаква Алина Алексеевна (shherbakovaaa.19@edu.ystu.ru); Денисова Яна Владимировна (yana-denisova@inbox.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПОИСК КРАТНЫХ ДЕФЕКТОВ В НЕПРЕРЫВНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ¹

SEARCH FOR MULTIPLE DEFECTS IN CONTINUOUS DYNAMIC SYSTEMS

*Shalobanov S.
Shalobanov S.*

Summary. This work is about an algorithm for searching for multiple defects in a continuous dynamic system, with a depth of up to a dynamic block, based on trial deviations of model parameters using normalized diagnostic features.

Keywords: trial deviations of model parameters, diagnostic model, integral estimates of signal deviations, integration parameter, diagnostic sign.

Шалобанов Сергей Викторович

д.т.н., профессор, Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск
shalobanov@mail.ru

Шалобанов Сергей Сергеевич

к.т.н., доцент, Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск
shalobanov_ne@mail.ru

Аннотация. Эта работа об алгоритме поиска кратных дефектов в непрерывной динамической системе, с глубиной до динамического блока на основе пробных отклонений параметров модели с использованием нормированных диагностических признаков.

Ключевые слова: пробные отклонения параметров модели, диагностическая модель, интегральные оценки отклонений сигналов, параметр интегрирования, диагностический признак.

Постановка задачи

В качестве объекта диагностирования (ОД) рассматривается непрерывный динамический объект, состоящий из отдельных динамических элементов (ДЭ) [1,2]. Под одиночным структурным дефектом будем понимать произвольное изменение передаточной функции одного ДЭ.

Примем гипотезу о возможности появления в ОД одиночных или кратных структурных дефектов, и синтезируем алгоритм поиска кратных дефектов с использованием интегральных оценок отклонений сигналов номинальной модели от сигналов ОД и сигналов модели при наличии пробных отклонений параметров ДЭ.

Алгоритм поиска дефектов

Алгоритм поиска дефектов основан на определении интегральных оценок отклонений сигналов номинальной модели от сигналов ОД. Для получения интегральных оценок отклонений сигналов будем использовать интегральные преобразования временных функций в области вещественных значений параметра интегрирования α , который лежит в пределах $0 \leq \alpha \leq \infty$. Применение интегральных оценок [1,2] позволяет перейти от обработки временных функций к анализу численных значений функционалов:

$$\begin{cases} \Delta F_i(t) = F_{Mi}(t) - F_{oi}(t), \\ \Delta F_i(\alpha) = L\{\Delta F_i(t)\} = \int_0^{T_k} \Delta F_i(t) e^{-\alpha t} dt, \quad i = \overline{1, k}, \end{cases} \quad (1)$$

где i — номер контрольной точки; $F_{Mi}(t)$ и $F_{oi}(t)$ — сигналы модели и объекта соответственно в i -й контрольной точке; T_k — время контроля объекта диагностирования; k — число контрольных точек; α — параметр интегрирования.

В процессе диагностирования вычисляются интегральные оценки отклонений сигналов номинальной модели от сигналов модели с пробными отклонениями параметров [1,2]:

$$\begin{cases} \Delta P_{ij}(t) = P_{Mi}(t) - P_{ij}(t), \\ \Delta P_{ij}(\alpha) = L\{\Delta P_{ij}(t)\} = \int_0^{T_k} \Delta P_{ij}(t) e^{-\alpha t} dt, \quad i = \overline{1, k}; \quad j = \overline{1, n}, \end{cases} \quad (2)$$

где j — номер одиночного или кратного дефекта, $P_{ij}(t)$ — сигнал модели с пробным отклонением j -го одиночного или кратного дефекта для i -й контрольной точки, n — число всех рассматриваемых одиночных и кратных дефектов.

Выражения (1) и (2) позволяют вычислить элементы векторов ΔF и ΔP , размерность которых определяется количеством контрольных точек.

¹ Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 24-21-20064, <https://rscf.ru/project/24-21-20064/>

Диагностический признак наличия одиночного либо кратного дефекта при использовании интегральных оценок сигналов определяется формулой:

$$J_j = 1 - \frac{\left[\sum_{i=1}^k \Delta P_{ij}(\alpha) \cdot \Delta F_i(\alpha) \right]^2}{\sum_{i=1}^k \Delta P_{ij}^2(\alpha) \cdot \sum_{i=1}^k \Delta F_i^2(\alpha)}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (3)$$

Для нормированных векторов $\hat{\Delta F}$ и $\hat{\Delta P}$ формула (3) запишется в следующем виде:

$$J_j = 1 - \left[\sum_{i=1}^k \hat{\Delta P}_{ij}(\alpha) \cdot \hat{\Delta F}_i(\alpha) \right]^2, \quad j = \overline{1, n}, \quad (4)$$

где

$$\hat{\Delta F}_i(\alpha) = \frac{\Delta F_i(\alpha)}{\sqrt{\sum_{r=1}^k \Delta F_r^2(\alpha)}},$$

$$\hat{\Delta P}_{ij}(\alpha) = \frac{\Delta P_{ij}(\alpha)}{\sqrt{\sum_{r=1}^k \Delta P_{ij}^2(\alpha)}}.$$

Диагностические признаки (3) или (4) могут принимать значения от 0 и до 1. Минимальное значение признака указывает на наличие дефекта в блоке или сразу в нескольких блоках.

Индекс j пробного отклонения, которое минимизирует значение диагностического признака (3) или (4), определяет наличие одиночного или кратного дефектов.

Поиск неисправного блока или сразу нескольких блоков, согласно предлагаемому алгоритму, сводится к выполнению следующих операций:

1. В качестве ОД рассматривают динамическую систему, состоящую из произвольно соединённых динамических блоков, с общим количеством рассматриваемых одиночных и кратных дефектов блоков n .
2. Путём анализа графиков номинальных переходных характеристик ОД, определяют время переходного процесса ОД. Фиксируют время контроля $T_k \geq T_{III}$.
3. Определяют значение параметра интегрирования $\alpha = \frac{5}{T_k}$.
4. Фиксируют число контрольных точек на выходах блоков k .
5. Предварительно находят элементы векторов $\Delta P_{ij}(\alpha)$ отклонений выходных сигналов модели, полученные в результате пробных отклонений i -го номера каждого из n одиночных и кратных дефектов блоков и определённого выше параметра

интегрального преобразования α , для чего выполняют пункты 6–10. Величину пробных отклонений выбирают в диапазоне 10–20 %.

6. Находят нормированные векторы $\Delta P_{ij}(\alpha)$ отклонений сигналов модели, полученные в результате пробных отклонений i -го номера каждого из n одиночных и кратных дефектов блоков.
7. Определяют отклонения выходных сигналов ОД от номинальных значений $\Delta F_i(\alpha)$.
8. Вычисляют нормированные значения отклонений сигналов ОД $\hat{\Delta F}_i(\alpha)$.
9. Вычисляют диагностические признаки наличия неисправного структурного блока или нескольких блоков по формуле (3 или 4).
10. По минимуму значения диагностического признака определяют дефектный блок или дефектные блоки.

Поскольку диагностические признаки лежат в фиксированном интервале значений $[0,1]$, различимость двух дефектов может оцениваться как разность значений соответствующих признаков. Фактическая различимость j -го одиночного или кратного дефекта определяется по формуле:

$$\Delta J_j = J_k - J_j,$$

где J_j — значение признака j -го присутствующего в объекте одиночного либо кратного дефекта, J_k — значение ближайшего к нему по величине признака.

Введём также понятие кратной различимости j -го одиночного либо кратного дефекта как разность:

$$\Delta J_{cj} = J_b - J_j,$$

где J_j — значение признака j -го присутствующего в объекте одиночного либо кратного дефекта, J_b — значение ближайшего к нему по величине признака одиночного либо кратного дефекта, содержащего хотя бы один такой же структурный блок ОД как и J_j .

Пример применения метода

Рассмотрим реализацию предлагаемого алгоритмов поиска кратного структурного дефекта для системы, структурная схема которой представлена на рис. 1.

Передаточные функции блоков:

$$W_1 = \frac{k_1(T'_1 p + 1)}{T''_1 p}; \quad W_2 = \frac{k_2}{T_2 p + 1}; \quad W_3 = \frac{k_3}{T_3 p + 1},$$

номинальные значения параметров: $T'_1=5$ с; $T''_1=1$ с; $K_2=1$; $T_2=1$ с; $K_3=1$; $T_3=5$ с. Определим варианты ($n=7$) пробных отклонений в виде уменьшения коэффициентов усиления (k_1, \dots, k_3) каждого динамического блока

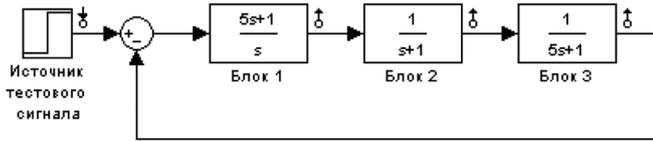


Рис. 1. Структурная схема объекта диагностирования

и комбинаций блоков на 10 %: $k_1=0.9$ ($i=1$); $k_2=0.9$ ($i=2$); $k_3=0.9$ ($i=3$); $k_1=0.9$ и $k_2=0.9$ ($i=4$); $k_2=0.9$ и $k_3=0.9$ ($i=5$); $k_1=0.9$ и $k_3=0.9$ ($i=6$); $k_1=0.9$, $k_2=0.9$ и $k_3=0.9$ ($i=7$). При поиске кратного дефекта в виде отклонения коэффициентов усиления на 20 % $k_1=0.8$, $k_2=0.8$ и $k_3=0.8$ (кратный дефект №7) в первом, втором и третьем звене, при подачи ступенчатого тестового входного сигнала единичной амплитуды и интегральных оценок сигналов для параметра $\alpha = 0,5$ и $T_K=10$ с, при использовании трёх контрольных точек, расположенных на выходах блоков, используя пробные отклонения величиной 10 %, получены значения диагностических признаков по формуле (3): $J_1=0.9262$; $J_2=0.08897$; $J_3=8552$; $J_4=0.4849$; $J_5=0.398$; $J_6=0.7402$; $J_7=0.03559$. Анализ значений диагностических признаков показывает, что кратный дефект в первом, втором и третьем структурных блоках контролируемой системы ($J_7 = \min$) находится правильно. Следует отметить, что способ работоспособен и при больших значениях величин пробных отклонений параметров (10–40 %). Ограничением на величину пробного отклонения является необходимость сохранения устойчивости моделей с пробными отклонениями.

Моделирование процессов поиска кратного дефекта при других случаях его проявления для данного объекта диагностирования, при том же параметре интегрального преобразования α и при единичном ступенчатом

входном сигнале даёт следующие значения диагностических признаков.

При наличии дефектов в блоках №1 и №3 (в виде уменьшения параметров k_1 и k_3 на 20 %, кратный дефект №6): $J_1=0.9973$; $J_2=0.9474$; $J_3=896$; $J_4=0.9661$; $J_5=0.8994$; $J_6=0.1254$; $J_7=0.7995$.

При наличии дефектов в блоках №2 и №3 (в виде уменьшения параметров k_2 и k_3 на 20 %, дефект №5): $J_1=0.3599$; $J_2=0.2114$; $J_3=2875$; $J_4=0.9719$; $J_5=0.001142$; $J_6=0.6733$; $J_7=0.2007$.

При наличии дефектов в блоках №1 и №2 (в виде уменьшения параметров k_1 и k_2 на 20 %, дефект №4): $J_1=0.7204$; $J_2=0.7441$; $J_3=0.7929$; $J_4=0.009458$; $J_5=0.9985$; $J_6=0.9989$; $J_7=0.7533$.

При наличии одиночных структурных дефектов алгоритм даёт следующие результаты.

При наличии дефекта в блоке №3 (в виде уменьшения параметра k_3 на 20 %, дефект №3): $J_1=0.07426$; $J_2=0.7469$; $J_3=0$; $J_4=0.8629$; $J_5=0.2574$; $J_6=0.5945$; $J_7=0.7014$.

При наличии дефекта в блоке №2 (в виде уменьшения параметра k_2 на 20 %, дефект №2): $J_1=0.7842$; $J_2=0$; $J_3=0.747$; $J_4=0.6549$; $J_5=0.2397$; $J_6=0.8593$; $J_7=0.05451$.

При наличии дефекта в блоке №1 (в виде уменьшения параметра k_1 на 20 %, дефект №1): $J_1=0$; $J_2=0.7841$; $J_3=0.07425$; $J_4=0.8032$; $J_5=0.3313$; $J_6=0.8379$; $J_7=0.8003$.

Минимальное значение диагностического признака во всех случаях правильно указывает на дефектные блоки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронин В.В., Шалобанов С.С. Диагностирование непрерывных динамических систем методом пробных отклонений параметров модели // Информатика и системы управления. — 2010. — № 1(23). — С. 121–127.
2. Шалобанов С.С. Улучшение различимости дефектов в непрерывных динамических системах путём многократного интегрирования сигналов // Информатика и системы управления. — 2010. — № 3(25). — С. 88–94.
3. Шалобанов С.С. Способ поиска неисправных блоков в динамической системе. Патент на изобретение №2453898 от 20.06.2012 по заявке №2010148468/08(070039).
4. Шалобанов С.В., Шалобанов С.С. Способ поиска неисправных блоков в непрерывной динамической системе. Патент на изобретение №2519435 от 10.06.2014 по заявке №2012153311/08.

© Шалобанов Сергей Викторович (shalobanov@mail.ru); Шалобанов Сергей Сергеевич (shalobanov_ne@mail.ru)
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

БЕРЕМЕННОСТЬ ПРИ СПИНАЛЬНОЙ МЫШЕЧНОЙ АТРОФИИ

PREGNANCY WITH SPINAL MUSCULAR ATROPHY

D. Aivazova
K. Toropov (Grigoryan)

Summary. Neuromuscular disorders, which manifest as hypotonia and weakness in newborns, can have a variety of causes: damage to the central nervous system (brain or spinal cord), peripheral nervous system or skeletal muscles. One such condition is spinal muscular atrophy (SMA), which is characterized by degeneration of cells in the anterior horn of the spinal cord and motor nuclei of the lower brainstem, leading to progressive muscle weakness and atrophy.

The incidence of spinal muscular atrophy ranges from 5 to 13 per 100000 population, and the carriage rate of the mutation that causes the disease ranges from 1:100 to 1:45, with marked interethnic variability.

Many women with spinal muscular atrophy types II, III, and IV reach fertile age and can plan a pregnancy. However, to date, there is limited data on the potential impact of pregnancy on the course of SMA and pregnancy outcomes in these patients. In addition, the use of multiple disease-modifying therapies for all types of SMA is expected to lead to an increase in the number of female SMA patients planning pregnancy in the coming years.

This article will examine the clinical aspects of spinal muscular atrophy, with an emphasis on the characteristics of pregnancy and childbirth in individuals suffering from this disease.

Objective: to analyze the literature on the course, features of management of pregnant women with SMA and the effect of disease-modifying drugs on pregnant women and the fetus while taking them.

Materials and methods: analysis of literature from open sources.

Keywords: spinal muscular atrophy, pregnant women with SMA, nusinersen, SMN1 exon 7 deletion.

Айвазова Дианна Сергеевна

Кандидат медицинских наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет
им. И.С. Тургенева»
diana.aiwazowa@yandex.ru

Торопов (Григорян) Ксения Арсеновна

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет
им. И.С. Тургенева»
grigoryan.ksenia@gmail.com

Аннотация. Нервно-мышечные нарушения, которые проявляются у новорожденных в виде гипотонии и слабости, могут иметь разнообразные причины: поражение центральной нервной системы (головного или спинного мозга), периферической нервной системы или мышц скелета. Одним из таких состояний является спинальная мышечная атрофия (СМА), которая характеризуется дегенерацией клеток передних рогов спинного мозга и двигательных ядер нижних отделов ствола мозга, что приводит к прогрессирующей слабости и атрофии мышц.

Частота спинальной мышечной атрофии колеблется от 5 до 13 на 100000 населения, а частота носительства мутации, которая вызывает заболевание, колеблется от 1:100 до 1:45 с выраженной межэтнической изменчивостью. Многие женщины со спинальной мышечной атрофией II, III и IV типов достигают фертильного возраста, и могут планировать беременность. Однако на сегодняшний день ограниченные данные о потенциальном влиянии беременности на течение СМА и исходы беременностей у этих пациенток. Кроме того, ожидается, что использование нескольких модифицирующих заболевание методов лечения всех типов СМА приведет к увеличению числа женщин-пациентов со СМА, планирующих беременность в ближайшие годы.

В этой статье будут рассмотрены клинические аспекты спинальной мышечной атрофии с упором на особенности беременности и родов у лиц, страдающих данным заболеванием.

Цель: провести анализ литературы о течении, особенностях беременности и родов женщин со СМА.

Материалы и методы: анализ литературы из открытых источников.

Ключевые слова: спинальная мышечная атрофия, беременные со СМА, нусинерсен, делеций экзона 7 SMN1.

Этиология

СМА — это генетическое заболевание, которое наследуется аутосомно-рецессивно и связана с хромосомой 5q. Различные формы 5q-SMA вызваны двуаллельными делециями или мутациями гена SMN1 на хромосоме 5q13.2, что приводит к дефициту белка SMN1 [1]. Чаще всего распространена делеция экзона 7 (до 90–94 % пациентов с клинически типичной СМА имеют гомозиготные делеции экзона 7).

Белок SMN принимает участие в синтезе мРНК в мотонейронах, а также может ингибировать апоптоз. Раз-

личие в активности белка SMN частично связано с модифицирующим геном, называемым мотонейроном выживания 2 (SMN2). Гены SMN1 и SMN2 идентичны более чем на 99 % и лежат в инвертированной дупликации на хромосоме 5q13.2. SMN1 лежит в теломерной форме SMN2. Основное различие между ними заключается в переходе С на Т в экзоне 7 SMN2. Это изменение приводит к образованию усеченного, нефункционального белка SMN из большинства мРНК, происходящих из SMN2. Однако примерно в 10–15 % случаев мРНК SMN2 содержит экзон 7 и может продуцировать функциональный полно-размерный белок SMN [2]. Таким образом, потеря белка SMN1 частично компенсируется синтезом белка SMN2, механизмом, который объясняет некоторую, но не всю

фенотипическую изменчивость у пациентов со СМА. Тяжесть заболевания при СМА обычно обратно коррелирует с числом копий SMN2, которое варьируется от 0 до 8 в нормальной популяции, и в меньшей степени с уровнем белка SMN. Наличие четырех и более копий SMN2 связано с более мягким фенотипом.

Клинические особенности

Заболевания СМА характеризуются дегенерацией клеток передних рогов спинного мозга и двигательных ядер нижних отделов ствола мозга, что приводит к прогрессирующей мышечной слабости и атрофии. На сегодняшний день заболевания классифицируются на 4 типа в зависимости от возраста начала и клинического течения. СМА типа 0 (пренатальное начало) и СМА типа 1 (начало в младенческом возрасте) являются наиболее распространенными и тяжелыми типами. СМА типа 2 и 3 типа имеют более позднее начало и менее тяжелое течение. СМА типа 4 (начало у взрослых) является наименее тяжелым типом. Тяжесть заболевания при СМА обычно обратно коррелирует с количеством копий SMN2, которое варьируется в нормальной популяции, и в меньшей степени с уровнем белка SMN.

Пациенты со всеми формами СМА имеют диффузную симметричную слабость проксимальных мышц, более выраженную в нижних конечностях, чем в верхних, а также отсутствие или заметное снижение глубоких сухожильных рефлексов. Кроме того, СМА связана с рестриктивной прогрессирующей дыхательной недостаточностью, особенно СМА типа 0 и типа 1.

Матери больных пациентов со СМА 0 отмечают уменьшение или потерю движений плода на поздних сроках беременности. При рождении у младенцев со СМА типа 0 наблюдается выраженная слабость и гипотония, часто с арефлексией, лицевой диплегией и врожденными пороками сердца. Может наблюдаться артрогрипоз (множественные контрактуры суставов). Смерть наступает от дыхательной недостаточности в возрасте шести месяцев, чаще в возрасте до 1 месяца. У младенцев со СМА неонатального начала могут наблюдаться признаки последовательности деформаций гипокинезии плода, включая многоводие, задержку внутриутробного развития, аномалии скелета с множественными суставными контрактурами и легочную гипоплазию [3]. Младенцы со СМА типа 0 обычно имеют только одну копию SMN2.

СМА типа 1 также известна как детская спинальная мышечная атрофия или болезнь Верднига-Гоффмана. Обычно он проявляется после рождения, но в возрасте до шести месяцев. Заболевшие младенцы могут выглядеть нормальными до появления симптомов, но вскоре у них развивается тяжелый симметричный вялый паралич, и они никогда не достигают способности сидеть

без поддержки. Слабость бульбарных мышц приводит к слабому плачу, плохим сосательным и глотательным рефлексам, скоплению секрета, фасцикуляциям языка и повышенному риску аспирации и задержки развития.

Симптомы быстро прогрессируют, и большинство детей умирают в возрасте до двух лет от дыхательной недостаточности. Пациенты со СМА 1 типа обычно имеют две или три копии гена SMN2.

СМА типа 2 — промежуточная форма (болезнь Дубовица) составляет примерно 20 % случаев и имеет менее тяжелое течение, чем тип 1. СМА типа 2 чаще всего проявляется в возрасте от 3 до 15 месяцев. Способность сидеть без посторонней помощи достигается, но может быть и с задержкой. Однако ребенок никогда не сможет самостоятельно стоять и ходить. Мышечная слабость приводит к прогрессирующему сколиозу почти у всех больных. Умение сидеть самостоятельно обычно теряется в подростковом возрасте. Согласно исследованиям выявлено, что 2/3 людей со СМА типа 2 были живы в возрасте 25 лет [4]. Пациенты со СМА 2 типа обычно имеют три копии SMN2.

СМА типа 3 — ювенильная форма (болезнь Кугельберга-Веландера) составляет примерно 30 %. Начало обычно происходит в возрасте от 18 месяцев до зрелого возраста. У пациентов наблюдается проксимальная слабость с преимущественным поражением больше ног, чем руки. Это проявляется трудностями при подъеме по лестнице и частыми падениями. Может развиваться деформация стопы. У большинства из них не развивается сколиоз или изнурительная слабость дыхательных мышц. СМА типа 3 связана с нормальной продолжительностью жизни. Пациенты со СМА типа 3 обычно имеют три или четыре копии SMN2.

СМА типа 4 составляет менее 5 % случаев. Начало заболевания колеблется в пределах 30 лет и больше. Все двигательные показатели достигнуты, способность передвигаться обычно сохраняется на протяжении всей жизни, продолжительность жизни нормальная. Пациенты со СМА 4 типа обычно имеют от четырех до восьми копий SMN2.

Многие женщины со СМА II, III и IV типов достигают зрелого возраста с клинической картиной, которая может варьировать от минимальных двигательных нарушений до почти полной потери двигательных навыков. Следует учитывать, что многие пациентки со СМА III типа самостоятельно передвигаются во время беременности, в то время как все женщины со II типом прикованы к инвалидной коляске.

Диагностика

Диагноз СМА у женщин детородного возраста следует подозревать при наличии любой необъяснимой сла-

бости или гипотонии. Из анамнеза может быть известно о трудностях при движении, потере двигательных навыков, слабости проксимальных мышц, гипорефлексии или арефлексии, фасцикуляции языка и признаках заболевания нижних мотонейронов при осмотре. Молекулярно-генетическое тестирование с целевым анализом мутаций может подтвердить диагноз СМА путем выявления гомозиготных делеций экзона 7 SMN1 [5]. Делеция экзона 7 на сегодняшний день является наиболее распространенной мутацией при СМА, но встречаются и точковые мутации. Отсутствие патогенной мутации SMN1 ставит под сомнение диагноз.

Ранее широко применялся метод электромиографии и мышечная биопсия. Но теперь, когда молекулярно-генетическое тестирование широко доступно, они применяются редко. Электромиография при СМА показывает аномальную спонтанную активность с фибрилляциями и острыми положительными волнами. Средняя продолжительность и амплитуда потенциалов действия двигательных единиц увеличены, многие из них являются полифазными. Биопсия мышц выявляет большие группы циркулярных атрофических мышечных волокон 1-го и 2-го типа, вкрапленных среди пучков гипертрофированных волокон 1-го типа. Увеличенные волокна были реиннервированы за счет отрастания уцелевших нервов и теперь в 3–4 раза больше, чем обычно.

Беременность

Исторически наличие нервно-мышечных заболеваний считалось противопоказанием для беременности. Слабость мышц брюшной стенки, нарушение функции дыхания и жизненной емкости легких, риски, связанные с общей анестезией, а главное отсутствие методических указаний настораживали врачей и пациентов. Однако по мере развития медицины количество сообщений об успешных беременностях у женщин со СМА или другими нервно-мышечными заболеваниями увеличивается, тем самым вдохновляя других пациенток родить ребенка. Опыт показывает, что успешная беременность возможна при СМА. Женщины со СМА, как правило, имеют хорошие результаты и предпочитают иметь более одной беременности [6]. Опрошенные женщины утверждают, что во время беременности чувствуют себя сильнее и удовлетвореннее. Следует отметить, что у ситтеров чаще наблюдались осложнения во время родов и преждевременные роды.

Пациентам со СМА зачастую родоразрешение проводят путем кесарева сечения. Вагинальные роды возможны не противопоказаны, поскольку матка имеет автономную иннервацию и не должна поражаться заболеванием [7,8].

Имеются ограниченные ретроспективные данные, которые позволяют предположить, что беременность

у женщин со СМА часто осложняется преждевременными родами [7].

Тем не менее, не было обнаружено никаких вредных последствий для плода [9].

Осложнения во время беременности и родах

Есть ряд осложнений течения беременности и родов, который наблюдаются у беременных со СМА.

В первую очередь это связано с выраженной слабостью мышц. Слабость дыхательных мышц часто приводит к затруднению выведения мокроты из нижних дыхательных путей и гиповентиляции. Во время беременности, особенно на поздних сроках в норме из-за увеличенной в размерах матки органы брюшной полости поджаты вверх и снижают степень вентиляции нижних отделов легких. У женщин со СМА могут усугубиться симптомы нарушения мукоциллиарного клиренса.

При СМА при тяжелом течении отмечается слабость мышц живота. В результате это приводит к неэффективным схваткам во время родов. Кроме продления потужного периода [10], слабость дыхательной мускулатуры, сколиоз и снижение легочной функции (которые развились еще до наступления беременности) приводят к развитию дыхательной недостаточности у женщины и гипоксии у плода во время потужного периода, что угрожает жизни и здоровью матери и ребенку.

Женщины со СМА могут испытывать усиление мышечной слабости после второго триместра и/или задержку послеродового восстановления. В одном клиническом случае сообщалось о протекавшей без осложнений беременности с кесаревым сечением. В последствие наблюдалась выраженная мышечная слабость с одышкой и бульбарным синдромом, которые длились 1–2 недели [11]. Затем двигательная функция восстановилась до исходного уровня.

При проведении анкетирования у 58 женщин выявлено, что 74 % матерей сообщили об усилении слабости во время беременности, которая сохранялась после родов у 42 % [12].

У пациенток со СМА часто развивается сколиоз, вызванный мышечной слабостью. В условиях повышенной нагрузки на все суставы, позвоночник вследствие повышения массы тела, смещения центра тяжести из-за выпирающего вперед живота, у беременных со СМА может усиливаться болевой синдром в пояснице и спине в целом. В ряде случаев ношение корсета неэффективно, что может стать причиной проведения хирургической коррекции.

Кроме того, у женщин может деформироваться таз из-за заболевания, его размеры могут уменьшаться, что может затруднить роды вагинальным способом, приводя к развитию во время родов клинически узкого таза. Также контрактуры ног могут затруднить правильное размещение пациентки на операционном столе, безопасное и правильное выведение головки плода [13]. В случае необходимости оказания акушерской помощи недостаточное разведение ног может усложнять оказание помощи (например, наложение щипцов).

Тяжелая деформация позвоночника существенным образом усложняет проведение спинальной и эпидуральной анестезии. Поэтому предпочтительнее региональная анестезия или наркоз [14]. Если необходима общая анестезия, следует избегать применения деполяризующих мышечных блокаторов [15].

Все вышеперечисленные условия подтверждают, что методом родоразрешения у женщин со СМА является кесарево сечение.

С появлением болезней модифицирующих препаратов у пациенток со СМА возникла еще одна проблема. Взрослым небеременным женщинам с умеренными симптомами СМА предлагается лечение нусинерсеном или ризидипламом. Однако эффективность лечения модифицирующими болезнями препаратами ограничена у лиц, которые имеют тяжелые контрактуры или сколиоз, что может развиваться у беременных со СМА.

Также данные о применении болезней модифицирующих препаратов у беременных и рожавших ограничены, что ограничивает их возможности в проведении терапии данным способом.

Беременность и роды осложняют течение СМА посредством усиления нагрузки на респираторную систему, опорно-двигательную, усиления слабости, повышают риски во время родов. Тем не менее женщина,

страдающая тяжелым наследственным дегенеративным заболеванием, способна выносить беременность и родить относительно здорового с генетической точки зрения ребенка [16].

Выводы

Ведение беременности и родов у пациенток со СМА должна учитывать как потребности плода, так и матери. Важным является определение времени родов, возможности инструментального или оперативного родоразрешения, оценка анестезиологического риска, возможность грудного вскармливания.

Важно отметить следующее:

- частота осложнений со стороны матери и плода у женщин со СМА не выше, чем в общей популяции;
- недоношенность и оперативные роды чаще возникают при СМА при беременности из-за нарушения мышечной и дыхательной функции;
- предпочтительна региональная анестезия; если необходима общая анестезия, следует избегать применения деполяризующих мышечных блокаторов;
- во время беременности вентиляция легких может ухудшиться, и в этом случае рекомендуемым лечением является неинвазивная вентиляция легких;
- у значительной части женщин отмечается стойкое обострение слабости.

Для ведения беременных и проведения родоразрешения требуется присутствие команды специалистов, которые профилируются по данному заболеванию. Но ввиду ограниченности данных о ведении и родоразрешении у больных со СМА данная задача становится сложной. Обзор современной литературы и обмен опытом среди врачей поможет усовершенствовать медицинскую помощь беременным с СМА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pellizzoni L, Kataoka N, Charroux B, Dreyfuss G. A novel function for SMN, the spinal muscular atrophy disease gene product, in pre-mRNA splicing. *Cell* 1998; 95:615.
2. Butchbach ME. Copy Number Variations in the Survival Motor Neuron Genes: Implications for Spinal Muscular Atrophy and Other Neurodegenerative Diseases. *Front Mol Biosci* 2016; 3:7.
3. González De Dios J, Martínez Frías ML, Arroyo Carrera I, et al. [Role of signs of fetal hypokinesia in the diagnosis of spinal muscular atrophy of neonatal onset]. *An Esp Pediatr* 2002; 56:233.
4. Zerres K, Rudnik-Schöneborn S. Natural history in proximal spinal muscular atrophy. Clinical analysis of 445 patients and suggestions for a modification of existing classifications. *Arch Neurol* 1995; 52:518.
5. Mercuri E, Bertini E, Iannaccone ST. Childhood spinal muscular atrophy: controversies and challenges. *Lancet Neurol* 2012; 11:443.
6. Bencivenga RP, Zoppi D, Russo A, Cassano E, Tozza S, Iodice R, Dubbioso R, Manganelli F, Ruggiero L. Pregnancy experience in women with spinal muscular atrophy: a case series. *Acta Myol*. 2023 Sep 30;42(2-3):60–64. doi: 10.36185/2532-1900-316. PMID: 38090543; PMCID: PMC10712658.
7. Rudnik-Schöneborn S, Zerres K, Ignatius J, et al. Pregnancy and spinal muscular-atrophy. *J Neurol* 1992;239:26–30
8. Carter GT, Bonekat HW, Milio L. Successful pregnancies in the presence of spinal muscular atrophy: two case reports. *Arch Phys Med Rehabil* 1994;75:229–31

9. Setyaningrum CTS, Harahap ISK, Nurputra DK, Rachman IT, Harahap NIF. Managing pregnancy in a spinal muscular atrophy type III patient in Indonesia: a case report. *J Med Case Rep.* 2022 Jan 16;16(1):14. doi: 10.1186/s13256-021-03226-1. PMID: 35033190; PMCID: PMC8761282.
10. (Pearn J. Autosomal dominant spinal muscular atrophy: a clinical and genetic study. *J Neurol Sci* 1978;38:263–75),
11. Yim R, Kirschner K, Murphy E, et al. Successful pregnancy in a patient with spinal muscular atrophy and severe kyphoscoliosis. *Am J Phys Med Rehabil* 2003;82:222–5
12. Elsheikh BH, Zhang X, Swoboda KJ, Chelnick S, Reyna SP, Kolb SJ, Kissel JT. Pregnancy and delivery in women with spinal muscular atrophy. *Int J Neurosci.* 2017 Nov;127(11):953–957. doi: 10.1080/00207454.2017.1281273. Epub 2017 Feb 5. PMID: 28102719.
13. Howarth L, Glanville T. Management of a pregnancy complicated by type III spinal muscular atrophy. *BMJ Case Rep.* 2011 Feb 17;2011:bcr1020103402. doi: 10.1136/bcr.10.2010.3402. PMID: 22707496; PMCID: PMC3062843.
14. Argov Z, de Visser M. What we do not know about pregnancy in hereditary neuromuscular disorders. *Neuromuscul Disord* 2009;19:675–9
15. Abati E, Corti S. Pregnancy outcomes in women with spinal muscular atrophy: A review. *J Neurol Sci.* 2018 May 15;388:50–60. doi: 10.1016/j.jns.2018.03.001. Epub 2018 Mar 2. PMID: 29627031.
16. Ушакова И.А., Шибельгут Н.М., Гнусарев И.А., Литовченко Е.В., Мозес В.Г., Рудаева Е.В., Елгина С.И. Беременность и роды у больной спинальной мышечной атрофией (клинический случай) // *Мать и Дитя в Кузбассе.* 2020. №2(81). С. 77–80. DOI: 10.24411/2686-7338-2020-10027

© Айвазова Дианна Сергеевна (diana.aiwazowa@yandex.ru); Торопов (Григорян) Ксения Арсеновна (grigoryan.ksenia@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСОБЕННОСТИ МИКРОБИОТЫ ВЛАГАЛИЩА У БЕРЕМЕННЫХ С ИСТМИКО-ЦЕРВИКАЛЬНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ

FEATURES OF THE VAGINAL MICROBIOTA IN PREGNANT WOMEN WITH CERVICAL INCOMPETENCE

A. Batomunkuev

Summary. Up to 24–30 % of premature births are associated with cervical incompetence. Given the relevance of this problem, the pathogenesis of cervical incompetence is currently being actively studied. Potential mechanisms by which bacterial infections affect the cervix are mainly associated with matrix metalloproteinases. The ability of bacteria to secrete or induce metalloproteinases and destroy collagen and change the structure of connective tissue leads to premature remodeling of the cervix and weakening of the membranes. However, the mechanism leading to preterm birth is still unknown. The review includes data from domestic and foreign publications presented in the PubMed and RSCI databases. The role of vaginal microbiota in the pathogenesis of cervical incompetence is highlighted. Data from modern studies of the vaginal microbiota in pregnant women with a short cervix are presented, including a study of the effect of methods for correcting cervical incompetence on the microbiocenosis.

Keywords: microbiota, cervical incompetence, review.

Батомункуев Аюр Очирович

Аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ay-baton@mail.ru

Аннотация. До 24–30 % преждевременных родов связаны с истмико-цервикальной недостаточностью. Учитывая актуальность этой проблемы, в настоящее время активно изучается патогенез истмико-цервикальной недостаточности. Потенциальные механизмы, с помощью которых бактериальные инфекции влияют на шейку матки, в основном связывают с матриксными металлопротеиназами. Способность бактерий секретировать или индуцировать металлопротеиназы и разрушать коллаген, изменять структуру соединительной ткани приводит к преждевременному ремоделированию шейки матки и ослаблению плодных оболочек. Однако, механизм, приводящий к преждевременным родам, до сих пор неизвестен. В обзор включены данные отечественных и зарубежных публикаций, представленных в базах данных PubMed и РИНЦ. Освещается роль микробиоты влагалища в патогенезе истмико-цервикальной недостаточности. Приведены данные современных исследований микробиоты влагалища у беременных с короткой шейкой матки, включая изучение влияния методов коррекции истмико-цервикальной недостаточности на микробиоценоз.

Ключевые слова: микробиота, истмико-цервикальная недостаточность, обзор.

Преждевременные роды (ПР) остаются глобальной проблемой общественного здравоохранения, от которой ежегодно страдают почти 15 миллионов детей [1]. Недоношенные новорожденные имеют больший риск развития неонатальных осложнений, таких как респираторный дистресс-синдром, бронхолегочная дисплазия, некротизирующий энтероколит, инфекционные заболевания [2]. Исследования показали, что недоношенность может также вызвать больший риск развития сопутствующих заболеваний во взрослом возрасте, таких как кардиометаболические, респираторные и нервно-психические расстройства [2, 3]. Приблизительно 25–40 % случаев преждевременных родов связаны с восходящим внутриутробным инфицированием [4]. До 24–30 % преждевременных родов связаны с истмико-цервикальной недостаточностью [5]. Истмико-цервикальная недостаточность характеризуется укорочением длины шейки матки (ШМ) менее 25 мм и/или дилатацией цервикального канала более 10 мм (на всем протяжении) ранее 37 недель беременности без клинической картины угрожающего выкидыша или преждевременных родов [6]. Даже с наличием доступных методов диагностики данного осложнения беременности

и современных методов лечения, преждевременные роды при истмико-цервикальной недостаточности происходят в 44–57 % случаев [7].

Шейка матки и микробиота

Шейка матки служит физическим и иммунологическим барьером, предотвращающим попадание микроорганизмов из влагалища в полость матки. Во время беременности шейка матки подвергается ремоделированию, которое в норме происходит постепенно до доношенного срока, и его генез связан с увеличением проницаемости сосудов, выработкой воспалительных цитокинов и ферментов, разрушающих коллаген, инфильтрацией лейкоцитов и активацией протеаз, что приводит к запрограммированному разрушению коллагена в шейке матки [8]. Если обобщить все компоненты ремоделирования, то можно сказать, что оно проходит путем реализации асептического воспаления. Следовательно, такие факторы, как острая/хроническая вагинальная инфекция и цервицит могут привести к преждевременному ремоделированию шейки матки, приводя к ПР.

Клинические исследования установили наличие бактериальных (вызванных *Ureaplasma urealyticum*, *Ureaplasma parvum*, *Mycoplasma hominis*, *Chlamydia trachomatis*, *Neisseria gonorrhoeae*, *Gardnerella vaginalis*) и вирусных инфекций (вызванных герпесвирусом и вирусом папилломы человека) как факторов риска ПР [8].

Потенциальные механизмы, с помощью которых бактериальные инфекции влияют на шейку матки, в основном связывают с матриксными металлопротеиназами (ММП). Например, *G. vaginalis*, *A. vaginae*, *P. bivia* и *P. asaccharolytica* могут индуцировать или секретировать ММП-1, 9 и 10, которые демонстрируют способность разрушать коллаген (типы I и IV), желатин, казеин и фибриноген, тогда как *Lactobacillus crispatus* не влияют на коллаген I типа, казеин и фибриноген [9, 10, 11, 12, 13]. Колонизация репродуктивного тракта мышей *G. vaginalis* увеличивает экспрессию муцина, дисперсию коллагеновых волокон и изменяет биомеханические свойства шейки матки, что указывает на более быстрое ремоделирование шейки матки [14]. Способность бактерий секретировать или индуцировать ММП и разрушать коллаген, изменять структуру соединительной ткани приводит к преждевременному ремоделированию шейки матки и ослаблению плодных оболочек [4]. Однако, механизм, приводящий к ПР, до сих пор неизвестен, поэтому усилия многих исследователей направлены на изучение микрофлоры у беременных с ИЦН.

Состав вагинальной микробиоты в целом одинаков у женщин репродуктивного возраста. Исследования, посвященные изучению видового состава бактерий влагалища путем секвенирования гена 16S рНК, позволили выделить пять основных типов вагинальной микробиоты, называемых community state types (CST) [15]. Принадлежность к CST определяется преобладанием или отсутствием определенных видов лактобактерий. В четырех из пяти CST доминируют *Lactobacillus spp.* (*L. Crispatus*, CST I; *L. gasseri*, CST II; *L. iners*, CST III; *L. jensenii*, CST V), а CST IV представлен полимикробной ассоциацией, без доминирования определенного вида [16]. CST IV подразделяется на CST IVA и CST IV-B [17]. CST IV-A характеризуется высокой относительной численностью *Candidatus Lachnocurva vaginae* (ранее известная как бактериальный вагиноз-ассоциированная бактерия 1 [BVAB1]), *Gardnerella vaginalis* и *L. iners*, тогда как CST IV-B имеет высокую относительную численность *Atopobium vaginae*, *G. vaginalis* и *L. iners* [17, 18, 19].

Известно, что CST (I, II, III и V), в которых доминируют *Lactobacillus*, и особенно CST I, в котором доминирует *L. Crispatus* связаны со здоровым состоянием влагалища и благоприятными репродуктивными исходами [20]. Напротив, CST IV-A и CST IV-B были связаны с бактериальным вагинозом, а среди беременных — CST IV и/или большее разнообразие вагинальной микробиоты в це-

лом были связаны с увеличением риска преждевременных родов [21, 22, 23]. Тем не менее, часто небеременные и беременные женщины с вагинальной микробиотой, классифицированной как CST IV не имеют признаков дисбиоза, цервицита, вагинита, а их репродуктивное здоровье и исходы беременности в целом нормальные [24, 25]. Таким образом, сила и клиническая значимость связи между CST и репродуктивным здоровьем женщин, и исходами беременности остаются неясными.

ИЦН и микробиота

Kindinger LM et al. (2016 г.) ретроспективно оценили исходы родов в группе из 678 беременных с цервикальным серкляжем и выяснили, что плетеный серкляж был связан с увеличением внутриутробной смертности и частоты преждевременных родов по сравнению с мононитью. Затем они провели проспективное продольное исследование вагинального микробиома у женщин с ИЦН, которым проводили серкляж плетеными нитями (n=25) и монофиламентными нитями (n=24). Плетеный шовный материал вызывал стойкий сдвиг в сторону дисбиоза вагинальной микробиоты, характеризующегося снижением количества *Lactobacillus spp.* и увеличением количества патогенных микроорганизмов. Дисбиоз влагалища был связан с экскрецией воспалительных цитокинов и интерстициальной коллагеназы в цервиковагинальную жидкость и преждевременным ремоделированием шейки матки. Монофиламентный шовный материал оказал минимальное влияние на вагинальную микробиоту [26].

Mešić Đogić L et al. (2017 г.) сравнили две группы беременных. В основную группу вошли 50 беременных женщин с одноплодной беременностью в сроке гестации от 28 до 37 недель с ИЦН. В контрольную группу вошли 30 беременных женщин с одноплодной беременностью в сроке беременности между 28 и 37 неделями беременности без укорочения шейки матки. Инфекция цервикального канала выявлена у 35 (70 %) обследованных и четырех (13 %) пациенток контрольной группы. В семи (20 %) случаях были обнаружены *Ureaplasma spp.* и *Mycoplasma spp.*, а в пяти (14 %) случаях *E. coli* [27].

Kindinger L.M et al. (2017 г.) исследовали группу беременных с высоким риском ПР (n=161) и обнаружили, что доминирование *Lactobacillus iners* на сроке 16 недель беременности достоверно ассоциировалось как с короткой шейкой матки <25 мм (n=15), так и с преждевременными родами до 34 недель (n=18). Напротив, доминирование *L. crispatus* было характерным для доношенных родов (n=127). Укорочение шейки матки и преждевременные роды не были связаны с дисбактериозом влагалища. Затем было проведена последовательная оценка вагинальной микробиоты (<18, 22, 28 и 34 недель) у женщин, получавших вагинальный прогестерон

и контрольной группой. Прогестерон не изменял структуру вагинального бактериального сообщества и не снижал частоту *L. iners*-ассоциированных преждевременных родов (<34 недель) [28].

В исследовании Gerson KD et al. (2020 г.) среди 472 беременных, было 38 с короткой шейкой матки и 177 с CST IV. У женщин с CST IV наблюдались более высокая частота ИЦН, а также спонтанных преждевременных родов. Хотя взаимосвязь между CST IV типа и ИЦН не была значимой ($P = 0,771$), женщины с короткой шейкой матки, имеющие CST IV имели более высокую вероятность преждевременных родов по сравнению с женщинами без ИЦН и CST I, II, III или V [29].

Перхулин О.М. и соавт. (2020 г.) проспективно исследовали состояние микробиоценоза влагалища у женщин с ИЦН и бесплодием ановуляторного генеза ($n=60$). Условно-патогенная флора в повышенной концентрации была выявлена у 61,67 % беременных, а у 48,33 % отмечено наличие полимикробных ассоциаций. Снижение абсолютного и относительного состава лактофлоры при ИЦН регистрировалось в 2 раза чаще чем, чем у женщин без ИЦН [30].

Di Paola M et al. (2020 г.) изучили вагинальную микробиоту у 46 беременных женщин преимущественно европеоидной расы с диагнозом ИЦН и выявили микробные сообщества, связанные с выраженным укорочением шейки матки (<10 мм). Никакой корреляции между CST и возрастом матери или сроком беременности не было выявлено. Была выявлена связь CST-IV с выраженным укорочением шейки матки. CST-III (доминирование *Lactobacillus iners*) также был связан с крайним укорочением шейки матки. Гестационный сахарный диабет (ГСД) диагностирован у 10 из 46 женщин. Видовое богатство было значительно выше у женщин, страдающих этим метаболическим нарушением, но статистический анализ не выявил связи с укорочением шейки матки [31].

В исследовании Zhou X et al. (2022 г.) приняли участие 68 беременных двойней с диагнозом ИЦН и 68 беременных двойней без ИЦН. Группа ИЦН была разделена на две подгруппы: группа с серкляжем ($n = 51$) и группа без серкляжа ($n = 17$). ИЦН оказалась связана с более ранним сроком гестации на момент родов, более высоким значением pH влагалища и более низким содержанием лактобацилл. После серкляжа наблюдалось снижение нормального разнообразия бактериальной флоры, уменьшение *Lactobacillus* и увеличение количества *Gardnerella vaginalis*. Кроме того, аномальная среда влагалища также оказывала неблагоприятное влияние на исходы новорожденных (повышенная неонатальная смертность наблюдалась в группе с pH влагалища > 4,5) [32].

Brown RG (2019 г.) исследовал состав вагинальной микробиоты у беременных ($n=20$) с пролабированием плодного пузыря до серкляжа и через 10 дней после него. Снижение количества *Lactobacillus spp.* наблюдалось у 40 % беременных до серкляжа и в 10 % у контрольной группы (беременные без ИЦН, $n=30$). Большое количество *Gardnerella vaginalis* было выявлено в случаях, завершившихся выкидышем или преждевременными родами. После серкляжа в большинстве случаев бактериальный состав не изменился [33].

В исследовании Долгушиной В. Ф. и соавт. (2021 г.) нормоценоз значительно чаще имел место у женщин без ИЦН. Инфекционный процесс влагалища и шейки матки выявлен у 72 % беременных с ИЦН, в группе сравнения — у 27,8 % женщин. Дисбиотические состояния нижнего отдела репродуктивного тракта значимо чаще встречались у женщин основной группы, но межгрупповой анализ не показал статистически значимую разницу в распространенности дисбиоза и бактериального вагиноза у женщин обеих групп. Не получены также значимые различия между группами по частоте вагинита. Молекулярно-биологическое исследование выявило снижение относительного количества лактобактерий у 54 % больных ИЦН. Статистически значимые различия между группами обнаружены в количестве бактерий *Streptococcus spp.*, бактерий семейства *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus spp.* и групп облигатно-анаэробных микроорганизмов *Gardnerella vaginalis* + *Prevotella bivia* + *Porphyromonas spp.*, *Eubacterium spp.*, *Mobiluncus spp.* + *Corynebacterium spp.* Выявлено значимое повышение титров *Atopobium vaginae* и *Ureaplasma (urealyticum + parvum)* у женщин с ИЦН [34].

Vargas M. et al. (2022 г.) исследовали влияние серкляжа и акушерского пессария на вагинальную микробиоту. В микробиоте контрольной группы преобладали *Lactobacillus Crispatus* и *Inners*. Разнообразие микробиоты в контрольной группе существенно не менялось в течение 10 недель. Короткая шейка матки коррелировала с более низкой микробной нагрузкой и более высоким видовым богатством и не коррелировала с относительной численностью *Lactobacillus spp.* В группе после вмешательства (серкляж) наблюдалось значительное увеличение видового богатства и сдвиг в сторону CST с различными видами бактерий, включая *L. mulieris*, *Bifidobacterium spp.* или *Enterococcus spp.* Эти изменения не были существенными в группе с акушерскими пессариями и контрольной группе. В группе серкляжа чаще наблюдались эпизоды угрожающих преждевременных родов и худшие исходы, чем в контрольной группе и группе с пессариями [35].

Cai, S et al. (2022 г.) оценили влияние вагинальной микроэкологии и местного иммунитета на исходы беременности после серкляжа. Серкляж шейки матки

оказался удачным у 104 пациенток, неудачным у 21 пациентки (поздний выкидыш или ранние преждевременные роды). Сравнение проводилось между двумя данными группами. Одномерный анализ выявил статистически значимые различия в сроке беременности на момент серкляжа, предоперационном состоянии шейки матки (длина цервикального канала, инфекциями половых путей между группами. Обнаружена значительно более высокая частота бактериального вагиноза во второй группе. Сравнение показало, что показатели вагинальной микросреды (лейкоцитарная эстераза (LE), пероксид водорода (H_2O_2), сиалидаза (SNA) and β -N-ацетилглюкозаминидаза (NAG), pH) были значительно выше во второй группе. Кроме того, уровни цитокинов (ИЛ-1 β , ИЛ-6, ИЛ-8, ФНО- α) в цервиковагинальном отделе также были значительно выше в группе с неблагоприятными исходами [36].

Moron AF et al. (2022 г.) исследовал влагалищные выделения у 591 женщины на сроке беременности 21–24 недели. *Lactobacillus crispatus* доминировали у 41,7 % испытуемых, *L. iners* у 32 % и *Gardnerella vaginalis* у 12 %. У женщин с шейкой матки длиной ≤ 25 мм точность прогнозирования спонтанных преждевременных родов составила 11,8 %, но когда *L. crispatus* не были доминирующим видом бактерией, точность возрастала до 81,8 %. Аналогичным образом, у женщин с длиной шейки матки < 30 мм точность прогнозирования спонтанных преждевременных родов увеличилась с 21,7 до 78,3 %, когда *L. crispatus* не были доминирующими бактериями. У женщин с предшествующими преждевременными родами и шейкой матки ≤ 25 или ≤ 30 мм доминирование *L. crispatus* было связано со снижением частоты преждевременных родов во время текущей беременности [37].

В 2022 году Саргсян и соавторы проанализировали микробиоту беременных с ИЦН и установленным акушерским пессарием. Оценку микробиоценоза влагалища проводили в динамике: до установки акушерского пессария, затем каждые 2–4 нед. после его установки и в день его удаления. При анализе вагинального микробиоценоза не выявлены статистически достоверные изменения микробиоценоза влагалища у обследованных беременных до и после установки акушерского пессария ($p > 0,05$). Концентрация лактобацилл в течение всего периода наблюдения оставалась высокой, в пределах 107 lg копий ДНК/мл. Количество факультативных и облигатных анаэробных бактерий, а также дрожжеподобных грибов рода *Candida*, *Ureaplasma spp.* и *Mycoplasma hominis* находилось в пределах физиологической нормы. Ни у одной пациентки не обнаружены такие патогенные микро-

организмы, как *Mycoplasma genitalium*. После установки акушерского пессария на фоне нормоценоза 72,73 % беременных отмечали увеличение количества светлых выделений из половых путей без запаха. Однако изменений микрофлоры влагалища при этом не обнаружено [38].

Choi YS et al. (2023 г.) провели культуральное исследование вагинальной микробиоты у беременных с ИЦН. В общей сложности 60,9 % пациенток с истмико-цервикальной недостаточностью имели аномальную микробиоту, а наиболее частым патогеном была *Escherichia coli*. В группе с *E. coli* наблюдался более высокая частота преждевременных родов и более ранний срок беременности, на котором была диагностирована истмико-цервикальная недостаточность, чем в группе без *E. coli* [39].

Silvano A et al. (2023 г.) исследовали микробиоту влагалища у 68 женщин с одноплодной беременностью и длиной шейки матки < 25 мм и у 29 беременных без ИЦН во втором или начале третьего триместра. У всех беременных наиболее распространенным типом бактерий были *Firmicutes spp.* Средняя относительная численность *Proteobacteria spp.* и *Actinobacteriota spp.* была выше у женщин с короткой шейкой матки. Бактериальная масса была выше у женщин с нормальной длиной шейки матки по сравнению с группой женщин с короткой шейкой матки. В группе женщин с ИЦН наблюдалось увеличенное видовое богатство относительно контрольной группы. *Staphylococcus spp.* и *Pseudomonas spp.*, обычно обнаруживаемые при аэробном вагините, чаще встречались у женщин с короткой шейкой матки по сравнению с контрольной группой, тогда как наличие *Lactobacillus iners* и *Bifidobacterium* коррелировало с нормальной длиной шейки матки. Напротив, *Lactobacillus jensenii* и *Gardnerella vaginalis* были связаны с короткой шейкой матки [40].

Заключение

Таким образом, одним из факторов риска развития ИЦН является состояние влагалищного биоценоза. Характерные изменения микрофлоры при ИЦН: снижение количества лактобацилл, увеличение видового разнообразия. Наличие вагинальной инфекции повышает риск ИЦН и преждевременных родов. Влияние различных методов лечения ИЦН (прогестерон, серкляж, акушерский пессарий) на состав вагинальной микрофлоры исследовано недостаточно и требует дальнейшего изучения. Ранняя диагностика и лечение воспалительных заболеваний половых путей, коррекция дисбиоза могут внести вклад в снижение количества преждевременных родов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chawanpaiboon S, Vogel JP, Moller AB, Lumbiganon P, Petzold M, Hogan D, et al. Global, regional, and national estimates of levels of preterm birth in 2014: a systematic review and modelling analysis. *Lancet Glob Health*. (2019) 7:e37–46. doi: 10.1016/S2214-109X(18)30451-0.
2. Crump C. Preterm birth and mortality in adulthood: a systematic review. *J Perinatol*. (2020) 40:833–43. doi: 10.1038/s41372-019-0563-y.
3. Luu TM, Katz SL, Leeson P, Thébaud B, Nuyt A-M. Preterm birth: risk factor for early-onset chronic diseases. *Can Med Assoc J*. (2016) 188:736–46. doi: 10.1503/cmaj.150450.
4. Tantengco OAG, Menon R. Breaking Down the Barrier: The Role of Cervical Infection and Inflammation in Preterm Birth. *Front Glob Womens Health*. 2022 Jan 18;2:777643. doi: 10.3389/fgwh.2021.777643. PMID: 35118439; PMCID: PMC8803751.
5. Sneider K., Christiansen O.B., Sundtoft I.B., Langhoff-Roos J. Recurrence rates after abdominal and vaginal cerclages in women with cervical insufficiency: a validated cohort study. *Arch Gynecol Obstet*. 2017. vol. 295. no. 4. P. 859–866. doi:10.1007/s00404-017-4315-y.
6. Isthmico-cervical insufficiency. Clinical guidelines. Russian Society of Obstetricians and Gynecologists. 2021. [Electronic resource]. URL: https://roagportal.ru/recommendations_obstetrics.
7. Долгушина В.Ф., Алиханова Е.С. Истмико-цервикальная недостаточность и генитальная инфекция // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». 2021. Т23. №8. С. 77–87. Doi: 10.26787/nydha-2686-6838-2021-23-8-77-87.
8. Tantengco OAG, Menon R. Breaking Down the Barrier: The Role of Cervical Infection and Inflammation in Preterm Birth. *Front Glob Womens Health*. 2022 Jan 18;2:777643. doi: 10.3389/fgwh.2021.777643. PMID: 35118439; PMCID: PMC8803751.
9. McGregor J. A., Lawellin D., Franco-Buff A., Todd J. K., Makowski E. L. (1986). Protease production by microorganisms associated with reproductive tract infection. *Am. J. Obstet Gynecol* 154 (1), 109–114. doi: 10.1016/0002-9378(86)90404-7.
10. Łaniewski P., Herbst-Kralovetz M. M. (2021). Bacterial vaginosis and health-associated bacteria modulate the immunometabolic landscape in 3D model of human cervix. *NPJ Biofilms Microbiomes* 7 (1), 88. doi: 10.1038/s41522-021-00259-8.
11. Short C.-E.S., Quinlan R.A., Wang X., Preda V.G., Smith A., Marchesi J. R., et al.. (2021). Vaginal microbiota, genital inflammation and extracellular matrix remodelling collagenase: MMP-9 in pregnant women with HIV, a potential preterm birth mechanism warranting further exploration. *Front. Cell Infect. Microbiol*. 11 (undefined). doi: 10.3389/fcimb.2021.750103.
12. Tantengco O.A.G., Richardson L.S., Medina P.M.B., Han A., Menon R. (2021. a). Organ-on-chip of the cervical epithelial layer: A platform to study normal and pathological cellular remodeling of the cervix. *FASEB J*. 35 (4), e21463. doi: 10.1096/fj.202002590RRR.
13. Lithgow K.V., Buchholz V.C.H., Ku E., Konschuh S., D'Aubeterre A., Sycuro L.K. (2022). Protease activities of vaginal porphyromonas species disrupt coagulation and extracellular matrix in the cervicovaginal niche. *NPJ Biofilms Microbiomes* 8 (1), 8. doi: 10.1038/s41522-022-00270-7.
14. Sierra L.-J., Brown A.G., Barilá G.O., Anton L., Barnum C.E., Shetye S. S., et al.. (2018). Colonization of the cervicovaginal space with gardnerella vaginalis leads to local inflammation and cervical remodeling in pregnant mice. *PloS One* 13 (1), e0191524. doi: 10.1371/journal.pone.0191524.
15. Ravel J, Gajer P, Abdo Z, Schneider GM, Koenig SS, McCulle SL, Karlebach S, Gorle R, Russell J, Tacket CO, Brotman RM, Davis CC, Ault K, Peralta L, Forney LJ. 2011. Vaginal microbiome of reproductive-age women. *Proc Natl Acad Sci USA* 108:4680–4687. doi:10.1073/pnas.1002611107.
16. Verstraelen H, Vieira-Baptista P, De Seta F, Ventolini G, Lonnee-Hoffmann R, Lev-Sagie A. 2022. The vaginal microbiome: I. research development, lexicon, defining «normal» and the dynamics throughout women's lives. *J Low Genit Tract Dis* 26:73–78. <https://doi.org/10.1097/LGT.0000000000000643>.
17. France MT, Ma B, Gajer P, Brown S, Humphrys MS, Holm JB, Waetjen LE, Brotman RM, Ravel J. 2020. VALENCIA: a nearest centroid classification method for vaginal microbial communities based on composition. *Microbiome* 8:166. <https://doi.org/10.1186/s40168-020-00934-6>.
18. Holm JB, France MT, Ma B, McComb E, Robinson CK, Mehta A, Tallon LJ, Brotman RM, Ravel J. 2020. Comparative metagenome-assembled genome analysis of «Candidatus Lachnocurva vaginae», formerly known as bacterial vaginosis-associated bacterium-1 (BVAB1). *Front Cell Infect Microbiol* 10: 117. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.00117>.
19. Gajer P, Brotman RM, Bai G, Sakamoto J, Schutte UM, Zhong X, Koenig SS, Fu L, Ma ZS, Zhou X, Abdo Z, Forney LJ, Ravel J. 2012. Temporal dynamics of the human vaginal microbiota. *Sci Transl Med* 4:132ra52. <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.3003605>.
20. Romero R, Theis KR, Gomez-Lopez N, Winters AD, Panzer JJ, Lin H, Galaz J, Greenberg JM, Shaffer Z, Kracht DJ, Chaiworapongsa T, Jung E, Gotsch F, Ravel J, Peddada SD, Tarca AL. The Vaginal Microbiota of Pregnant Women Varies with Gestational Age, Maternal Age, and Parity. *Microbiol Spectr*. 2023 Aug 17;11(4):e0342922. doi: 10.1128/spectrum.03429-22. Epub 2023 Jul 24. PMID: 37486223; PMCID: PMC10434204.
21. DiGiulio DB, Callahan BJ, McMurdie PJ, Costello EK, Lyell DJ, Robaczewska A, Sun CL, Goltsman DS, Wong RJ, Shaw G, Stevenson DK, Holmes SP, Relman DA. Temporal and spatial variation of the human microbiota during pregnancy. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2015 Sep 1;112(35):11060-5. doi: 10.1073/pnas.1502875112. Epub 2015 Aug 17. PMID: 26283357; PMCID: PMC4568272.
22. Romero R, Hassan SS, Gajer P, Tarca AL, Fadrosch DW, Nikita L, Galuppi M, Lamont RF, Chaemsaitong P, Miranda J, Chaiworapongsa T, Ravel J. The composition and stability of the vaginal microbiota of normal pregnant women is different from that of non-pregnant women. *Microbiome*. 2014 Feb 3;2(1):4. doi: 10.1186/2049-2618-2-4. Erratum in: *Microbiome*. 2014 Apr 15;2(1):10. PMID: 24484853; PMCID: PMC3916806.
23. Hočevár K, Maver A, Vidmar Šimic M, Hodžić A, Haslberger A, Premru Seršen T, Peterlin B. Vaginal Microbiome Signature Is Associated With Spontaneous Preterm Delivery. *Front Med (Lausanne)*. 2019 Sep 10;6:201. doi: 10.3389/fmed.2019.00201. PMID: 31552254; PMCID: PMC6746969.
24. Ravel J, Gajer P, Abdo Z, Schneider GM, Koenig SS, McCulle SL, Karlebach S, Gorle R, Russell J, Tacket CO, Brotman RM, Davis CC, Ault K, Peralta L, Forney LJ. Vaginal microbiome of reproductive-age women. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2011 Mar 15;108 Suppl 1(Suppl 1):4680-7. doi: 10.1073/pnas.1002611107. Epub 2010 Jun 3. PMID: 20534435; PMCID: PMC3063603.

25. Romero R, Hassan SS, Gajer P, Tarca AL, Fadrosch DW, Bieda J, Chaemsaitong P, Miranda J, Chaiworapongsa T, Ravel J. The vaginal microbiota of pregnant women who subsequently have spontaneous preterm labor and delivery and those with a normal delivery at term. *Microbiome*. 2014 May 27;2:18. doi: 10.1186/2049-2618-2-18. PMID: 24987521; PMCID: PMC4066267.
26. Kindinger LM, MacIntyre DA, Lee YS, Marchesi JR, Smith A, McDonald JA, Terzidou V, Cook JR, Lees C, Israfil-Bayli F, Faiza Y, Toozs-Hobson P, Slack M, Cacciatore S, Holmes E, Nicholson JK, Teoh TG, Bennett PR. Relationship between vaginal microbial dysbiosis, inflammation, and pregnancy outcomes in cervical cerclage. *Sci Transl Med*. 2016 Aug 3;8(350):350ra102. doi: 10.1126/scitranslmed.aag1026. PMID: 27488896.
27. Mešić Đogić L, Lučić N, Mičić D, Omeragić F, Hodžić E, Fazlagić S, Kovač R, Pavlović N. Correlation between cervical infection and preterm labor. *Med Glas (Zenica)*. 2017 Feb 1;14(1):91-97. doi: 10.17392/886-16. PMID: 28165444.
28. Kindinger L.M., Bennett P.R., Lee Y.S. et al. The interaction between vaginal microbiota, cervical length, and vaginal progesterone treatment for preterm birth risk. *Microbiome* 5, 6 (2017). <https://doi.org/10.1186/s40168-016-0223-9>.
29. Gerson KD, McCarthy C, Elovitz MA, Ravel J, Sammel MD, Burris HH. Cervicovaginal microbial communities deficient in *Lactobacillus* species are associated with second trimester short cervix. *Am J Obstet Gynecol*. 2020 May;222(5):491.e1–491.e8. doi: 10.1016/j.ajog.2019.11.1283. Epub 2019 Dec 6. PMID: 31816307; PMCID: PMC7196011.
30. Perkhulin OM Microbiological characteristics of vaginal dysbiosis in pregnant women with isthmiccervical insufficiency and a history of infertility. *Vesnik problem biologii i medicini*. 2020. vol. 156. no. 2. P. 241–243. doi: 10.29254/2077-4214-2020-2-156-241-243.
31. Di Paola M, Seravalli V, Paccosi S, Linari C, Parenti A, De Filippo C, Tanturli M, Vitali F, Torcia MG, Di Tommaso M. Identification of Vaginal Microbial Communities Associated with Extreme Cervical Shortening in Pregnant Women. *J Clin Med*. 2020 Nov 10;9(11):3621. doi: 10.3390/jcm9113621. PMID: 33182750; PMCID: PMC7698214.
32. Zhou X, Li XX, Ge YM, Lai SY, Zhou LQ, Feng L, Zhao J. Effects of vaginal microbiota and cervical cerclage on obstetric outcomes of twin pregnancies with cervical incompetence: a retrospective study. *Arch Gynecol Obstet*. 2022 Jan;305(1):77–86. doi: 10.1007/s00404-021-06119-2. Epub 2021 Aug 5. PMID: 34351473.
33. Brown RG, Chan D, Terzidou V, Lee YS, Smith A, Marchesi JR, MacIntyre DA, Bennett PR. Prospective observational study of vaginal microbiota pre- and post-rescue cervical cerclage. *BJOG*. 2019 Jun;126(7):916–925. doi: 10.1111/1471-0528.15600. Epub 2019 Mar 10. PMID: 30854760; PMCID: PMC6750128.
34. Долгушина В.Ф., Курносенко И.В., Алиханова Е.С., Семёнов Ю.А. Цервико-вагинальные инфекции при истмико-цервикальной недостаточности. *Доктор.Ру*. 2021; 20(1): 61–67. DOI: 10.31550/1727-2378-2021-20-1-61-67.
35. Vargas M, Yañez F, Elias A, et al. Cervical pessary and cerclage placement for preterm birth prevention and cervicovaginal microbiome changes. *Acta Obstet Gynecol Scand*. 2022;101:1403–1413. doi: 10.1111/aogs.14460
36. Cai, S., Wu, Y., Zeng, L. et al. Effects of vaginal microecology and immunity on the pregnancy outcome of cervical cerclage. *BMC Women's Health* 22, 167 (2022). <https://doi.org/10.1186/s12905-022-01751-9>.
37. Moron AF, Witkin SS, Linhares IM, Hatanaka AR, Sarmiento SGP, França MS, Carvalho FHC, Mattar R, Forney LJ. *Lactobacillus crispatus* dominance in the vaginal microbiome reduces the occurrence of spontaneous preterm birth in women with a short cervical length. *DST [Internet]*. 2022 May 19 [cited 2023 Dec. 24];34. Available from: <https://www.bjstd.org/revista/article/view/1198>.
38. Саргсян Г.С., Беспалова О.Н., Савичева А.М., Хуснутдинова Т.А., Будилковская О.В., Крысанова А.А., Шалепо К.В. Микробиологическая безопасность установки акушерского пессария Dr. Arabin у беременных с короткой шейкой матки // *Журнал акушерства и женских болезней*. — 2022. — Т. 71. — №5. — С. 65–74. doi: 10.17816/JOWD109931.
39. Choi YS, Kim Y, Hong SY, Cho HJ, Sung JH, Choi SJ, Kim JS, Oh SY, Roh CR. Abnormal Vaginal Flora in Cervical Incompetence Patients — the Impact of *Escherichia coli*. *Reprod Sci*. 2023 Oct;30(10):3010–3018. doi: 10.1007/s43032-023-01242-8. Epub 2023 Apr 28. PMID: 37118059.
40. Silvano A, Meriggi N, Renzi S, Seravalli V, Torcia MG, Cavalieri D, Di Tommaso M. Vaginal Microbiome in Pregnant Women with and without Short Cervix. *Nutrients*. 2023 May 2;15(9):2173. doi: 10.3390/nu15092173. PMID: 37432374; PMCID: PMC10180705.

© Батомункуев Аюр Очирович (ay-baton@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАНИЙ К ГИБРИДНЫМ РЕКОНСТРУКЦИЯМ НА АРТЕРИЯХ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

DETERMINATION OF INDICATIONS FOR HYBRID RECONSTRUCTIONS ON THE ARTERIES OF THE LOWER EXTREMITIES

A. Vaganov
D. Lisitsky
M. Nochnoy
A. Gavrilenko

Summary. This article is devoted to the comparative characterization of the results of multi-storey open reconstructions and hybrid operations on the arteries of the lower extremities from the point of view of the severity of multiple organ dysfunction, determined by the MODS scale. The study involved 98 people who underwent the described interventions and differed only in the number of points scored on the integral scale of organ failure. As a result of the study, indications for hybrid reconstruction of the arteries of the lower extremities were determined. It was concluded that in patients with a degree of multiple organ dysfunction of 6–12 points on the MODS scale, hybrid reconstruction in critical ischemia of the lower limb is the operation of choice.

Keywords: arteries of the lower extremities, hybrid reconstructions, multiple organ dysfunction.

Ваганов Алексей Геннадьевич

Кандидат медицинских наук, врач-хирург,
Государственное бюджетное учреждение
здравоохранения «Городская клиническая больница № 29
имени Н.Э. Баумана Департамента здравоохранения
города Москвы»
aleksejvaganov4@gmail.com

Лисицкий Дмитрий Алексеевич

Доктор медицинских наук, врач сердечно-сосудистый
хирург, Государственное бюджетное учреждение
здравоохранения «Городская клиническая больница № 29
имени Н.Э. Баумана Департамента здравоохранения
города Москвы»
dalis@rambler.ru

Ночной Максим Сергеевич

Врач-ординатор, Институт клинической медицины
им Н.В. Склифосовского, Федеральное государственное
автономное образовательное учреждение высшего
образования Первый Московский государственный
медицинский университет имени И.М. Сеченова
Министерства здравоохранения Российской Федерации
(Сеченовский Университет), г. Москва
maxnochnoy@yandex.ru

Гавриленко Александр Васильевич

Академик РАН, доктор медицинских наук, профессор,
руководитель отделения сосудистой хирургии,
Государственный научный центр
Российской Федерации — Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Российский научный центр хирургии имени академика
Б.В. Петровского», г. Москва
a.v.gavrilenko@mail.ru

Аннотация. Данная статья посвящена сравнительной характеристике результатов многоэтажных открытых реконструкций и гибридных операций на артериях нижних конечностей с позиции степени выраженности полиорганной дисфункции, определенной по шкале MODS. В исследовании приняло участие 98 человек, перенесших описанные вмешательства и отличающихся лишь количеством баллов, набранных по интегральной шкале органной недостаточности. В результате исследования определены показания для гибридной реконструкции артерий нижних конечностей. Сделан вывод, что у пациентов со степенью полиорганной дисфункции 6–12 баллов по шкале MODS, гибридная реконструкция при критической ишемии нижней конечности является операцией выбора.

Ключевые слова: артерии нижних конечностей, гибридные реконструкции, полиорганная дисфункция.

Введение

Гибридная операция на артериях нижних конечностей — это одномоментное вмешательство, которое сочетает в себе открытый и эндоваскулярный этап восстановления кровоснабжения в конечности при её критической ишемии [1]. Гибридная реконструкция является малоинвазивным вмешательством, которое может выполняться у пациентов с высокой степенью операционно-анестезиологического риска, давая при этом хорошие результаты реваскуляризации [2–3]. Гибридные вмешательства являются альтернативой открытым многоэтажным реконструкциям на артериях нижних конечностей [4–5]. Последние включают в себя различные варианты эндартерэктомий и ангиопластик, а также шунтирующие вмешательства, выполняющиеся в разных артериальных сегментах. Несмотря на сопоставимость, по данным ряда авторов, результатов реваскуляризации при выполнении обеих методик, высокая травматичность многоэтажных реконструкций, зачастую приводит к декомпенсации сопутствующей патологии у тяжелых коморбидных пациентов, которым она выполняется [6–7]. Триггером углубления полиорганной дисфункции при выполнении открытых реконструкций в нескольких артериальных сегментах конечности выступают большая интраоперационная кровопотеря, тромбозы шунтов, поздние осложнения в виде нагноения синтетических протезов. Все вышесказанное заставляет взвешенно подходить к данному типу вмешательств [8]. С другой стороны, несмотря на привлекательность гибридного подхода при реконструкциях артерий нижних конечностей, до сих пор отсутствуют четкие показания к выбору группы пациентов у которых описанная методика будет максимально эффективной [9–10]. Хорошо известны лимитирующие факторы гибридных операций, обусловленные наличием в составе гибридного вмешательства эндоваскулярного этапа. Суть ограничений заключается в невозможности выполнения баллонной ангиопластики и стентирования артерий при протяжённых окклюзиях и выраженном атерокальцинозе стенок сосудов [11]. На наш взгляд как многоэтажные реконструкции, так и гибридные вмешательства являются высокоэффективными при мультифокальном атеросклеротическом поражении артерий нижних конечностей. Главная задача — определить четкие показания для выполнения того или иного типа вмешательства. Для ее решения необходима объективная и всесторонняя оценка полиорганной дисфункции, имеющейся у тяжелых, коморбидных пациентов с критической ишемией нижних конечностей. Для оценки органной недостаточности с целью определения прогноза и выработки лечебной стратегии используются различные интегральные шкалы, отличающиеся количеством и пороговыми значениями различных физиологических параметров, входящих в них [12]. Тяжесть состояния больных с полиорганной дисфункцией оценивают с помощью шкал APACHE (Acute

Physiology and Chronic Health Evaluation), SAPS (Simplified Acute Physiology Score, Denver MOF scoring system (1991), MODS (Multiple Organ Dysfunction Score) и SOFA (Sepsis-related Organ Failure Assessments Score/Sequential Organ Failure Assessment) [13]. Таким образом, объективная оценка тяжести состояния пациента с помощью данных интегральных шкал позволит выбрать оптимальный по инвазивности и, в итоге, максимальный по эффекту способ артериальной реконструкции.

Материалы и методы исследования

В исследовании приняло участие 98 пациентов, оперированных по поводу критической ишемии артерий нижних конечностей, обусловленной многоуровневым атеросклеротическим поражением. С целью оценки полиорганной дисфункции у данных пациентов была применена шкала MODS (Multiple Organ Dysfunction Score). Остальные шкалы, в большей степени, оценивают полиорганную недостаточность, обусловленную септическими состояниями. Шкала MODS оценивает состояние 5 жизненно важных систем организма: сердечно-сосудистую, дыхательную, выделительную, центральную нервную, кровеносную и, 6-ое — определяет функциональное состояние печени. Прогнозирование летальности по шкале MODS обладает удовлетворительной статистической значимостью [14]. Критерии оценки по данной шкале приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Критерии оценки органной дисфункции по MODS [14]

Система органов	0	1	2	3	4
Дыхательная система*	>300	226–300	151–225	76–150	≤75
Почки, сывороточный креатинин (мкм/л)	≤100	101–200	201–350	351–500	>500
Печень, сывороточный билирубин (мкм/л)	≤20	21–60	61–120	121–240	>240
Сердечно-сосудистая система**	≤10	10,1–15	15,1–20	20,1–30	>30
Гематология, тромбоциты 10 ³ /мкл	>120	81–120	51–80	21–50	≤20
Неврология, баллы по шкале Глазго	≤13	13–14	10–12	7–9	≤6

*Система дыхания оценивается по индексу оксигенации, который является отношением парциального напряжения кислорода в артериальной крови к фракции кислорода во вдыхаемом газе.

**Сердечно-сосудистая система оценивается по скорректированной давлением частоте сердечных сокращений (СДЧСС), рассчитываемой по формуле:

СДЧСС = ЧСС * ЦВД / САД, где: ЧСС — частота сердечных сокращений, ЦВД — центральное венозное давление, САД — среднее артериальное давление (1/3 * Систолическое АД + 2/3 * Диастолическое АД).

Все участники исследования были разделены на две группы: 1 группа (n=54) — пациенты, перенесшие различные гибридные вмешательства на артериях нижних конечностей. В данной группе выделено две подгруппы в зависимости от количества баллов, набранных по MOD: подгруппа А (n=27) пациенты с количеством баллов от 1 до 6 (госпитальная летальность достигает 14 %). Подгруппа Б (n=27) — пациенты с количеством баллов от 6 до 12 (госпитальная летальность достигает 50 %).

2 группа исследования (n=48) — пациенты, перенесшие различные многоэтажные открытые реконструкция по поводу мультифокального атеросклероза артерий нижних конечностей. В данной группе так же выделено две подгруппы в зависимости от количества баллов, набранных по MOD: подгруппа А (n= 24) пациенты с количеством баллов от 1 до 6. Подгруппа Б (n= 24) — пациенты с количеством баллов от 6 до 12. Прогнозируемый процент госпитальной летальности при таком количестве баллов аналогичен 1 группе исследования. Показатели функционального состояния пораженной конечности в предоперационном периоде продемонстрированы в таблице 2.

Таблица 2.

Показатели функционального состояния конечности перед операциями в группах исследования

Группа исследования	ЛПИ до операции	Дистанция безболевого хохты, м
1А группа	0,42±0,07	20±2
2А группа	0,49±0,05	34±5
1Б группа	0,40±0,02	25±54
2Б группа	0,43±0,06	30±7

По анатомической структуре атеросклеротического поражения артерий нижних конечностей, все пациенты относились к классу С и D по классификации TASC II. В количественном отношении по сочетанию у респондентов сравниваемых подгрупп того или иного анатомического класса поражений подвздошно-бедренного (ПБС) и бедренно-подколенного сегмента (БПС) группы исследования были сопоставимы. Проводилась попарное сравнение результатов реваскуляризации в подгруппах А и Б. Пациенты с критической ишемией нижних конечностей набравшим более 12 баллов по MODS в группу исследования не входили, поскольку прогностическая госпитальная летальность у данных респондентов превышала 70%, в связи с чем таким пациентам требовалось реанимационное лечение с целью восстановления витальных функций с последующим определением индивидуальной хирургической стратегии в плане реваскуляризации пораженных артериальных сегментов конечности. Средний возраст больных составил 75,4±2,6 лет. По половому составу группы были сопоставимы, в обоих из них преобладали мужчины (1 группа — 80,6 %, 2 группа — 81,3 %). Спектр сопутствующий патологии, имеющийся

у пациентов представлен в таблице 3. В количественном и качественном отношении, по имеющемуся у пациентов нозологиям, группы были сопоставимы.

Таблица 3.

Спектр сопутствующей патологии у пациентов, включенных в исследования

Диагноз	Количество пациентов (%)
Гипертоническая болезнь	78 (79,6 %)
Ишемическая болезнь сердца	59 (60,2 %)
ИБС. Постинфарктный кардиосклероз	24 (24,5 %)
Хроническая сердечная недостаточность I-IIa	33 (33,7 %)
Хроническая сердечная недостаточность IIб-III	42 (42,8 %)
Нарушение ритма сердца	29 (29,6 %)
Последствия перенесенного ОНМК.	18 (18,4 %)
Хроническая болезнь почек. ХПН	8 (9 %)
Сахарный диабет	21(21,4 %)
ХОБЛ	15(15,3 %)
Цирроз/фиброз печени	27 (27,6 %)
Язвенная болезнь желудка	5 (5,1 %)

Решение о выполнении того или иного вмешательства выполнялось по результатам всестороннего обследования пациента в стационарных условиях. Всем больным выполнялся лабораторный скрининг, включающий клинический анализ крови, биохимический анализ крови, коагулограмму, определение группы крови резус-фактора, выполнение рентгенографии грудной клетки, ультразвукового ангиосканирования сосудов нижних конечностей, КТ ангиографии. Сопутствующая патология оценивалась терапевтом и кардиологом. При обследовании пациентов перед операцией отмечается сопоставимость групп исследования по уровню ЛПИ, дистанции перемежающейся хромоты. По спектру выполняемых гибридных и многоэтажных открытых реконструкций группы также не отличались. Оценка раннего послеоперационного периода у пациентов проводилась до выписки из стационара. Оценка позднего послеоперационного периода проводилось от момента выписки до 36,4 ± 4,5 месяцев. Конечной точкой исследования являлась ампутация конечности на различных уровнях. В раннем послеоперационном периоде оценивалась продолжительность оперативного вмешательства, величина интраоперационной кровопотери, степень прироста ЛПИ, дистанция перемежающейся хромоты до и после операции, наличие и причины послеоперационных осложнений, причина повторных операций на конечности. В отдалённом послеоперационном периоде оцениваешь причины и количество повторных операций на конечности, частота рецидивов критической ишемии, уровень и количество ампутаций, процент летальности.

Результаты и обсуждение

При оценке величины интраоперационной кровопотери и длительности операции отмечается достоверно меньшее их значение в подгруппах 1А и 1Б. Количество послеоперационных тромбозов в ПБС были сопоставимы в группах исследования. Однако, количество тромбозов БПС сегменте было достоверно выше в подгруппе исследования 2Б, чем в подгруппе 1Б ($p < 0,05$). Общее количество осложнений в раннем послеоперационном периоде было достоверно большим в подгруппе 2Б, по сравнению с подгруппой 2А ($p < 0,05$). Среди осложнений в группе исследования с многоэтажными открытыми реконструкциями отмечено формирование паравазальных гематом (у 2 пациентов, 8,3 % случаев), и послеоперационного кровотечения (у 1 пациента 4,2 % случаев). Все осложнения пришлись на респондентов, набравших более 8 баллов по MODS. Осложнений подобного рода в группе с гибридными реконструкциями не выявлено. Количество времени, проводимого пациентами обеих групп исследования в реанимационном отделении и стационаре в целом достоверно не отличалось. В раннем послеоперационном периоде не отмеча-

Таблица 4.

Показатели, характеризующие результаты раннего послеоперационного периода

Группы исследования	1А	2А	1Б	2Б
Длительность операции, мин	176± 12,7	228± 8,7*	168± 11,9	235± 18,2*
Интраоперационная кровопотеря, мл	190± 31	304± 22*	205± 31	356± 29*
Время в отделении реанимации, час	24,5± 2,5	24,2± 3,6	72,8± 4,8	72,4± 3,9
Время в стационаре, к/дней	5,4± 1,6	5,8± 1,2	7,3± 1,5	7,4± 1,7
Степень прироста ЛПИ на момент выписки	0,36± 0,11	0,39± 0,09	0,41± 0,12	0,40± 0,13
Степень прироста дистанции безболевого ходьбы на момент выписки, м	108± 15	115± 25	122± 34	130± 38
Количество случаев тромбозов подвздошно-бедренного сегмента, n (%)	1 (3,7)	1 (4,2)	3 (11,1)	2 (8,3)
Количество случаев тромбозов бедренно-подколенного сегментов, n (%)	1 (3,7)	1 (4,2)	3(11,1)	6 (25,0)*

* — различия в группах достоверны ($p < 0,05$).

лось острых сердечно-сосудистых событий и тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА). Основные показатели эффективности раннего послеоперационного периода продемонстрированы в таблице 4.

При оценке позднего послеоперационного периода отмечается сопоставимость групп по количеству рецидивов перемежающейся хромоты, критической ишемии, количеству и уровню ампутации и величине ЛПИ. При оценке количества повторных реконструкций на артериях нижних конечностей в подгруппах Б данные события встречались чаще чем в подгруппах А ($p < 0,05$). Однако, гетерогенности по данному признаку при сравнении подгрупп 1Б и 2Б не отмечалось. При сопоставлении подгрупп Б по частоте развития острых сердечно-сосудистых событий в сроках наблюдения отмечается достоверные различие в сроках наблюдения $36,4 \pm 4,5$ месяцев. В данный период наблюдения отмечается достоверно более частая встречаемость данных событий в подгруппе 2Б, где выполнялись многоэтажные открытые реконструкции ($p < 0,05$). Аналогичная ситуация от-

Таблица 5.

Показатели, характеризующие результаты позднего послеоперационного периода

Группы исследования	1А	2А	1Б	2Б
ЛПИ на момент исследования	0,78± 0,12	0,82± 0,15	0,72± 0,14	0,76± 0,09
Количество случаев с рецидивом ПХ	6 (22,2)	4 (20,8)	8 (29,6)	9 (37,5)
Количество случаев с рецидивом критической ишемии	1 (3,7)	1 (4,2)	2 (7,4)	2 (8,3)
Частота больших ампутаций (случаев)	1 (3,7)	1 (3,7)	1 (3,7)	2(8,3)
Частота малых ампутаций (случаев)	3 (11,1)	2 (8,3)	4 (14,8)	3 (12,5)
Дистанция безболевого ходьбы, м	848± 30	895± 25	770± 40	705± 50
Частота повторных операций, n(%)	1 (3,7)*	1 (4,2)*	3 (11,1)*	2 (8,3)*
Количество случаев острого инфаркта миокарда n, (%)	1 (3,7)	2 (8,3)	3(11,1)	6 (25,0)*
Количество случаев инсульта n, (%)	1 (3,7)	1 (4,2)	1 (3,7)	3 (11,1)*
Количество случаев ТЭЛА n, (%)	1 (3,7)	1 (4,2)	1 (3,7)	4 (16,7)*
Летальность n, (%)	1 (3,7)	1 (4,2)	2(8,3)	5 (20,8)*

* — различия в группах достоверны ($p < 0,05$).

мечена и с частотой летальности, которая чаще встречалась в подгруппе 2Б, респонденты которой имели от 6 до 12 баллов по MODS ($p < 0,05$). Основные показатели, по которым проходила оценка позднего послеоперационного периода представлены в таблице 5.

Наше исследование подтверждает факт того, что гибридная операция является менее травматичным вмешательством, чем многоэтажная открытая реконструкция. Это подтверждается достоверно меньшей величиной интродоперационной кровопотери продолжительностью вмешательства в 1 группе исследования, вне зависимости от тяжести полиорганной дисфункции. Степень выраженности органной недостаточности от 6 до 12 баллов, определенной по MODS, помноженная на травматичность оперативного вмешательства, выступила одним из определяющих факторов развития ранних послеоперационных тромбозов в БПС, а также возникновения паравазальных гематом и кровотечения в раннем послеоперационном периоде в группе с многоэтажными конструкциями. В подгруппах исследования, где общая степень декомпенсации по основным органам и системам не превышала 6 баллов по MODS, достоверных различия в частоте осложнений, вне зависимости от типа вмешательства, не выявлено. Далее, с усугублением степени системных проблем организма, операционная травма выступает лишь триггерным механизмом, возникающего в последствие каскада патологических процессов. Реализацию описанной ситуации мы видим в сроках наблюдения $36,4 \pm 4,5$ месяцев, когда

выявлено достоверно большее количество повторных операций в подгруппах Б. При наблюдении пациентов в позднем послеоперационном периоде отмечено, что частота развития острых сердечно-сосудистых событий чаще наблюдается в подгруппе с полиорганной дисфункцией от 6 до 12 баллов по MOD, оперированных в объеме многоуровневой открытой реконструкции. При этом необходимо отметить, что при такой же степени органной недостаточности, гибридной реконструкции приводят к достоверно меньшей частоте возникновения данных событий. Следует подчеркнуть сопоставимые результаты артериальной проходимости и показателей функционального состояния конечности после многоэтажных открытых реконструкций и гибридных вмешательств, как в раннем, так и в позднем послеоперационном периоде.

Выводы

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы: 1. У пациентов со степенью полиорганной дисфункции 6-12 баллов по шкале MODS, гибридная реконструкция при критической ишемии нижней конечности является операцией выбора. 2. У пациентов со степенью полиорганной дисфункции 1-6 баллов по шкале MODS, гибридная операция и многоэтажная открытая реконструкция имеют сопоставимые результаты эффективности. 3. Шкала MODS является эффективным средством прогнозирования результатов реконструкции артерий нижних конечностей при облитерирующем атеросклерозе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гавриленко, А.В. Гибридные операции при хронической ишемии нижних конечностей / Гавриленко А.В., Кочетков В.А., Кравченко А.А. // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. — 2021. — Т.63, №5. — с. 413–418. DOI: 10.24022/0236-2791-2021-63-5-413-418.
2. Карпенко, А.А. Гибридные оперативные вмешательства у пациентов с многоуровневым атеросклеротическим поражением артерий нижних конечностей. / Карпенко А.А., Стародубцев В.Б., Игнатенко П.В., Золоев Д.Г. // Ангиология и сосудистая хирургия. Журнал им. академика А.В. Покровского. — 2014. — Т.20, №2. — с. 60–65.
3. Троицкий, А.В. Гибридная хирургия при многоэтажных атеросклеротических поражениях артерий аорто-подвздошного и бедренно-подколенного сегментов. / Троицкий А.В., Бехтев А.Г., Хабазов Р.И., Беяков Г.А., Лысенко Е.Р., Колодиев Г.П. // Журнал Диагностическая и интервенционная радиология. — 2012. — Т. 6, № 4. — с. 67–77.
4. Пуздряк, П.Д. Сравнение результатов гибридного и открытого хирургического лечения многоуровневого поражения артерий нижних конечностей. / Пуздряк П.Д., Шломин В.В., Бондаренко П.Б., Иванов М.А., Юртаев Е.А., Диденко Ю.П., Гребенкина Н.Ю., Касьянов И.В., Гусинский А.В., Рахматиллаев Т.Б., Самко К.В. // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. — 2019. — Т.12, №3. — с. 227–234.
5. Ваганов, А.Г. Метаанализ клинических результатов гибридных реконструкций по сравнению с открытыми операциями при многоуровневом атеросклеротическом поражении артерий нижних конечностей. / Ваганов А.Г., Ночной М.С., Лисицкий Д.А., Гавриленко А.В. // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. — 2023. — Т.6, №65. — с. 635–645. DOI: 10.24022/0236-2791-2023-65-6-635-645
6. Мухаммадиева, Х.С. Место и значение эндоваскулярных технологий и «гибридных операций» в лечении окклюзионно-стенотических поражений артерий нижних конечностей. / Мухаммадиева Х.С., Гаيبов А.Д., Баратов А.К., Калмыков Е.Л., Неъматзода О, Рахмонов Д.А. // Вестник Авиценны. — 2018. — т.20, №1. — с. 103–112.
7. Митичкин, А.Е. (2016). Сочетанные эндоваскулярные и реконструктивные операции при многоэтажных поражениях артерий нижних конечностей. / Митичкин А.Е., Папоян С.А., Щеголев А.А., Квицаридзе Б.А., Мутаев М.М., Сазонов М.Ю., Красников А.П., Радченко А.Н., Гавриленко А.В. // Анналы хирургии. — 2016. — Т. 21, № 3, с. 187–192.
8. Темрезев, М.Б. Гибридная хирургия в лечении пациентов с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей / М.Б. Темрезев, В.И. Коваленко, Т.Х. Темрезев, А.С. Бахметьев, В.С. Лойко, М.О. Рудаков // Трансляционная медицина. — 2020. — № 7(1). — С. 33–38. <https://doi.org/10.18705/2311-4495-2020-7-1-33-389>.

9. Юзифович, О.О. Опыт применения гибридных вмешательств в лечении пациентов с критической ишемией нижних конечностей. / Юзифович О.О., Сафонов Н.В., Максимкин Д.А., Файбушевич А.Г.// Журнал научных статей здоровье и образование в XXI веке. — 2014. — т. 16, № 4. — с. 107–108.
10. Глушков, Н.И. Итоги различных методов реваскуляризации у пациентов с критической ишемией нижних конечностей на фоне периферического атеросклероза /Глушков Н.И., Иванов М.А., Артемова А.С.// Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. — 2017. — т.10, №1. — с. 56–62. DOI: 10.17116/kardio201710350-56.
11. Вачёв, А.Н. Последовательность выполнения этапов гибридных операций у больных с синдромом Лериша при критической ишемии конечности. /Вачёв А.Н., Сухоруков В.В., Дмитриев О.В., Кругомов А.В.// Ангиология и сосудистая хирургия. — 2016. — Т. 22, №1. — с.159–163.
12. Алимова, Х.П. Полиорганная недостаточность: проблемы и современные методы лечения./Алимова Х.П., Алибекова М.Б.// Вестник экстренной медицины. — 2019. — т.12, № 1. — с. 75–80.
13. Радивилко, А.С. Прогнозирование и ранняя диагностика полиорганной недостаточности. /Радивилко А.С., Григорьев Е.В., Шукевич Д.Л., Плотников Г.П.// Анестезиология и реаниматология. — 2018. — № 6. — с.15–21.
14. Сафаров, З.Ф. Сравнение результатов разных интегральных оценочных систем для оценки степени тяжести критических состояний у детей. /Сафаров З.Ф., Абдуллаев К.Г., Шоикрамов Ш.Ш., Алимов А.А.// Проблемы современной науки и образования. — 2018. — т.7. №127. — с. 90–97.

© Ваганов Алексей Геннадьевич (aleksejvaganov4@gmail.com); Лисицкий Дмитрий Алексеевич (dalis@rambler.ru);
Ночной Максим Сергеевич (maxnochnoy@yandex.ru); Гавриленко Александр Васильевич (a.v.gavrilenko@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИЮ РАННЕГО РАКА ТОЛСТОЙ КИШКИ: КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

WAYS TO IMPROVE AND MODERN APPROACHES TO DIAGNOSIS AND TREATMENT OF EARLY COLON CANCER: CLINICAL CASE

V. Gaulika
A. Parsadanyan
E. Kuznetsov

Summary. This article presents a clinical experience in the treatment of «early» colorectal cancer (=T1N0M0). A tumor was diagnosed on a broad base, 13 centimeters from the dentate line, within the muscular layer of the colon wall. To clarify the nature of the lesion, endorectal ultrasound was used to determine the depth of tumor invasion (according to Kudo classification) and to predict a high cytoreductive result of transanal endoscopic surgery. A single-port transanal endoscopic access was used, from which the entire affected colon wall was resected with partial removal of pararectal tissue. The early postoperative period proceeded without complications. At the follow-up period of about 12 months there were no signs of tumor recurrence.

Keywords: «early» colorectal cancer, oncology, manipulation, surgery, endovideosurgery, visualization.

Гаулика Владислав Олегович

врач-онколог,

Сургутская окружная клиническая больница

vlad.gaulika@list.ru

Парсаданян Арат Микичевич

доктор медицинских наук, профессор,

Ханты-Мансийская государственная

медицинская академия

Кузнецов Евгений Викторович

кандидат медицинских наук, доцент, преподаватель,

Ханты-Мансийская государственная

медицинская академия

Аннотация. В данной статье представлен клинический опыт лечения «раннего» рака толстой кишки (=T1N0M0). Диагностирована опухоль на широком основании, в 13 сантиметрах от зубчатой линии, в пределах мышечного слоя стенки толстой кишки. Для уточнения характера поражения использовано эндоректальное ультразвуковое исследование, позволяющее определить глубину инвазии опухоли (по классификации Kudo) и спрогнозировать высокий циторедуктивный результат трансанальной эндоскопической операции применен однопортовый трансанальный эндоскопический доступ, из которого выполнена резекция всей пораженной стенки толстой кишки с частичным удалением параректальной клетчатки. Ранний послеоперационный период протекал без осложнений. При сроке наблюдения около 12 месяцев не было признаков рецидива опухоли.

Ключевые слова: «ранний» рак толстой кишки, онкология, манипуляции, операция, эндовидеохирургия, визуализация.

Введение

В настоящее время до сих пор велика доля выявления рака толстой кишки на достаточно поздних стадиях. Скрининговые мероприятия, направленные на раннее выявление онкопроцесса, до сих пор не вошли в рутинную практику в системе здравоохранения нашей страны, а также других стран.

Однако, работы по выявлению так называемого раннего рака прямой кишки (принято считать, что ранний рак толстой кишки — это рак в клинической стадии cT1T0M0) достаточно активно ведутся. В данном вопросе научное сообщество сталкивается с рядом дискуссионных проблем. В виду того, что раннее выявление онкопроцесса является предиктором лучшей безрецидивной и общей выживаемости, объем диагностики и лечения не обладает столь высоким радикализмом, как при развёрнутом процессе.

Гемиколэктомия, операции по типу Гартмана, широкая лимфодиссекция вплоть до почти полной скелетизации абдоминального отдела аорты, пункция сторожевых лимфоузлов — все эти манипуляции направлены на максимально полное удаление «плюс-ткани» [1].

Очевидно, что на ранних стадиях онкопроцесса объем хирургической инвазии меньше. Часто прибегают к эндовидеохирургии — методу лечения, который выполняется сразу после эндоскопической визуализации. С учетом того, что когорта пациентов с ранним раком толстой кишки невелика (крайне мало пациентов обращаются в стадии малигнизации доброкачественных полипов, и ранних формах рака прямой кишки) нет систематизированных непосредственных и отдаленных вмешательств, четких критериев расширения объема операции и уточнения диагноза [2].

Основными принципами лечения рака толстой кишки являются: (1) органосохраняющее вмешательство,

(2) сохранение функции органа, (3) достаточный радикализм. Очень часто интраоперационно довольно трудно найти идеальную пропорцию между радикализмом и сохранением органа, а это критически важно с точки зрения прогноза.

Отсюда актуальность данной работы — представление редкого клинического опыта ведения подобных пациентов может способствовать актуализации вышеописанных проблем в научном сообществе, способствует продуктивной дискуссии и формированию практических рекомендаций с позиции доказательности.

Рассмотрим клинический случай эндовидеохирургической трансанальной резекции «раннего рака толстой кишки». Представлен новый подход к лечению опухоли T1N0M0, соответствующий высоким мировым стандартам по соотношению степени хирургической инвазивности и объему циторедукции.

В нашем отделении был внедрен такой инструментальный метод как эндоректальное ультразвуковое исследование, который был достаточно информативным для принятия решения относительно трансанального, а не трансабдоминального вмешательства у пациента с раком толстой кишки в «ранней» стадии T1N0M0.

В качестве хирургического метода использовали трансанальный однопортовый эндохирургический инструментарий.

Пациент 55 лет обратился с подозрением на объемное образование. По данным эндоскопического исследования с биопсией — новообразование опухоль на широком основании, на передней стенке прямой кишки примерно в 10 см от зубчатой линии. По данным биопсии — высокой степени дифференцировки (G1) папиллярная аденокарцинома (T1).

Дальнейшая диагностика проходила по принципу TNM. Определялось поражение регионарных лимфоузлов, проводился поиск отдаленных метастазов. В результате был поставлен диагноз: аденокарцинома прямой кишки, высокой степени дифференцировки, T1N0M0. При эндоректальном УЗИ новообразование было отнесено к степени sm3 по Kudo (Рис. 1).

Принято решение о проведении эндовидеохирургической трансанальной резекции опухоли.

На первом этапе визуализирована опухоль, проведена разметка — обозначена граница резекции в пределах неизмененных тканей с отступом около 1 сантиметра от края новообразования (Рис. 2).

Далее выполнялась резекция монополярным электрокоагулятором. Проводилась резекция всей стенки кишки также удаляли часть параректума (Рис. 3).

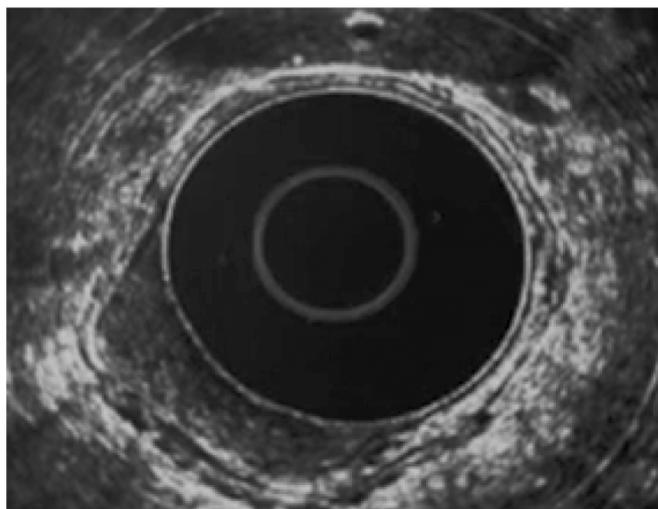


Рис. 1. Эндоректальное УЗИ. Степень инвазии sm3 — инфильтрация подслизистой толстой кишки до мышечного слоя

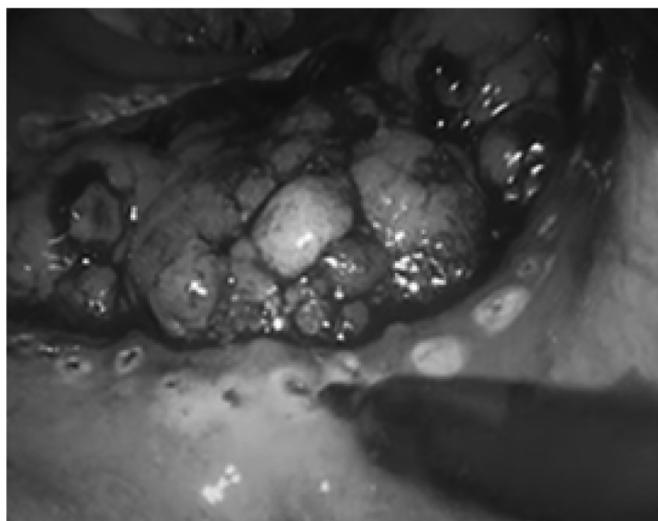


Рис. 2. Визуализация опухоли, начало разметки

Рана стенки кишки ушивалась узловыми швами в косом направлении для профилактики стенозирования поперечника кишки (Рис. 4).

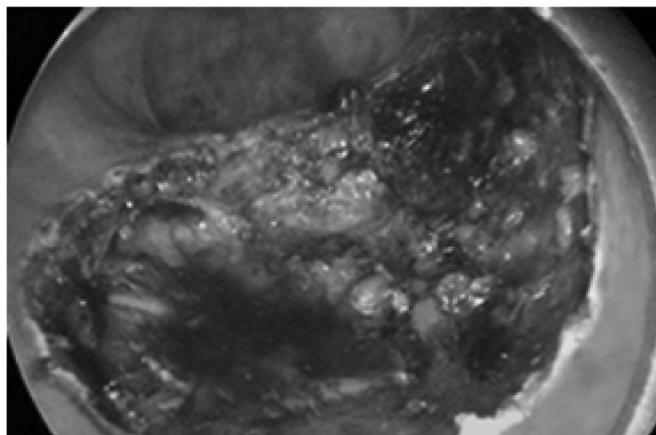
Ранний послеоперационный период проходил без осложнений, не было признаков проникновения в свободную брюшную полость, перитонеальные знаки отсутствовали. Пациент был выписан на 13 сутки послеоперационного периода.

Гистологический диагноз совпал с данными предшествующей биопсии, неoadъювантная терапия не проводилась, в настоящее время имеются среднетотдаленные послеоперационные результаты — через 12 месяцев после операции нет признаков рецидива рака прямой кишки.

Время операции — 50 минут, кровопотеря — до 100 мл.



а



б

Рис. 3. Резекция опухоли (а — начало резекции в размеченной области, б — окончание резекции всей стенки и части параректума). Признаков проникновения в брюшную полость нет



Рис. 4. Ушивание стенки толстой кишки после резекции

Ниже представляем некоторые статистические показатели доброкачественных опухолей прямой кишки. Частота встречаемости полипов толстой кишки находится на уровне 12–16 %, хотя ряд авторов считают, что данная цифра занижена. С возрастом частота встречаемости полипов возрастает — если до 50 лет она около 10 %, то с 50 до 60 — на уровне 40–60 %.

Малигнизирует чаще всего ворсинчатая аденома (примерно в 90 % случаев, чуть реже — ворсинчато — тубулярная (примерно 25 %), тубулярные аденомы малигнизируют редко (около 5–10 %).

При этом, уделенные аденомы имеют признаки малигнизации в 10 % случаев. Опухоли ворсинчатой морфологии — в 30 %. Ворсинчатые опухоли рецидивируют примерно в 40–50 % случаев.

Основываясь на данных фактах, можно сделать вывод, что увеличение эффективности курации данных доброкачественных патологий может привести к снижению распространенности злокачественных новообразований.

Современные технологии дают большие возможности для вмешательств из трансанального доступа. Данный доступ вызывает достаточно большой хирургический интерес с точки зрения и диагностики, и лечебных мероприятий.

Первые упоминания о трансанальном доступе встречаются в работах J. Lisfranc от 1830 года, в которых впервые описана трансанальная резекция толстой кишки с последующим низведением.

Больше, чем через 100 лет A.Parks использовал данный доступ для циркулярного иссечения слизистой анального канала.

Сейчас есть 3 метода лечения рака толстой кишки — электрическая электроэксцизия через колоноскоп, трансанальное удаление опухолей, трансабдоминальные вмешательства. Среди данных методов выделяется электрическая электроэксцизия через колоноскоп — данный метод является результатом диагностики новообразований толстой кишки. Его применение ассоциируется с хорошими послеоперационными функциональными результатами, реабилитация после данного вмешательства почти не требуется, в связи с чем его можно применять или амбулаторно, или в режиме «хирургии одного дня», данный метод является исчерпывающим в хирургии небольших новообразований — до 3 сантиметров.

В настоящее время возможности трансанального эндоскопического доступа расширяются, в связи с чем

можно достаточно успешно применять его при лечении начальных форм рака толстой кишки, при малигнизации аденомы, для удаления ворсинчатых опухолей и аденом с признаками малигнизации, растущих на широком основании.

Исследования последних лет показали, что трансанальное эндоскопическое вмешательство по своим возможностям конкурирует с такими операциями как трансанальное открытое удаление и трансабдоминальная резекция с широкой лимфодиссекцией. Так трансанальное удаление рака прямой кишки дает в среднем 24 % рецидивов, трансабдоминальное вмешательство — примерно 5 % рецидивов. Трансанальная эндоскопическая резекция дает от 1,5 % до 16 % рецидивов рака толстой кишки. Отсюда можно заключить, что трансанальное эндоскопическое вмешательство расширяет возможности радикальной резекции опухоли по сравнению с классическим трансанальным доступом, однако, проигрывает по уровню циторедукции и свободе от рецидивов трансабдоминальному вмешательству [1].

Действительно, трансабдоминальное вмешательство до сих пор является золотым стандартом первичной циторедукции и характеризуется наиболее точным интраоперационным стадированием опухоли и в целом наиболее подходящим онкохирургическим вмешательством. Ряд авторов придерживается именно классических принципов хирургической циторедукции с целью максимального контроля над местным онкопроцессом, иногда, в ущерб функциональному результату и качеству жизни [2].

Однако, последние данные показали, что при лечении рака толстой кишки в стадии cT1N0M0 трансабдоминальное вмешательство дает результаты, которые не отличаются от трансанальной эндоскопической хирургии при условии, если нет расхождений в диагнозе или трансанальное эндоскопическое вмешательство дополнено неоадьювантной терапией. Данная новость, на наш взгляд, является позитивной, так как позволяет добиваться отличного прогноза безрецидивной и общей выживаемости пациентов с ранним раком толстой кишки, избегая тяжелых полостных операций.

Однако, в данном вопросе результаты трансанального эндоскопического доступа, очевидно, зависят от строжайшего отбора пациентов по стадии TNM.

Так глубина инвазии опухоли в стенку кишки не должна быть в пределах мышечного слоя, также не должно быть признаков поражения параректальных лимфоузлов. Опухоль должна иметь высота. Степень дифференцировки, размеры опухоли не должны превышать 3 сантиметра, а ее локализация — не более 13–15 сантиметров от зубчатой линии, другим важным критерием

успешного лечения является экзофитный рост. Вот основные критерии отбора пациентов для трансанальной резекции рака толстой кишки, стоит отметить, что часть из них зависит от характера опухолевого процесса, в частности, инвазия, тип роста, степень дифференцировки. Остальные критерии являются довольно гибкими и в основном зависят от мануальных навыков и технического совершенства аппаратуры [3].

Исследование рака с целью уточнения диагноза должно проводиться в объеме ректороманоскопии, фиброколоноскопии с биопсией, эндоректальное ультразвуковое исследование, МРТ малого таза с целью определения состояния регионарных лимфоузлов.

Среди вышеперечисленных методов особое место занимает эндоректальное ультразвуковое исследование. Данное исследование, по некоторым данным, обладает высокой точностью в определении степени инвазии в стенку прямой кишки. Чаще всего степень инвазии классифицируется по Kudo (1993), потому что данная классификация имеет высокую корреляцию с частотой поражения параректальных узлов, таким образом, использование данной классификации позволяет выбирать наиболее рациональное вмешательство с хорошим балансом инвазии/радикальности. Так Sm1-Sm2 степени инвазии рака характеризуются поражением лимфоузлов в 1–3 и 8 % случаев соответственно, что допускает возможность проведения эндовидеохирургии из трансанального доступа [4].

Обоснованное применение эндовидеохирургической трансанальной резекции позволяет добиться следующих позитивных результатов — сокращение сроков реабилитации, снижение болевого синдрома, относительно высокая свобода от послеоперационных осложнений, отсутствие необходимости в формировании колостомы, меньшая кровопотеря и сокращение времени операции. В целом, данная процедура является малоинвазивной [5].

Ограничением данного вмешательства являются мануальные навыки оператора, неполная циторедукция, особенности работы через однопортовый доступ [6].

Таким образом, при лечении рака толстой кишки крайне важно достаточно точно стадировать процесс по принципу TNM. Определение распространенности онкопроцесса является ключевым в достижении высокой свободы от рецидивов при применении миниинвазивных оперативных методик. Применение трансанального эндовидеохирургического доступа является более эффективным, чем стандартные трансанальные вмешательства и по своей эффективности сопоставимо с абдоминальными операциями при условии, что опухоль соответствует критериям раннего новообразования.

Применение эндоректального УЗИ достаточно информативно при планировании эндовидеохирургического вмешательства, так как позволяет оценить глубину инвазии опухоли в стенку кишки и исключить противопоказания к применению данной миниинвазивной методики. Исходя из общей тенденции в хирургии к минимальной хирургической инвазивности, можно заключить, что эндовидеохирургическое трансанальное вмешательство является современным методом лечения ранних стадий

рака толстой кишки, обладает большим потенциалом, в том числе возможностью конверсии вмешательства в трансабдоминальное. Это дает возможности для разработки алгоритма принятия решений в соответствие с интраоперационной картиной, когда хирургическая травма дозирована и определяется исходя из конкретной морфологии поражения. В свою очередь это улучшит течение раннего послеоперационного периода, сократит время реабилитации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Xue X, Lin G. Transanal endoscopic microsurgery: exploring its indications and novel applications. A narrative review. *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne*. 2022 Mar;17(1):95–103. doi: 10.5114/wiitm.2021.108811. Epub 2021 Sep 1. PMID: 35251393; PMCID: PMC8886471.
2. Berger Y, Gingold-Belfer R, Khatib M, Yassin M, Khoury W, Schmilovitz-Weiss H, Issa N. Transanal endoscopic microsurgery under spinal anaesthesia. *J Minim Access Surg*. 2021 Oct-Dec;17(4):490–494. doi: 10.4103/jmas.JMAS_144_20. PMID: 34558425; PMCID: PMC8486065.
3. Arezzo A, Gagliardi G. Transanal endoscopic microsurgery: is robotics the way to go? *Tech Coloproctol*. 2021 Nov;25(11):1179–1182. doi: 10.1007/s10151-021-02514-8. PMID: 34463878.
4. Li W, Xiang XX, Da Wang H, Cai CJ, Cao YH, Liu T. Transanal endoscopic microsurgery versus radical resection for early-stage rectal cancer: a systematic review and meta-analysis. *Int J Colorectal Dis*. 2023 Feb 17;38(1):49. doi: 10.1007/s00384-023-04341-9. PMID: 36800079; PMCID: PMC9938057.
5. Serra-Aracil X, Lucas-Guerrero V, Mora-López L. Complex Procedures in Transanal Endoscopic Microsurgery: Intraperitoneal Entry, Ultra Large Rectal Tumors, High Lesions, and Resection in the Anal Canal. *Clin Colon Rectal Surg*. 2022 Feb 28;35(2):129–134. doi: 10.1055/s-0041-1742113. PMID: 35237108; PMCID: PMC8885161.
6. Ahmad NZ, Abbas MH, Abunada MH, Parvaiz A. A Meta-analysis of Transanal Endoscopic Microsurgery versus Total Mesorectal Excision in the Treatment of Rectal Cancer. *Surg J (N Y)*. 2021 Sep 14;7(3):e241–e250. doi: 10.1055/s-0041-1735587. PMID: 34541316; PMCID: PMC8440057.

© Гаулика Владислав Олегович (vlad.gaulika@list.ru); Парсаданян Арагат Микичевич; Кузнецов Евгений Викторович
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ВЫБОРУ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПРОТЕЗИРОВАНИИ НА ЗУБНЫХ ИМПЛАНТАТАХ У ПАЦИЕНТОВ С ПОЛНОЙ АДЕНТИЕЙ. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Давлетшина Аделя Радиковна

Казанский Федеральный Университет

ade.davletshina2015@yandex.ru

MODERN APPROACHES TO THE CHOICE OF STRUCTURES FOR PROSTHETICS ON DENTAL IMPLANTS IN PATIENTS WITH COMPLETE ADENTIA. LITERATURE REVIEW

A. Davletshina

Summary. Dental prosthetics is one of the most common dental procedures, but the treatment of patients with complete adentia and jaw defects remains an urgent problem. It is known that the methods of dental prosthetics in modern orthopedics are very diverse, which allows you to choose dental restoration options individually for each patient. With the help of removable dentures, it is possible to restore not only the functions of one or more lost teeth, but also the entire dentition. Prosthetics of toothless jaws is a method of restorative treatment, leading to a delay in further atrophy, and allows achieving both functional and cosmetic effects [12]. This literature review examines the determining factors in the choice of prosthesis and implant design in patients with complete adentia, as well as treatment options using removable or non-removable prostheses on implants and various ways of fixing them.

Keywords: dental implantation, beam fixation system, removable orthopedic structures, fixed prosthetics, complete absence of teeth, computer modelling.

Аннотация. Протезирование зубов является одной из наиболее распространенных стоматологических процедур, однако остается актуальной проблемой лечение больных полной адентией и дефектами челюстей. Известно, что методы протезирования зубов в современной ортопедии весьма разнообразны, что позволяет подобрать варианты восстановления зубов индивидуально для каждого пациента. С помощью съемных зубных протезов можно восстановить не только функции одного или нескольких утраченных зубов, а также целого зубного ряда. Протезирование беззубых челюстей является методом восстановительного лечения, приводящим к задержке дальнейшей атрофии, позволяет достигать как функционального, так и косметического эффекта [12]. В данном обзоре литературы рассматриваются определяющие факторы при выборе конструкции протеза и имплантатов у пациентов с полной адентией, а также варианты лечения с использованием съемных или несъемных протезов на имплантатах и различными способами их фиксации.

Ключевые слова: дентальная имплантация, балочная система фиксации, съемные ортопедические конструкции, несъемное протезирование, полное отсутствие зубов, компьютерное моделирование.

Введение

Изучение и анализ данных современной литературы показал, что одной из актуальных проблем современной стоматологии является ортопедическое лечение пациентов с полным отсутствием зубов. По данным ряда авторов распространенность данной патологии в различных регионах может достигать 70 % [19, 22, 23]. По статистическим данным, в нашей стране показатели полного отсутствия зубов увеличиваются по нарастающей (пятикратно) в каждой последующей возрастной группе: у лиц в возрасте 40–49 лет частота составляет 1 %; в возрасте 50–59 лет — 5,5 % и у лиц старше 60 лет — 25 %. В общей структуре оказания медицинской помощи больным в лечебно-профилактических учреждениях стоматологического профиля 18 % пациентов имеют диагноз «полное отсутствие зубов одной или обеих челюстей» [1].

Важнейшим направлением современной ортопедической стоматологии является восстановление параме-

тров зубочелюстной системы при полной потере зубов с использованием дентальных имплантатов [24]. Протезирование с использованием зубных имплантатов позволяет врачу изготовить зубные протезы, не уступающие по эффективности зубным протезам, изготовленным без имплантации. Появляется возможность улучшить эстетические качества протезной конструкции, что является важным аспектом для повышения психологического комфорта пациента и его уверенности при общении, а также, зачастую, качество фиксации протеза [13].

Для того чтобы учесть все показания и противопоказания, возможности и пожелания пациента, и добиться высокого качества оказания услуги, на современном этапе развития стоматологии применяется математическое и компьютерное моделирование. Продолжают совершенствоваться средства моделирования поведения зубочелюстных сегментов в зависимости от конкретных условий состояния полости рта. Рассчитываются поступательные перемещения и углы поворота зубов в за-

висимости от модуля сдвига костной ткани, проекции и координаты приложения сил, жевательное давление различных участков протеза, влияние геометрии корня зуба на его поступательные перемещения. Это позволяет создать уникальную, наиболее подходящую пациенту конструкцию, компенсирующую повреждения в виде полной адентии. Таким образом, посредством компьютерного моделирования удаётся оптимизировать процесс лечения полной адентии. За счет применения компьютерных моделей повышается эффективность работы стоматологов; пациенты с полной адентией получают возможность существенно улучшить качество жизни [12].

Цель исследования: проанализировать методы протезирования съёмными и несъёмными конструкциями с опорой на дентальные имплантаты при полном отсутствии зубов.

Материалы и методы: был проведен поиск литературы по методам протезирования с опорой на дентальные имплантаты у пациентов с полной утратой зубов по следующим научным платформам: Scopus, Pubmed, Elibrary.

Критерии поиска: всего было изучено 103 литературных источников, после комплексного анализа нами было отобрано 26 источников, которые соответствовали критериям поиска.

Основной задачей протезирования больных с полной потерей зубов является создание протеза, отвечающего требованиям эстетики, фонетики и жевательной функции [14].

Современные конструкции дентальных имплантатов

На сегодняшний день на стоматологическом рынке представлен широкий ассортимент дентальных имплантатов. Обилие их конструктивных элементов скорее не упрощает, а усложняет протезирование и выбор наиболее оптимальной конструкции. Отсюда возникает необходимость проведения клинических исследований и анализа эффективности применения новых и уже ставших традиционными соединительных элементов и методов фиксации ортопедических конструкций с опорой на имплантатах [11].

Все известные конструкции имплантатов классифицируют:

- по форме: цилиндрические, винтовые и пластиночные;
- по структуре поверхности внутрикостной части: пористые, пористые, пористые со сквозными отверстиями, пористые с напылением гидроксиапатита;

- по конструкции: неразборные или разборные имплантаты, с амортизатором или без амортизатора;
- по методике применения: для непосредственной или отсроченной имплантации;
- по способу соединения с зубным протезом: неразъёмные и разъёмные.

Конструкция имплантата обоснована токсикологическими, биомеханическими свойствами материалов, из которых они созданы, а также возможностями современных технологий получения имплантатов фрезерованием, штамповкой и литьем.

По форме внутрикостной части имплантаты могут быть цилиндрическими и винтовыми [1].

Следует отметить, что в настоящее время цилиндрические и пластиночные имплантаты не производятся.

Винтовые имплантаты в основном изготавливаются конической формы с различным профилем резьбы. Поверхность внутрикостной части имеет шероховатость или покрытие из активного материала. В связи с тем, что на этапах регенерации кости и после протезирования может отмечаться вывинчивание имплантатов, для предотвращения этого на их внутрикостной части создают углубления, продольные канавки, отверстия.

По конструкции внутрикостные имплантаты подразделяются на неразборные и разборные.

Неразборные конструкции имплантатов винтовой формы предусматривают единый комплекс, состоящий из внутрикостной части имплантата, от которой отходит шейка, переходящая в опорную головку имплантата.

Разборные имплантаты состоят из двух основных элементов: внутрикостной части и фиксируемой к ней с помощью цемента или резьбового соединения опорной головки. Разборные имплантаты имеют дополнительные элементы, такие как винт-заглушка и формирователь десневой манжетки.

Опорные головки имеют различную конусность в пределах от 20 до 40°, и могут быть расположены под различным углом — 15°, 25°, 35° — к внутрикостной части. В настоящее время находят применение опорные головки из титана со сформированной на ней культей из керамики. Соединение внутрикостной части имплантата и опорной головки обеспечивается за счет создания конуса и шестигранного соединения с диаметром от 2.1 до 2.5 мм [1].

В конструкции имплантатов возможно применение амортизаторов в виде колец, колпачков, пружин. Считается, что применение амортизирующего элемента по-

зволяет снизить напряжение в кости при жевательной нагрузке.

Планируя имплантацию, необходимо учитывать размеры имплантата, его длину и диаметр, что связано с объемом и плотностью кости. Фиксация имплантата во многом зависит от наличия высоты резьбы с определенным её шагом, и правильный выбор способствует его первичной стабилизации в кости челюсти [5, 20].

При планировании лечения беззубых пациентов прежде всего необходимо выбрать способ протезирования из имеющегося спектра лечебных методик, в том числе с применением двухэтапных цилиндрических имплантатов, винтовых или сочетания последних с пластиночными. В литературе для определения выбора оптимальной конструкции протеза, а также способе его фиксации, приводятся критерии в зависимости от объема резорбции костной ткани:

1. При полном отсутствии зубов фиксацию протеза на имплантатах желательно проводить в тех ситуациях, когда пациент уже пользовался съемной конструкцией, но вследствие атрофии челюстей это стало невозможным.
2. Если пациент не пользовался съемными протезами, то не стоит сразу планировать имплантацию, даже если в конкретном случае это самый удобный вариант. Целесообразно изготовить временный съёмный протез.
3. Наиболее рациональным способом реабилитации больных с полным отсутствием зубов, приносящим им настоящее психологическое удовлетворение, является установка несъёмных и условно-съёмных протезов.
4. Оптимальным способом реабилитации пациентов с полным отсутствием зубов считаются условно-съёмные протезы (с винтовой фиксацией). Они могут быть применены у подавляющего большинства больных даже при выраженной атрофии челюстей.
5. При невозможности применения условно-съёмного протеза используют полностью несъёмные протезы на имплантатах (цементная фиксация) [1].

Определяющие факторы при выборе конструкции

Определяющими факторами при выборе конструкции протеза являются:

1. **Положение имплантата в челюсти.** Данный фактор можно разделить на ряд критериев:
 - *Мезиодистальный критерий.* Правильное мезиодистальное положение имплантата позволяет врачу избежать ятрогенного повреждения соседних структур. Минимально расстояние 1.5 мм между зубом и имплантатом предотвращает по-

вреждение соседних зубов и обеспечивает надлежащую остеоинтеграцию и десневой контур. Расстояние между имплантатами менее 3мм увеличивает риск потери массы костного гребня между имплантатами.

- *Вестибулярный критерий.* Слишком вестибулярное расположение имплантата может привести к истончению кости, расхождению и рецессии десны, ведущие к просвечиванию шейки имплантата. Слишком язычное/небное расположение имплантатов могут создать трудности для протезирования, при этом протезные конструкции будут не гигиеничные и не эстетичные. Толщина в 1.8 мм до края кости будет иметь критическое значение для поддержания профиля мягких тканей в области имплантата и повышать вероятность эстетически-положительного результата.
- *Апикально-коронковый критерий.* Слишком поверхностно установленный имплантат может просвечивать воротниковую часть через тонкий слой десны. Глубокое расположение имплантатов ниже уровня костного гребня может дать преимущество для протезирования и создания десневого контура при неблагоприятных условиях, однако может привести к потере костной массы из-за глубокого расположения микрозазора на границе между имплантатом и абатментом. Идеальным решением будет расположение шейки имплантата у основания у основания ската хребта гребня альвеолярной кости. При наличии соседних зубов предполагается, что шейка имплантата должна быть расположена на 2мм ниже шейки соседнего зуба, при условии отсутствия рецессии десны. Диаметр имплантата так же играет важную роль в апикально-коронковом положении: имплантаты меньшего диаметра требуют больше места для развития мягких тканей и тканей контуров [15].
- *Угловой наклон имплантата.* Данный критерий особенно важен при планировании лечения с использованием винтовой фиксации, наклон имплантата должен имитировать угол наклона соседних зубов, если таковы имеются, либо угол наклона будущих искусственных зубов протезной конструкции [12,16].

1. *Межальвеолярная высота.* Межальвеолярная высота, вместе с высотой нижнего отдела лица, устанавливается вместе с высотой нижнего отдела лица. При отсутствии антагонизирующих зубов, межальвеолярная высота и высота нижнего отдела лица взаимозависимы. При наличии антагонизирующих зубов межальвеолярная высота может увеличиться за счет атрофии альвеолярного отростка и тела челюстей, не изменяя высоты нижнего отдела лица. Значение межальвеолярной влияет на выбор протезной конструкции.

2. *Положение зубов.* Всегда следует обращать внимание на положение и наличие аномалий соседних и антогонирующих зубов. При необходимости проводить соответствующую подготовку этих зубов или их удаление с сопутствующим хирургическим вмешательством, так же необходимо выяснить причины аномалий и на основании этого составить наиболее благоприятный план лечения.
3. *Центрально соотношение челюстей и высота нижнего отдела лица.* Необходима точная диагностика физиологических параметров соотношения челюстей пациента. При наличии завышения/занижения высоты нижнего отдела лица, в плане лечения учитывать адекватное строго индивидуальное решение по лечению/исправлению данной ситуации.
4. *Переднезаднее расположение имплантатов.* Данный параметр показывает расстояние от центра двух самых передних имплантатов до дистальной части двух самых задних имплантатов, умноженное на 1,5–2. Полученное значение говорит о возможной длине консольной части на данной конструкции.
5. *Потеря твердых и мягких тканей.* Важно оценить состояние твердых и мягких тканей, и внимательно оценить последствия хирургического вмешательства и их сроки, для достижения приемлемого результата.
6. *Сопутствующие заболевания.* Помимо соматических сопутствующих заболеваний, при выборе конструкции протеза необходимо учитывать психологическое состояние пациента, вегетативные расстройства и аллергоanamнез.
7. *Материальные возможности пациента.* Немало важным фактором в выборе конструкции протеза являются материальные возможности пациента [12].

Способы фиксации конструкции протезов на дентальных имплантатах

Сегодня при изготовлении конструкций с опорой на имплантатах пользуются теми же базовыми принципами, что и при протезировании с опорой на естественные зубы. Прежде всего, это касается выбора оптимальной конструкции протеза, наиболее соответствующей особенностям клинической ситуации, требованиям к точности фиксации, а также реализации физиологической концепции окклюзии [11].

В настоящее время при планировании ортопедического лечения пациенту с полным отсутствием зубов может быть предложено несколько альтернативных вариантов лечения с использованием съемных или несъемных протезов на имплантатах и различными способами их фиксации [2]. Существует множество методов

фиксации, основанных на механических, биомеханических, физических и биофизических принципах. Все они имеют определенные преимущества и недостатки [6]. Конструкции протезов на дентальных имплантатах могут иметь балочную или шаровидную фиксацию, на магнитных абатментах, с использованием системы «Locator» или «Multi-unit» [3].

Изготовление полных съемных протезов с фиксацией на шаровидных абатментах

Данная технология дает надежную фиксацию для съемного протеза. Преимущества заключаются в простоте и легкости установки в полости рта, но из недостатков следует отметить слабую ретенцию и неравномерное распределение нагрузки между имплантатами. Под давлением протеза десна атрофируется, поэтому необходимо делать перебазировку протеза в среднем раз в год. Также довольно часто ослабляется крепление на аттачменах, что в свою очередь, требует периодически заменять удерживающие матрицы [9].

Съемный протез на балке превосходит фиксацию на шаровидных абатментах по таким параметрам, как устойчивость и прочность. И обладает такими положительными характеристиками как:

- Межокклюзионная высота более 10 мм обеспечивает беспрепятственное перемещение нижней челюсти в нормальное положение покоя.
- алка может скорректировать угол наклона имплантатов, создав прочную протезную конструкцию.
- Гибкость в позиционировании удерживающих компонентов.
- Равномерное распределение нагрузки на имплантат и десну, что практически исключает атрофию костной ткани.
- Легкий уход за протезом.
- Долгий срок службы протеза
- Высокая эстетика [8].

Протезирование данными конструкциями является методом выбора и зависит от многих факторов. Не только от исходной анатомической ситуации, но и от таких параметров как размеры первичной балки, форма балки, свойств конструкционных материалов, из которых будет исполнена первичная балка и многих других [18].

Система «Locator» используется при значительной атрофии костной ткани. Основными преимуществами системы аттачменов «LOCATOR®» являются снижение нагрузки от жевательного давления на инфраструктуру имплантатов и надежная фиксация конструкций за счет меньшей высоты абатмента и наличия внутренней сферы фиксации. К тому же 2 зоны ретенции матрицы и патрицы увеличивает их площадь соприкосновения и способ-

ствуют самовыравниванию конструкции, что в свою очередь повышает износостойкость и соответственно срок службы фиксирующих элементов. Однако данный тип ретенционных элементов имеет слабую ретенцию, поэтому они противопоказаны при выраженном уменьшении высоты альвеолярного гребня, так как требуют компенсации дефекта с помощью увеличения высоты протеза. В результате создается рычаговая нагрузка, которая может привести к нарушению фиксации креплений [7,25].

Система «Multi-unit» — это современный многокомпонентный абатмент, позволяющий присоединять ортопедические конструкции винтовым способом даже при установленных под углом имплантатах. Система разработана в 2000 году и с тех пор основательно укрепилась в дентальной имплантологии. Особенность дизайна этой системы фиксации допускает использование ее при различных типах десны и имеет несколько вариантов высоты шейки, а благодаря короткому конусу становится возможна установка их даже при минимальном межкклюзионном расстоянии [9].

Несъемные реставрации с опорой на имплантаты (концепция All-on-4 и All-on-6)

В 1998 году Мало впервые применил несъемную реставрацию на уменьшенном количестве имплантатов в соответствии с концепцией All-on-4. Эта методика представляет собой метод реабилитации пациентов с полной адентией, при котором опорой для полного протеза, устанавливаемого по протоколу немедленной нагрузки, служат четыре имплантата, два из которых устанавливаются вертикально во фронтальном отделе, а остальные два под углом до 45° в дистальных отделах челюсти [17]. За счет наклона двух боковых имплантатов увеличивается площадь контакта кость/ имплантат, благодаря чему создается оптимальная опора для протеза даже при минимальном объеме кости. Наклон дистальных имплантатов делает возможным сохранение целостности важных анатомических структур, таких как нижнечелюстная нерв и верхнечелюстная пазуха, в результате чего достигается более оптимальное распределение имплантатов по альвеолярному гребню, что, в свою очередь, способствует оптимальному распределению нагрузки [10, 20, 21].

Однако даже этот метод не лишен недостатков. Например, его нельзя использовать в период роста челюстной кости (особенно нижней челюсти, когда использование скуловых имплантатов невозможно), поскольку в этом случае даже косое расположение имплантатов не обеспечит необходимой фиксации протеза [4].

Компания Nobel, совершенствуя методику «все на 4» предложила версию «все на 6», добавив в систему еще 2 опоры. Табличная планка на базе шести имплантатов обеспечивает равномерность нагрузки и за счет повы-

шения первичной стабильности искусственных корней, что способствует более успешной интеграции. Одна из технологий при полной потере зубов, которая даёт наилучшие результаты — All on 6.

К преимуществам системы All-on-6 можно отнести:

- Четкий протез за короткий период времени (протез выдается пациенту через несколько дней после установки имплантатов).
- Высокие эстетические качества даже при тщательном осмотре (протезы имеют идеальный контур десен и высокие цветовые возможности).
- Применение синус-лифтинга не является вынужденной мерой. Для этого подбираются малоинвазивные участки, а особый наклон имплантатов позволяет избежать костной пластики.
- Высокая стабильность системы (протез опирается на 6 опор, которые направляют жевательную нагрузку в разные стороны) [26].

Заключение

Таким образом, проведенный анализ литературных источников позволяет сделать вывод о том, что выбор конструкции протеза, а также способ ее фиксации будет зависеть от учета индивидуального анатомо-топографического и функционального состояния органов и тканей зубочелюстной системы, от степени выраженности атрофии челюстей, материальных возможностях пациента, наличия сопутствующих заболеваний [5]. Наиболее совершенствованной является технология All-on-6, метод обеспечивает дополнительную стабильность и поддержку для замещающих зубов, что может привести к более прочному и долговечному решению. В all-on-6 имплантаты устанавливаются в определенной конфигурации, что позволяет оптимально использовать имеющуюся челюстную кость. Такая конфигурация также может обеспечить лучшую стабильность, снизить нагрузку на имплантаты и повысить общий успех лечения. При полной потере зубов без регулярных нагрузок, которые связаны с пережевыванием пищи, постепенно начинается атрофия костной ткани, которая сопровождается функциональными и эстетическими нарушениями, включая геометрию нижней челюстной кости. Для таких пациентов именно метод имплантации All-on-6 поможет избежать остеопластики, что при классическом способе неизбежно. Имплантация зубов все на 6 имплантатах — это одно из лучших решений в современной стоматологии для пациентов с полной адентией. Он обеспечивает целый ряд преимуществ, включая улучшенную эстетику, повышенную функциональность, сокращение времени лечения, повышенный комфорт и долговечность [25]. Благодаря использованию компьютерного моделирования появляется возможность точно выбрать: область имплантации, определить угол наклона, тип протеза, особенности прикуса, благодаря этому удается оптимизировать процесс лечения полной адентии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аболмасов Н.Г., Аболмасов Н.Н., Сердюков М.С., ртопедическая стоматология (учебник для студентов). — Издательство МЕДпресс, 2020. — 556 с.
2. Бухарбаев А.К., Чебан М.А. Особенности несъемного протезирования с опорой на дентальные имплантаты // Актуальные проблемы теоретической, экспериментальной, клинической медицины и фармации: материалы 53-й ежегодной Всероссийской конференции студентов и молодых ученых. 2019: 320–321.
3. Воробьева М.В., Преимущества установки съемных протезов с опорой на имплантаты при полном отсутствии зубов на нижней челюсти / Оленко А.А., Матыцина Т.В., Воробьева М.В. // Инновационное развитие. 2017 — №10 (15) — С.81–82.
4. Вьюрков, С.П. Отсроченная имплантация при полной адентии челюстей: преимущества, недостатки, опыт проведения / С.П. Вьюрков // Уральский медицинский журнал. — 2020. — № 12(195). — С. 58–61.
5. Восстановление целостности зубного ряда ортопедическими конструкциями с опорой на дентальные имплантаты / Ю.В. Косогор, С.С. Давтян, А. Ионов [и др.] // Университетская медицина Урала. — 2019. — Т. 5, № 3(18). — С. 26–29. — EDN BVMNDJ.
6. Гилязетдинов, Р.Л. Ортопедическое лечение полными съемными протезами с использованием магнитов / Р.Л. Гилязетдинов, Р.Р. Бирюкова, М.В. Воробьева // Бюллетень медицинских интернет-конференций. — 2017. — Т. 7, № 11. — С. 1613–1614. — EDN YLCNHI.
7. Жибылев, Е.А. Применение системы «LOCATOR®» для улучшения фиксации и стабилизации полных съемных протезов / Е.А. Жибылев // Бюллетень медицинских интернет-конференций. — 2014. — Т. 4, № 12. — С. 1336. — EDN TGWVFB.
8. Использование балочных конструкций с опорой на имплантаты при изготовлении полных съемных протезов / Н.А. Панахов, М.А. Сафаров, Г.Э. Керимова, Д.С. Ашрафов // Annali d'Italia. — 2022. — № 33. — С. 67–70.
9. Машков, К.Н. Применение дентальных имплантатов при полном отсутствии зубов / К.Н. Машков // Бюллетень медицинских интернет-конференций. — 2019. — Т. 9, № 6. — С. 243–244. — EDN DVCILV.
10. Мазитов, Д.Р. Лечение пациентов с полной адентией при помощи методики all-on-4 («все-на-4») / Д.Р. Мазитов // Белые цветы : Сборник тезисов 93-й Международной студенческой научно-практической конференции, 93-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, 22-й Международной медико-исторической конференции студентов, посвященная 125-летию со дня рождения профессора Владимира Александровича Энгельгардта, I Всероссийской практической конференции «Слушаю. Вижу. Лечу», Казань, 10–12 апреля 2019 года. — Казань: Казанский государственный медицинский университет, 2019. — С. 673–674. — EDN SHBXJH.
11. Мельниченко Дарья Ивановна, Романенко Инесса Геннадьевна, Мельниченко Павел Владимирович, Горобец Светлана Михайловна, Горобец Ольга Валерьевна Протезирование с опорой на имплантах // Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. 2019. №6 (42).
12. Невзоров А.Ю. Полная адентия: выбор варианта лечения на основе компьютерного моделирования // БМИК. 2013. №2.
13. Никольский В.Д., Журули Г.Н., Саламов М.Я., Оганян А.И.: выбор конструкции протезов при протезировании на зубных имплантатах при полной адентии // Dental Forum 2015 №4 С.70–71.
14. Ортопедическая стоматология: национальное руководство/ под ред. И. Ю. Лебедеенко, С.Д. Арутюнова, А.Н. Ряховского. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016.824 с.
15. Оценка качества изготовления соединительных узлов супраструктурных элементов при изготовлении зубных протезов на внутрикостных имплантатах / Р.Г. Хафизов, М.З. Миргазизов, Ф.А. Хафизова [и др.] // Российский вестник дентальной имплантологии. — 2014. — № (129). — С. 48–52. — EDN WHLQPD.
16. Патент на полезную модель № 117087 U1 Российская Федерация, МПК А61С 8/00. Плетеная никелидтитановая мембрана с памятью формы для направленной тканевой регенерации: № 2012100399/14: заявл. 10.01.2012: опубл. 20.06.2012 / Р.Г. Хафизов, М.З. Миргазизов, В.Э. Гюнтер [и др.]. — EDN FHSJKZ.
17. Поплавский, Д.В. Решение выбора при полной адентии или выраженной атрофии костной ткани верхней и нижней челюстей / Д.В. Поплавский // Dental Magazine. — 2016. — № 10(154). — С. 22–27. — EDN YRJQYJ.
18. Рубникевич С.П., Агиевцев А.Д. Протезирование пациентов съемными протезами с опорой на дентальные имплантаты с использованием цифровых технологий // Стоматолог. Минск. 2019. No 1 (32). С. 60–65.
19. Сагиров, М.Р. Особенности ортопедического лечения пациентов с полным отсутствием зубов / М.Р. Сагиров, А.М. Нестеров, М.И. Садыков. — Самара: Самарский государственный медицинский университет, 2022. — 168 с. — ISBN 978-5-6047803-5-0. — EDN OXJKOV.
20. Синиченков, Д.С. Особенности концепции «All-on-4». Хирургический подход / Д.С. Синиченков, М. В. Юрис, Д. В. Атаян // ВСЕРОССИЙСКИЕ СТУДЕНЧЕСКИЕ ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, Петрозаводск, 17 февраля 2022 года. Том Часть 2. — Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2022. — С. 320–324. — EDN WKYVZT.
21. Сухарев М.Ф. Ортопедическая стоматология. Протезирование несъемными конструкциями зубных протезов. Учебник для медицинских вузов / М.Ф. Сухарев, С.Б. Фищев, М.Г. Рожкова. — СПб.: СПбГПМУ, 2021. — 464 с.
22. Федорова Н.С. Полная вторичная адентия у пациентов пожилого и старческого возраста / Н.С. Федорова // Актуальные вопросы стоматологии: сб. научных тр. Посвященный основателю кафедры ортопедической стоматологии КГМУ проф. И.М. Оксману. — Казань, 2019. — С. 332–334.
23. Шарафиддинова Ф.А. Совершенствование ортопедического лечения больных с полным отсутствием зубов / Ф.А. Шарафиддинова, Д.Ш. Тешаева // International scientific review of the problems of natural sciences and medicine. — 2019. — С. 61–72.
24. Шахдинарян, Н.А. Обоснование выбора ортопедических конструкций с балочной системой фиксации надентальных имплантатах при полном отсутствии зубов / Н.А. Шахдинарян // 75-я Итоговая научная конференция студентов Ростовского государственного медицинского университета: Сборник материалов, Ростов-на-Дону, 26–30 апреля 2021 года. — Ростов-на-Дону: Ростовский государственный медицинский университет, 2021. — С. 86–87. — EDN QSQUGW.
25. Штефан Вольфарт. Протезирование с опорой на имплантаты. — Москва: Азбука, 2016. — 720 с.
26. All-on-4 all-on-6 պրոթէզավորման բազալ իմպլանտացիայի համեմատական բնութագիրը // Բանբեր ստոմատոլոգիայի և դիմաձնոտային վիրաբուժության. — 2020. — Vol. 17, No. 1. — P. 12–17. — EDN KTEKVR.

© Давлетшина Аделя Радиковна (ade.davletshina2015@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АППАРАТНАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ В ЛЕЧЕНИИ ПЕРЕЛОМОВ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ

ARDWARE REHABILITATION IN THE TREATMENT OF FRACTURES OF THE LOWER JAW

N. Erokina
A. Lepilin
G. Bakhteeva
O. Zhilkina
D. Yavorsky
A. Allanazarov
T. Belyanina
O. Volkova

Summary. The use of hardware rehabilitation for fractures of the mandible makes it possible to normalize blood supply and innervation in the fracture zone, which leads to a decrease in the number of complications of fractures of the mandible.

Keywords: fracture, lower jaw, hardware rehabilitation, blood supply, neurotrophic disorders.

Ерокина Надежда Леонидовна

д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского Минздрава России
nadleo@mail.ru

Лепилин Александр Викторович

д.м.н., ФГБОУ ВО Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского Минздрава России

Бахтеева Галия Рифатовна

к.м.н, доцент, ФГБОУ ВО Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского Минздрава России

Жилкина Ольга Викторовна

Ассистент, ФГБОУ ВО Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского Минздрава России

Яворски Даниил Яцекович

Ассистент, ФГБОУ ВО Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского Минздрава России

Алланазаров Алланазар

Ассистент, ФГБОУ ВО Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского Минздрава России

Белянина Татьяна Викторовна

Ассистент, ФГБОУ ВО Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского Минздрава России

Волкова Оксана Юрьевна

Ассистент, ФГБОУ ВО Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского Минздрава России

Аннотация. Использование аппаратной реабилитации при переломах нижней челюсти позволяет нормализовать кровоснабжение и иннервацию в зоне перелома, что приводит к снижению числа осложнений переломов нижней челюсти.

Ключевые слова: перелом, нижняя челюсть, аппаратная реабилитация, кровоснабжение, нейротрофические нарушения.

Цель исследования

Определить эффективность аппаратной реабилитации для предупреждения и лечения осложнений переломов нижней челюсти.

Материалы и методы исследования

Были обследованы больные с переломами нижней челюсти, находившиеся на лечении в челюстно-лицевом

Аппаратная реабилитация применяется во многих областях медицины [3, 6, 8, 9] Это обусловлено ее высокой эффективностью, разнонаправленностью действия совершенствованием в последнее время аппаратов и способов для этого вида лечения [1, 5]. В возникновении и развитии осложнений переломов нижней челюсти значимую роль играют нарушения местного и общего кровообращения, иннервации и др. Коррекция этих нарушений возможна при использовании средств и методов аппаратной реабилитации [2, 4, 7].

отделении ГKB №9 г. Саратова, которым проводилась аппаратная реабилитация физиотерапевтическими аппаратами разнонаправленного действия. Кроме общепринятых клинических методов, у пациентов изучались кровотоки в нижнечелюстной артерии, деятельность вегетативной нервной системы (ВНС), нейротрофические нарушения в зоне иннервации третьей ветви тройничного нерва.

Результаты и обсуждение

При лечении 85 больных с переломами угла и тела нижней челюсти применялось воздействие бегущим переменным магнитным полем (БПМП) частотой 10 Гц (20 мин. ежедневно, курс 8–10 процедур). Группой сравнения были 15 пациентов, в лечении которых использовался аппарат для УВЧ терапии (мощность 40 Вт).

По данным реографии, через 9–11 дней от начала лечения, определялись достоверные отличия в скорости восстановления кровообращения в нижней луночковой артерии при воздействии БПМП, по сравнению с воздействием УВЧ-поля. Так, при воздействии БПМП 10 Гц реографический индекс (РИ) возрастал с $0,052 \pm 0,0077$ до $0,092 \pm 0,015$ ($p < 0,05$), что превышало аналогичный показатель при УВЧ-терапии. При использовании БПМП амплитуда реограммы увеличивалась с $2,67 \pm 0,36$ до $4,25 \pm 0,73$ ($p < 0,05$). Под воздействием УВЧ-терапии амплитуда реограммы достоверно увеличивалась, но была ниже, чем при воздействии БПМП. Визуальный анализ реограмм при лечении БПМП подтверждал данные количественного анализа. Реографическая кривая на стороне повреждения приближалась к правильной форме, с заострением ее вершины. Происходило смещение инцизуры к основанию реограммы и появление дикротического зубца. Восстановление кровоснабжения тканей в области перелома челюсти — один из значимых факторов нормализующего воздействия БПМП на репаративный остеогенез. Применение БПМП позволило уменьшить более чем в 2 раза (с 13 % в группе сравнения до 6 %) число пациентов с переломами нижней челюсти, у которых развился хронический травматический остеомиелит.

Перелом нижней челюсти является стрессорным фактором и вызывает выраженные изменения в работе ВНС. Это проявляется в увеличении активности симпатического звена, что отражается, на работе сердечно-сосудистой системы, приводит к нарушениям общего и регионального кровообращения. У пациентов с переломами нижней челюсти, сопровождавшихся крайней степенью выраженности симпатикотонии, для нормализации деятельности ВНС в комплексном лечении использовалось воздействие бегущим импульсным магнитным полем (БИМП) в проекции верхних симпатических шейных ганглиев с двух сторон, что позволило периодически

блокировать активность ганглиев за счёт эффекта самоиндукции БИМП. Для этого использовался аппарат для магнитотерапии и излучатель бегущего магнитного поля. Режим воздействия БИМП: индукция 60 мТл; частота 1 Гц в первые два дня; частота 5 Гц в 3-й и 4-й день, 10 Гц в 5-й и 6-й день (ежедневно, 15–20 мин.). Обследование пациентов проводилось на 7 сутки от начала лечения.

Аппаратная реабилитация 40 пациентов с переломами нижней челюсти разработанным нами способом позволила быстрее добиться их равновесного вегетативного состояния. Об этом свидетельствовали данные ЧСС, АД, индексы Кердо и Хильдебранта, данные глазосердечного и солярного рефлексов, ортостатической и клиностатической проб, результаты кардиоинтервалографии по методу Р.М. Баевского (1984) и уровень катехоламинов крови. Нормализация деятельности ВНС проявилась и в восстановлении регионарного кровотока в нижней луночковой артерии: по данным реографии уменьшались показатели V_{max} и V_{min} . Значения V_{min} (7,3 [3, 4–16]) достоверно отличались от аналогичных группы сравнения (15,2 [8–18,8]) и приближались к норме. Нормализация кровотока в нижней челюсти сопровождалось укорочением сроков купирования боли, отека. Данный способ аппаратной реабилитации позволил уменьшить более чем в 3 раза (с 16 % в группе сравнения до 5 %) число осложнений переломов нижней челюсти и предупредить их переход в хроническую форму (при традиционном лечении у 7 % развился травматический остеомиелит).

При переломах нижней челюсти, вследствие травмы нижнего луночкового нерва развиваются нейротрофические расстройства, являющиеся одной из причин развития осложнений переломов. С целью коррекции нейротрофических нарушений у 38 больных с нижнечелюстными переломами проводилась аппаратная реабилитация электростимулятором-анальгезатором. Воздействие осуществлялось в зоне перелома и в области подбородочного отверстия. Диапазон амплитуды напряжения был 15,2–17,6 В, частоты тока — 6,4–10,0 Гц. Амплитуда увеличивалась ежедневно на 0,3–0,5 В (7–15 минут ежедневно, курс 5–10 процедур).

При использовании данного метода аппаратной реабилитации наблюдался выраженный эффект обезболивания. Интенсивность болевых ощущений у всех больных с переломами без сенсорно-парестетических расстройств на 10-й день электростимуляции (ЭНС), в среднем по шкале, была минимальная и находилась рядом с отметкой «отсутствие боли» (0 баллов), тогда как при традиционном лечении характеризовалась умеренной болью ($2 \pm 0,12$ балла). После проведения ЭНС потребность в анальгетиках значительно снизилась, был зафиксирован выраженный стойкий эффект обезболивания (отличные и хорошие результаты), тогда как в груп-

пе сравнения болевая чувствительность сохранились у 87 % пациентов. Сенсорно-парестетические расстройства после проведения ЭНС характеризовались уменьшением площади и степени выраженности онемения кожи нижней губы и подбородка на 17 % (по сравнению с данными при поступлении). Происходила нормализация электрофизиологических показателей, о чем свидетельствовали данные, полученные при ЭНМГ и регистрации тригеминальных ССВП. Наблюдалось ускорение консолидации отломков нижней челюсти: при денситометрии в зоне перелома индекс оптической плотности через месяц после травмы был равен $I=0,96\pm 0,06$ (при традиционном лечении $I=0,84\pm 0,07$).

Заключение

Методы аппаратной реабилитации, нормализующие кровоснабжение и иннервацию тканей, рекомендуются к использованию в комплексном лечении пациентов с переломами нижней челюсти для профилактики и лечения осложнений. Они уменьшают интенсивность и продолжительность болевых ощущений, снижают число осложнений переломов нижней челюсти и их переход в хроническую форму. Это позволяет сократить сроки лечения больных с нижнечелюстными переломами и ускорить их реабилитацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ клинической эффективности применения аппаратной реабилитации у пациентов с патологией челюстно-лицевой области (обзор) / Н.Л. Ерокина, А.В. Лепилин, Ю.М. Райгородский [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. — 2023. — Т. 19, № 2. — С. 136–140. — DOI 10.15275/ssmj1902136.
2. Динамическая магнитотерапия в комплексном лечении флегмон челюстно-лицевой области и переломов нижней челюсти / А.В. Лепилин, Ю.М. Райгородский, В.Г. Ноздрачев, Н.Л. Ерокина // Стоматология. — 2007. — Т. 86, № 5. — С. 55–57.
3. Лазеротерапия после экстракции зубов у больных сахарным диабетом / А.Ю. Миронов, Н.Л. Ерокина, В.Г. Чобитко [и др.] // Вестник физиотерапии и курортологии. — 2019. — Т. 25, № 4. — С. 153.
4. Лепилин, А.В. Применение чрескожной электронной стимуляции в комплексе лечения больных с переломами нижней челюсти / А.В. Лепилин, Г.Р. Бахтеева, Н.Л. Ерокина // Стоматология. — 2007. — Т. 86, № 2. — С. 54–57.
5. Любомирский, Г.Б. Объем применения физиотерапевтических методов лечения пациентам с заболеваниями пародонта в Удмуртской Республике / Г.Б. Любомирский // Клиническая стоматология. — 2019. — № 3(91). — С. 40–42. — DOI 10.37988/1811-153X_2019_3_40.
6. Микроциркуляторные нарушения у больных хроническим генерализованным пародонтитом и их коррекция методом КВЧ-терапии / В.Ф. Киричук, А.В. Лепилин, И.П. Апальков, Н.Л. Ерокина // Бюллетень сибирской медицины. — 2003. — Т. 2, № 2. — С. 99–102.
7. Микроциркуляторное звено системы гемостаза у больных хроническим генерализованным пародонтитом в сочетании с заболеваниями гастродуоденальной области и его динамика при комбинированной КВЧ-терапии / В.Ф. Киричук, В.Ю. Широков, Н.Л. Ерокина [и др.] // Пародонтология. — 2005. — № 1(34). — С. 21–25.
8. Применение комплекса КАП-Пародонтолог при лечении заболеваний пародонта (предварительные результаты) / А.В. Лепилин, Ю.М. Райгородский, Л.Ю. Островская [и др.] // Стоматология. — 2008. — Т. 87, № 5. — С. 31–34.
9. Reasoning for the application of violet laser physiotherapy device following surgeries in the oral cavity / A.V. Lepilin, Yu. M. Rajgorodskij, D.A. Grigoryeva [et al.] // Archiv EuroMedica. — 2018. — Vol. 8, No. 2. — P. 111–114.

© Ерокина Надежда Леонидовна (nadleo@mail.ru); Лепилин Александр Викторович; Бахтеева Галия Рифатовна; Жилкина Ольга Викторовна; Яворски Даниил Яцекович; Алланазаров Алланазар; Беянина Татьяна Викторовна; Волкова Оксана Юрьевна
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПЯТИЛЕТНИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОРЕЗОРБИРУЕМЫХ СКАФФОЛДОВ В ИССЛЕДОВАНИИ ABSORB IV. (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

FIVE-YEAR RESULTS OF BIORESORBABLE SCAFFOLDS IN THE ABSORB STUDY IV. (LITERATURE REVIEW)

**A. Zagorulko
M. Chernyaev
A. Koledinskiy**

Summary. Bioabsorbable scaffolds (BVS) have been developed for the endovascular treatment of coronary artery disease (CAD) with the goal of short-term restoration of the lumen of the affected vessel. In the future, according to the developers' plans, the frame of these scaffolds should degrade into carbon dioxide and water. Initial results from numerous studies were very good and encouraging. But over time, observations of scaffolds revealed that the risk of BRS thrombosis in the early stages is higher than that of drug-eluting metal stents. The main problem with the thrombosis of the frame is the so-called «suboptimal technique» of implantation.

Keywords: bioabsorbable scaffolds Absorb BVS, drug-eluting metal stents Xience DES, acute coronary syndrome ACS.

Загорюлько Алексей Иванович

Ассистент, Российский университет дружбы народов;
заведующий отделением рентгенохирургических
методов диагностики и лечения №2, Онкологический
центр №1 ГБУЗ «ГКБ им. С.С. Юдина ДЗМ» города Москвы»
alexrus80@yandex.ru

Черняев Михаил Викторович

к.м.н., ассистент,
Российский университет дружбы народов;
врач по рентгенэндо-васкулярным диагностике
и лечению, Москва, Россия
mikhailchernyaev@mail.ru

Колединский Антон Геннадьевич

д.м.н., Российский университет дружбы народов;
врач по рентгенэндо-васкулярным диагностике
и лечению, Москва, Россия
koledant@mail.ru

Аннотация. Биоабсорбируемые скаффолды (BVS) были разработаны для эндоваскулярного лечения ишемической болезни сердца (ИБС) с целью кратковременного восстановления просвета пораженного сосуда. В дальнейшем, по замыслам разработчиков данный каркас должен деградировать на углекислый газ и воду. Первоначальные результаты, полученные из многочисленных исследований, давали очень хорошие и обнадеживающие данные. Но с течением времени наблюдений за скаффолдами выяснилось, что риск тромбоза BVS в ранние сроки выше, чем у металлических стентов с лекарственным покрытием. Основной проблемой тромбоза каркаса является так называемая «неоптимальная техника» имплантации.

Ключевые слова: биоабсорбируемый скаффолд Absorb BVS, металлический покрытый стент Xience DES, острый коронарный синдром ОКС.

Введение

С момента одобрения скаффолдов Absorb в РФ, Европе и США до снятия с производства прошло около 10 лет. За это время было имплантировано более 150 тысяч каркасов. Проведено много исследований, но все они имели краткосрочный период наблюдения. Исследование Absorb IV включало в себя скаффолды (BVS), выделяющие эверолимус и металлические стенты с эверолимусом (DES), имплантированные с использованием улучшенной техники. Стентированию подвергались пациенты с ИБС и острым коронарным синдромом (ОКС). Продемонстрированные результаты через 1–3–5 лет по сравнению с металлическими DES оказались не хуже.

Металлические стенты с лекарственным покрытием DES изобретены для лечения стенозов коронарных

артерий и таких заболеваний как ИБС и ОКС. Антипролиферативное покрытие, нанесенное на поверхность стента уменьшает рестеноз и тромбоз каркаса. Наличие постоянного металлического стента в сосуде оказывает длительное отрицательное воздействие на коронарную артерию, ухудшает пульсацию, вазомоторику и служит жестким каркасом, внутри которого может развиваться пролиферация неоинтимы и неоатеросклероз, хронически сужая просвет стента. Многочисленные исследования для DES продемонстрировали поздние (более 1 года) нежелательные явления, связанные с рестенозами и тромбозами стента, которые продолжаются в течение 15 лет и могут составлять около 2 % в год [2, 3].

Биорезорбируемые сосудистые каркасы с лекарственным покрытием были разработаны для обеспечения краткосрочных механических поддерживающих

функций и затем подвергающихся полной резорбции в течение следующих нескольких лет, нормализации сосудистой структуры и функции [4,5]. Было показано, что скаффолды более выгодно отличаются от металлических стентов отсутствием артефактов при КТ, МРТ, процесс эндотелизации проходит быстрее. Применение скаффолдов у пациентов с ОКС показывает более лучшие результаты по сравнению с DES, особенно при оптико-когерентной томографии (ОКТ) [1]. В одном раннем рандомизированном исследовании даже сообщалось о низкой частоте рецидивов стенокардии при использовании BVS по сравнению с DES [6]. Наиболее широко изученным биорезорбируемым каркасом является поли (L-лактид) BVS Absorb (Abbott Vascular), выделяющий эверолимул. К сожалению, большинство рандомизированных исследований продемонстрировали увеличение частоты тромбозов скаффолда по сравнению с металлическим покрытым стентом [7–9]. Риск тромбоза чаще встречался в первые 3 года после имплантации скаффолда BVS, что совпадает со временем его биорезорбции. После резорбции частота событий была одинаковой для BVS и DES [10]. Более высокая частота нежелательных событий при BVS в течение 3 лет объясняется механическими свойствами каркаса первого поколения (толстые балки ~157 мкм), ограниченный диапазон расширения со склонностью к переломам.

Неоптимальная техника имплантации скаффолдов также способствовала увеличению частоты нежелательных явлений. В частности, лучшие результаты стентирования были получены в том случае, когда диаметр артерии (>2,5 мм) и меньше (<4,0 мм), если выполнялась предварительная дилатация и постдилатация регулярно под высоким давлением некомплаенсными баллонами [11, 12].

Чтобы ответить на многие вопросы было проведено исследование Absorb IV в которое включили 2604 больных, где сравнивали результаты стентирования Absorb BVS и Xience DES в течении 5 лет. Данное исследование представляло собой многоцентровое слепое рандомизированное исследование, где приняли участие пациенты из 5 стран (США, Канады, Германии, Австралии и Сингапура). Протокол был разработан главными исследователями и спонсором (Abbott Vascular) совместно с Управлением по контролю за продуктами и лекарствами США.

Новаторские аспекты этого исследования включали: 1) активное обучение исследователей и мониторинг во время набора пациентов, чтобы пациенты с очень маленькими (или большими) целевыми сосудами не были включены в исследование; 2) обязательная преддилатация целевого очага и настоятельная рекомендация к постдилатации с использованием некомплаенсного баллона под высоким давлением; 3) включение паци-

ентов с острым коронарным синдромом (ОКС), которые обычно имеют мягкие, богатые липидами атеросклеротические бляшки; 4) частая оценка всех возможных симптомов стенокардии; 5) все пациенты, исследовательский и медицинский персонал, а также специалисты по оценке результатов после завершения процедуры, доподлинно не знали о деталях исследования, чтобы минимизировать систематическую ошибку.

Полные критерии включения: пациенты в возрасте ≥ 18 лет со стабильной ишемической болезнью сердца или ОКС (нестабильная стенокардия, инфаркт миокарда без подъема сегмента ST (ОИМ6ST), инфаркт миокарда с подъемом ST (ОИМсST), перенесшие чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ) на одном, двух или трех коронарных артериях. Стентированный сегмент не должен превышать длину ≤ 24 мм и диаметром от 2,5 до 3,75 мм. Данные пациенты были рандомизированы для стентирования скаффолдом Absorb BVS или металлическим стентом Xience DES. Предварительная дилатация скаффолда была обязательной, и настоятельно рекомендовалась постдилатация под высоким давлением с использованием некомплаенсного баллона, размер которого на 0,5 мм превышал номинальный диаметр каркаса. Двойная антиагрегантная терапия (ДАТТ) продолжалась в течение минимум 1 года, а прием аспирина продолжался неопределенно долго.

Успех слепого метода оценивали при выписке и через 1 год путем заполнения анкеты для пациентов. Клиническое наблюдение проводилось через 30 дней, через 1 год, а затем ежегодно в течение 5 лет. В дополнение к стандартным клиническим оценкам, при каждом контрольном визите пациентам задавались подробные вопросы о частоте, характеристиках, тяжести и провоцирующих признаках всех возможных симптомов стенокардии в любое время с момента последнего визита с использованием индивидуального 6-го визита. Качество жизни оценивалось исходно, через 6 месяцев, а затем при каждом ежегодном визите с помощью опросника Сиэтлской стенокардии (SAQ), состоящего из 7 пунктов визуально-аналоговой шкалы EuroQOL-5D.

Сердечные события, классификация и тяжесть стенокардии оценивались по клиническим событиям. Первичной конечной точкой была недостаточность целевого сосуда (TLF), комбинация сердечной смерти, ИМ целевого сосуда или реваскуляризации целевого поражения, вызванной ишемией через 30 дней. Основными вторичными конечными точками были TLF и подтвержденная стенокардия через 1 год. Другие оцениваемые комбинированные показатели включали недостаточность целевых сосудов (TVF), серьезные неблагоприятные сердечные события (MACE) и комбинированную конечную точку, ориентированную на пациента (PoCE).

В период с 15 августа 2014 г. по 31 марта 2017 г. 2604 пациента в 147 центрах разделены на Absorb BVS (n = 1296) и Xience DES (n = 1308). Исходные клинические и ангиографические характеристики групп были сопоставимы. Только 78 (2,7 %) из 2893 обработанных поражений имели диаметр артерии <2,25 мм по данным коронарографии. Предилатация и постдилатация были выполнены в 1291 (99,9 %) из 1292 и 1088 (84,3 %) из 1290 поражений, в группе стентирования скаффолдов, соответственно. Максимальное соотношение диаметров каркаса и сосуда было выше для BVS, чем для DES, как и максимальное давление имплантации. ВСУЗИ или ОКТ использовался только в 201 (15,6 %) из 1291 BVS и в 167 (12,8 %) из 1306 процедур DES (p = 0,04).

Результаты исследования завершились через пять лет, было проанализировано 1174 (90,6 %) пациентов в группе скаффолдов BVS и 1190 (91,0 %) пациентов металлическими стентами DES. Использование антитромбоцитарных, антиангинальных и липидоснижающих средств было одинаковым в обеих группах во время наблюдения.

Через 5 лет выявленная стенокардия рецидивировала у 659 (53,0 %) пациентов, стентированных скаффолдом, и у 674 (53,3 %) пациентов, стентированным металлическим покрытым стентом (ОР: 0,97; 95 % ДИ: 0,88–1,08; p = 0,63) Частота стенокардии при каждом ежегодном последующем посещении была значительно меньше, но опять же не различалась между двумя группами, а также не было различий в общих итоговых или компонентных баллах опросника по Сиэтлской стенокардии SAQ.

Обсуждение

На сегодняшний день Absorb IV является крупнейшим рандомизированным исследованием, сравнивающим скаффолды Absorb BVS и металлические стенты Xience DES. Эти два стента покрыты лекарственным веществом эверолимус, выпускает компания Эбботт. В протокол Absorb IV включено 2604 пациента с диагнозами ИБС и ОКС, которым в большинстве случаев проводилась пре- и постдилатация, по сравнению с предыдущими исследованиями. Необходимо учитывать, что показатель тромбоза скаффолда через 30 дней и возврат стенокардии через 1 год не уступали стенту Xience DES. По завершению 5 лет получены основные долгосрочные результаты. 1) У пациентов с имплантацией скаффолда отмечались более высокие показатели тромбоза каркаса по сравнению с металлическим стентом (разница 3,0 %), связано это с увеличением частоты ишемии миокарда в стентированном сегменте, в основном это происходило в первые 3 года. 2) Комбинированная частота TVF, MACE и PoCE не была значимо выше в группе скаффолдов. 3) Общая частота тромбоза каркасов в группах

существенно не отличалась. 4) В данном исследовании симптомы стенокардии в течении 5 лет одинаково рецидивировали в группе BVS и DES и составили более 50 %. 5) Показатели качества жизни были одинаковыми в обеих группах по данным опросника SAQ и EuroQOL-5D.

В данном исследовании скаффолды были оценены на большой группе пациентов с диагнозом ОКС (более 50 %). Основываясь на предыдущих исследованиях, был проведен тщательный отбор сосудистых поражений пациентов и применялась тактика обязательной пре и постдилатации.

Период риска развития тромбоза Absorb BVS в исследовании ABSORB IV закончился через 3 года, за это время происходит биорезорбция каркаса. В течение 3-летнего периода тромбоз скаффолда выявлен в 3,2 % случаев, что на 0,8 % больше, чем в группе металлического стента DES.

Результаты наблюдения за скаффолдами в 3-летний период риска могут быть дополнительно улучшены при регулярном использовании внутрисосудистой визуализации, которая в Absorb IV составила всего 15,6 %. Применение внутрисосудистой визуализации (ВСУЗИ) может значительно улучшить результаты при использовании BVS. Используя ВСУЗИ, мы можем обеспечить лучшее раскрытие стента и прилегание каркаса к стенке сосуда, тем самым способствуя покрытию эндотелием резорбируемых балок. Всё это может предотвратить повреждение скаффолда в момент имплантации, что является основной причиной повышенного риска тромбоза [13, 14].

Использование двойной дезагрегантной терапии за 3 года составило 48,0 % в обеих группах. Хотя назначение ДАТТ в течение 3 лет у всех пациентов с BVS можно продолжать более 1 года, но тромбоз скаффолда с этим никак не связан.

На сегодняшний день скаффолд BVS снят с производства и около 7 лет не используется, но все равно вызывает огромный интерес исследователей. Результаты, вероятно, будут улучшены при использовании каркасов с лучшими характеристиками, чем у BVS первого поколения. На основе Absorb BVS стали разрабатываться и появляться другие примеры скаффолдов. Например, BVS Firesorb (MicroPort), выделяющий сиролimus, имеет толщину балки от 100 до 125 мкм. В рандомизированном исследовании FUTURE-II (Испытание Firesorb у пациентов с ишемической болезнью сердца) (n = 433) эти каркасы имели почти такие же ангиографические результаты, как и металлические стенты DES, где показатели TLF через 1 год составили 0,9 % и 1,9 % соответственно без тромбоза каркаса. Компания Abbott Vascular разработала скаффолд Esprit из поли (L-лактида) толщиной 99 мкм с улучшенными механическими свойствами покрытый

эверолимусом. В настоящее время проходит испытания на пациентах с заболеваниями периферических сосудов. Резорбируемый каркас на основе железа с толщиной < 70 мкм показал такую же эффективность и безопасность в течение 1 года, как и металлический DES в коронарных артериях животных (свиней).

Заключение

Данное большое рандомизированное исследование Absorb IV, в котором проводили отбор коронарных поражений, использовали улучшенную технику имплантации скаффолдов у пациентов с ИБС и ОКС привели к незначительному повышению тромбоза каркаса в течение 3-х лет в сравнении с металлическими покрытыми

стендами Xience, что составило 3 % и 1 % соответственно. Однако, частота тромбоза каркасов после 3 лет была почти одинаковой у скаффолдов и металлических стентов. Надо отметить, что более половины пациентов, входящих в исследование, через пять лет рецидивировали симптомы стенокардии одинаково в обеих группах.

Необходимы дальнейшие исследования, в которых будут изучаться заболевания, связанные с атеросклеротическим поражением коронарных артерий, у пациентов с ишемической болезнью сердца, для улучшения процедур ЧКВ, уменьшения тромбоза скаффолда.

Процесс разработки и применения резорбируемых стентов начался давно и уверенно шагает в будущее.

ЛИТЕРАТУРА

1. Загорюлько А.И., Колосов Р.В., Сидельников А.В., Коржева Ю.В., Колединский А.Г. Сочетанное эндоваскулярное лечение острого коронарного синдрома биорезорбируемыми скаффолдами и ангиопластика у пациента с критической ишемией нижней конечности — гибридное лечение в условиях многопрофильного стационара. Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии 2018;14(6):901–907. DOI:10.20996/1819-6446-2018-14-6-901-907.
2. Madhavan MV, Kirtane AJ, Redfors B, et al. Stent-related adverse events >1 year after percutaneous coronary intervention. J Am Coll Cardiol. 2020; 75:590–604.
3. Yamaji K, Kimura T, Morimoto T, et al. Very long-term (15 to 20 years) clinical and angiographic outcome after coronary bare metal stent implantation. Circ Cardiovasc Interv. 2010; 3:468–475.
4. Kereiakes DJ, Onuma Y, Serruys PW, Stone GW. Bioresorbable vascular scaffolds for coronary revascularization. Circulation. 2016; 134:168–182.
5. Bangalore S, Bezerra HG, Rizik DG, et al. The state of the Absorb bioresorbable scaffold: consensus from an expert panel. J Am Coll Cardiol Interv. 2017; 10:2349–2359.
6. Serruys PW, Chevalier B, Dudek D, et al. A bioresorbable everolimus-eluting scaffold versus a metallic everolimus-eluting stent for ischaemic heart disease caused by de-novo native coronary artery lesions (ABSORB II): an interim 1-year analysis of clinical and procedural secondary outcomes from a randomised controlled trial. Lancet. 2015; 385:43–54.
7. Ellis SG, Kereiakes DJ, Metzger DC, et al. Everolimus-eluting bioresorbable scaffolds for coronary artery disease. N Engl J Med. 2015; 373: 1905–1915.
8. Wykrzykowska JJ, Kraak RP, Hofma SH, et al. Bioresorbable scaffolds versus metallic stents in routine PCI. N Engl J Med. 2017; 376:2319–2328.
9. Stone GW, Gao R, Kimura T, et al. 1-year outcomes with the Absorb bioresorbable scaffold in patients with coronary artery disease: a patient-level, pooled meta-analysis. Lancet. 2016; 387: 1277–1289.
10. Stone GW, Kimura T, Gao R, et al. Time-Varying outcomes with the Absorb bioresorbable vascular scaffold during 5-year follow-up: a systematic meta-analysis and individual patient data pooled study. JAMA Cardiol. 2019; 4:1261–1269.
11. Stone GW, Abizaid A, Onuma Y, et al. Effect of technique on outcomes following bioresorbable vascular scaffold implantation: analysis from the ABSORB trials. J Am Coll Cardiol. 2017; 70:2863–2874.
12. Puricel S, Cuculi F, Weissner M, et al. Bioresorbable coronary scaffold thrombosis: multicenter comprehensive analysis of clinical presentation, mechanisms, and predictors. J Am Coll Cardiol. 2016; 67:921–931.
13. Sotomi Y, Suwannasom P, Serruys PW, Onuma Y. Possible mechanical causes of scaffold thrombosis: insights from case reports with intracoronary imaging. EuroIntervention. 2017; 12: 1747–1756.
14. Stone GW, Granada JF. Very Late thrombosis after bioresorbable scaffolds: cause for concern? J Am Coll Cardiol. 2015; 66:1915–1917.

© Загорюлько Алексей Иванович (alexrus80@yandex.ru); Черняев Михаил Викторович (mikhailcherniaev@mail.ru);

Колединский Антон Геннадьевич (koledant@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОПТИМИЗАЦИЯ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ ДЕТСКОМУ НАСЕЛЕНИЮ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

OPTIMIZATION OF DENTAL CARE FOR THE CHILDREN OF THE CHERCHEN REPUBLIC

D. Ivanov
A. Klimov
S. Fischev
O. Filatova
E. Kurchina
T. Isaev
L. Ditkovskaya
A. Mironova

Summary. The dental health of the children's population depends primarily on the prevention of dental diseases. In this article, we focus on the main tasks of prevention, which are: informing the population about the nature of dental diseases, teaching oral hygiene, motivation to foster healthy habits in the family, as well as the conviction of children's patients themselves and their parents in the expediency and importance of this program for health. Practical recommendations for doctors are set out in this article.

Keywords: oral hygiene, dentistry, preventive maintenance, hygiene skills, children, adolescents, oral hygiene products.

Иванов Дмитрий Олегович

Д.м.н., профессор «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ

Климов Андрей Геннадьевич

К.м.н., доцент «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»

Министерства здравоохранения РФ
pstom4@zdrav.spb.ru

Фищев Сергей Борисович

Д.м.н., профессор «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ
super.kant@yandex.ru

Филатова Ольга Олеговна

Ассистент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
Министерства здравоохранения РФ
md.filatovolga@gmail.com

Курчина Елена Валерьевна

Ассистент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
Министерства здравоохранения РФ
al.kurch@mail.ru

Исаев Тамерлан Илесович

Ассистент, «Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова» Министерства здравоохранения РФ
tamerlan-isaev@yandex.ru

Дитковская Лилия Викторовна

Доцент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
Министерства здравоохранения РФ
liliya-ditkovskaya@yandex.ru

Миронова Анна Валерьевна

Доцент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
Министерства здравоохранения РФ
vladnyra@mail.ru

Аннотация. Стоматологическое здоровье ребенка зависит от профилактики стоматологических заболеваний. Практические рекомендации изложены в данной статье. Главной задачей профилактики является информирование населения о природе стоматологических заболеваний, обучение гигиене полости рта, мотивация к воспитанию здоровых привычек в семье. Также важнейшим фактором выполнения программы профилактики является убежденность самих пациентов и их родителей в целесообразности и важности данной программы для здоровья.

Ключевые слова: гигиена полости рта, стоматология, профилактика, гигиенические навыки, дети, подростки, средства гигиены полости рта.

Введение

В настоящее время распространенность кариозных поражений у детей в Чеченской Республике остается достаточно высокой. По данным исследований Оми Р. Курбанова и соавт. (2022 г.) частота возникновения кариозного процесса молочных зубов у детей составляет 84,5 % от всей патологии рта, а поражение постоянных зубов 79,8 % [5]. Подобная патология при несвоевременном лечении или его отсутствии приводит к возникновению хронических заболеваний, таких как, тонзиллит, ревматизм, заболевания сердца, почек, суставов, кожных покровов и пр. [1, 2, 3, 5], что негативно сказывается на качестве жизни и трудоспособности населения.

Известно, что на уровень и характер кариозных поражений оказывают влияние следующие факторы риска: социально-экономические, жилищно-бытовые условия, образ жизни, культура, образование, поведение, условия воспитания в семье и прочее [1, 2, 4],

Важным фактором остается осведомленность населения, а в частности, родителей, которые являются важным звеном в обучении и закреплении навыка гигиены полости рта у своих детей [7]. В ситуации определенной культуры и уклада жизни населения информация о стоматологическом просвещении остается недоступной и одним из немногих источников ее получения являются врачи-педиатры и медицинский персонал женских консультаций, куда в первую очередь попадает беременная женщина или женщина с ребенком [6, 8]. Именно там, медицинский персонал, может дать всю необходимую и важную информацию об уходе за полостью рта будущего или уже имеющегося ребенка в ситуации дефицита или отсутствия стоматологических кадров.

Цель исследования

Оптимизировать методы по профилактике стоматологических заболеваний у детей в Чеченской Республике путём создания практических рекомендаций для работников женских консультаций и врачей-педиатров по обучению родителей гигиене полости рта.

Материалы и методы исследования

В период с 12 октября по 10 ноября 2021 года группа преподавателей стоматологического факультета ФГБОУ ВО СпбГПМУ Минздрава России совместно с группой врачей разного профиля участвовала в проведении диспансеризации детского населения Чеченской Республики на базе 14 медицинских организаций следующих городов и поселков городского типа: Аргун, Ачхой-Мартан, Ведено, Грозненский, Гудермес, Курчалой, Надтеречное, Наур, Ножай-Юрт, Серноводск, Урус-Мартан, Шали,

Шелковская, Шатой. В рамках диспансеризации были обследованы дети от 2 до 17 лет, т.к. это соответствует приказу МЗ РФ от 10 августа 2017 года № 514н «О порядке проведения профилактических медицинских осмотров несовершеннолетних».

Исследование проведено по материалам, полученным в процессе диспансерного обследования полости рта 770 лиц в возрасте от 2 до 17 лет, родившихся и постоянно проживающих в различных населенных пунктах Чеченской Республики. При сборе материала использовалась разработанная авторами карта для выявления интактных зубов, пораженных кариесом, запломбированных, имеющих показания к удалению, удаленных по поводу осложнений кариеса, а также оценивался уровень гигиены полости рта визуально без специальных методов окрашивания. На основе данных указанных в карте после обследования пациентов была составлена таблица с рекомендациями по уходу за полостью рта. Данная таблица содержит структурированную и четкую информацию для врачей женских консультаций и детских поликлиник по рекомендациям для родителей по обучению детей разных возрастных групп гигиене полости рта.

Результаты и их обсуждение

Во время осмотра врач-стоматолог проводил оценку состояния зубов при помощи показателей распространенности (в процентах) и интенсивности кариеса в виде индекса КПУ. Во всех возрастных группах определяли и структуру КПУ — составляющие элементы показателя интенсивности кариеса зубов, т.е. среднее число кариозных, пломбированных, удаленных и подлежащих удалению зубов на 1 обследованного. Кроме того, вычисляли среднее арифметическое этих показателей. По результатам обследования выявлены следующие показатели распространенности кариеса зубов у детей 3 возрастных групп (рисунок 1).

На диаграмме отражены цифры по эпидемиологической обстановке во всех районах Чеченской Республики. Несомненно, это напрямую зависит от следующих факторов: места проживания детей, количества фтора в питьевой воде, характера питания, возраста матери, количества детей в семье, социального благополучия, количества детских стоматологов, наличия и оснащенности стоматологического кабинета в местных медицинских учреждениях, доступа к стоматологической помощи.

Так, например, в Наурском районе был самый низкий уровень кариозных поражений зубов у детей (49 %), в связи с наличием детского стоматолога в «Наурской ЦРБ», достаточной оснащенностью стоматологического кабинета, необходимой для оказания широкого спектра манипуляций, осведомленностью родителей о правилах

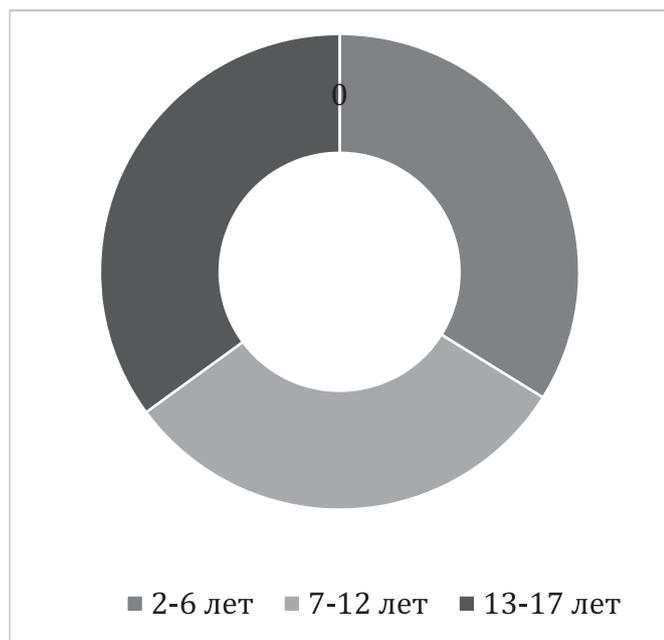


Рис. 1. Диаграмма отражающая эпидемиологическую обстановку в районах Чеченской Республики

гигиены полости рта для детей любого возраста, среднего уровня достатка семей, оптимального уровня фтора в питьевой воде.

В Серноводском районе, Грозненском и Гудермеском районе процентное содержание этих заболеваний приближается уже к 50 %.

При этом в большинстве районов уровень кариозных поражений зубов превышает 50 %. Среди таких Веденский район (65 %), Надтеречный район (67 %), Шалинский район (72 %).

Тем не менее, самый низкий (95 %) показатель стоматологического благополучия оказался в селе Шатой в результате дефицита медицинских кадров стоматологического профиля, низкого содержания фтора в питьевой воде и недостаточной осведомленностью родителей и важности гигиены полости рта.

Также очень высокую распространённость кариеса можно отметить в таких районах как Ачхой-Мартановский (90 %), Курчалоевский (88 %), Шелковский район (87 %), Урус-Мартановском (85 %), Ножай-Юртовском (82 %), а также Аргунский городской округ (84 %).

На основании вышеизложенной информации и с учетом всех данных были составлены следующие рекомендации по уходу за полостью рта для детей пяти возраст-

ных групп (от 0 до 1 года, от 1 до 3 лет, от 3 до 6 лет, от 7 до 15 лет и от 16 до 18 лет) (Таблица 1).

Заключение

Вышеописанная программа гигиены полости рта рассчитана на привитие детям навыков самостоятельной чистки зубов в домашних условиях через родителей и родственников, которые были проинструктированы медицинскими работниками. Информация, представленная в таблице, изложена простым языком, понятным не только для врачей не имеющим стоматологического образования, но и для пациентов, поэтому может быть распространена в виде буклетов, выдаваемых на приеме или доступных на стойках при входе в поликлинику или регистратуре.

Таким образом, для улучшения стоматологической обстановки у детей разных возрастных групп в первую очередь необходимо сделать упор на просветительскую деятельность через врачей не стоматологического профиля, так как именно к ним беременные женщины или женщины с детьми обращаются в первую очередь.

Важно донести информацию до родителей и обучить их уходу за ротовой полостью своих детей, начиная с появления первого временного зуба. Далее, родителям необходимо сохранить и поддержать полученный навык гигиены полости рта у ребенка с помощью формирования четкого навыка самостоятельной регулярной чистки зубов с малых лет. Такой подход должен обеспечить стойкие навыки по проведению гигиенических мероприятий. Для этого необходимо не просто выработать гигиенические навыки, но и закрепить их на практике, в повседневной жизни [7].

Со стороны руководства Чеченской Республики возможно рассмотрение и внедрение следующих пунктов:

1. Местное применение фторсодержащих средств, в районах с низким содержанием фтора в питьевой воде.
2. Обеспечение районов с дефицитом кадров по стоматологии детской необходимым количеством конкурентоспособных специалистов.
3. Обеспечение местных лечебных учреждений стоматологическими кабинетами с полной оснащённостью для ведения полноценного врачебного приема.
4. Организация санитарной просветительской работы на популяционном, групповом и индивидуальном уровнях при помощи привлечения молодых кадров из других городов.

Таблица 1.

Возраст	Рекомендуемые средства гигиены	Методы гигиенического ухода за полостью рта
1	2	3
От 0 до 1 года	<ul style="list-style-type: none"> — Дентальные салфетки; — Резиновая щеточка — напальчник; 	<p>До прорезывания зубов</p> <p>После каждого кормления младенца</p> <p>Дентальной салфеткой удаляют остатки пищи с десен и неба.</p> <p>С момента прорезывания первого зуба</p> <p>Его очищают с помощью щетки напальчника 2 раза в день, без применения зубной пасты. Зубной налет удаляют с каждой поверхности зуба круговыми движениями в направлении от десны к режущему краю.</p>
1–3 года	<ul style="list-style-type: none"> — «Щетка для родителей» с короткой рабочей частью, длинной ручкой и очень мягкой щетиной или очень мягкая зубная щетка; — Детская гигиеническая зубная паста. 	<p>Родители чистят зубы ребенку 2 раза в день (утром после завтрака и вечером перед сном, время чистки зубов — 3 минуты). Чистку зубов необходимо проводить от десны к режущему краю или жевательной поверхности зуба (выметающими движениями). Возможно применение небольшого количества гигиенической пасты в дозе «с ноготок мизинца ребенка» или «с горошину».</p> <p>Заинтересовав ребенка личным примером, родители предлагают ему почистить зубы самостоятельно детской щеткой. Родители помогают ребенку освоить чистку зубов, взяв руку ребенка в свою. Обучение должно проводиться посредством игры, продолжающейся не более 3—5 мин.</p>
3–6 лет	<ul style="list-style-type: none"> — Детская зубная щётка с очень мягкой щетиной. Могут быть использованы как мануальные, так и электрические щетки; — Детские противокариозные зубные пасты: кальций содержащие и фторидсодержащие (до 500 ppm F); — Реминерализующие гели. 	<p>Чистка зубов ребенком 2 раза в день (утром после завтрака и вечером перед сном, время чистки зубов — 3 минуты) под контролем родителей.</p> <p>Используется небольшое количества зубной пасты в дозе «с ноготок мизинца ребенка» или «с горошину». Для детей дошкольного возраста наиболее удобен круговой метод чистки зубов (Fones):</p> <ul style="list-style-type: none"> — вестибулярные поверхности сомкнутых зубов очищают круговыми движениями, включая краевую часть десны; — открывают рот и очищают маленькими круговыми движениями оральные поверхности зубов — возвратно-поступательными или круговыми движениями удаляют налет с жевательных поверхностей зубов. <p>Реминерализующий гель можно наносить после чистки зубов непосредственно на зубы или в специальных капках.</p>
7–15 лет	<ul style="list-style-type: none"> — Детская зубная щётка с мягкой щетиной; — Детские противокариозные зубные пасты кальцийсодержащие и фторидсодержащие (до 1000 ppm F) <p>Дополнительные средства гигиены полости рта, применяются по рекомендации врача стоматолога и под контролем родителей с 7–9 лет:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Зубная нить; — Детские ополаскиватели; — Жевательная резинка без сахара с ксилитом; — Скребок для языка; — Зубные ёршики; 	<p>Чистка зубов ребенком 2 раза в день (утром после завтрака и вечером перед сном, время чистки зубов — 3 минуты) под контролем родителей; после чистки зубов возможно использование ополаскивателя (полоскать рот в течение 1 минуты, не глотать). Для очищения зубов (премоляров и моляров), находящихся в стадии прорезывания, используют следующий метод:</p> <ul style="list-style-type: none"> — щеку отводят указательным пальцем левой руки — рабочую часть зубной щетки располагают на жевательной поверхности зуба в стадии прорезывания, перпендикулярно зубному ряду — удаление зубного налета осуществляют возвратно-поступательными движениями. <p>Начиная с 7 лет необходимо вводить в индивидуальную гигиену использование зубной нити. Использование зубной нити проводится под контролем родителей.</p> <p>Зубную нить рекомендуется использовать перед чисткой зубов зубной пастой, а если вы применяете ополаскиватель, то — после зубной пасты, перед процедурой ополаскивания.</p> <p>После чистки зубов необходимо использовать скребок для языка для удаления налета с поверхности языка.</p>
16–18 лет	<ul style="list-style-type: none"> — Зубная щётка средней жёсткости; — Лечебно-профилактические зубные пасты с противокариозными или противовоспалительными компонентами; — Ополаскиватели (фторидсодержащие или с экстрактами лекарственных растений); — Зубные нити; — Жевательная резинка без сахара с ксилитом; — Скребок для языка; — Зубные ёршики; — Ирригатор; 	<p>Процедура по уходу за полостью рта должна быть регулярной и осуществляться 2 раза в день (утром после завтрака и вечером перед сном).</p> <p>Время чистки зубов — 3 минуты.</p> <p>После чистки зубов — применение ополаскивателя (полоскать рот в течение 1 минуты, не глотать).</p> <p>Очищение контактных поверхностей зубов флоссами 2 раза в день, после чистки зубов.</p> <p>После чистки зубов необходимо использовать скребок для языка для удаления налета с поверхности языка.</p> <p>Ирригация полости рта осуществляется с помощью ирригатора путем подачи постоянной или пульсирующей струи воды под давлением. Оказывает очищающее, массирующее действие и лечебный эффект. Время процедуры на десну одной челюсти составляет 2–3 минуты.</p>

ЛИТЕРАТУРА

1. Идалов Б.А. Стоматология. Стоматология: учебник. Грозный., 2013.
2. Идалов Б.Ф., Нуруллина Л.Р., Исаев Т.И. Основы профилактики кариеса зубов детского населения в условиях сельской местности. Актуальные вопросы стоматологии. Грозный., 2014.
3. Идалов Б.Ф., Исаев Т.И., Нуруллина Л.Р. К вопросу о стоматологической помощи детскому населению в условиях модернизации здравоохранения крупного города. Актуальные вопросы стоматологии. Грозный, 2013.
4. Климов А.Г., Филатова О.О., Селезнев Б.В. Использование смеси трикальцийфосфата и полимолочной кислоты в качестве материалов для трехмерной печати аллопластических блоков // Педиатр. — 2017. — №3. — С. 47–50.
5. Курбанов О.Р. Зависимость стоматологической заболеваемости населения Чеченской Республики от содержания фтора в питьевой воде. Юг России // Экология, развитие. — 2018. — №1. — С. 206–211.
6. Ревазова З.Э., Дмитриева Н.Г. Новые аспекты индивидуальной гигиены полости рта. Автореф. дис. канд. мед. наук. СПб.; 2019.
7. Сухарев М.Ф., Фищев С.Б., Рожкова М.Г. Ортопедическая стоматология. Протезирование несъемными конструкциями зубных протезов. Стоматология: учебник. СПб., 2021. — 645 с.
8. Улитовский С.Б. Ситуационная гигиена полости рта. Учебное пособие. СПб., 2013. — 596 с.

© Иванов Дмитрий Олегович; Климов Андрей Геннадьевич (pstom4@zdrav.spb.ru); Фищев Сергей Борисович (super.kant@yandex.ru); Филатова Ольга Олеговна (md.filatovolga@gmail.com); Курчина Елена Валерьевна (al.kurch@mail.ru); Исаев Тамерлан Илесович (tamerlan-isaev@yandex.ru); Дитковская Лилия Викторовна (liliya-ditkovskaya@yandex.ru); Миронова Анна Валерьевна (vladnyra@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВНЕМАТОЧНАЯ БЕРЕМЕННОСТЬ ПОСЛЕ ЭКО: КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

ECTOPIC PREGNANCY AFTER IVF: CLINICAL CASE

**M. Konovalova
S. Gaidukov
T. Prokhorovich
I. Matevosyan
V. Vasiliev**

Summary. The article presents a clinical case of ectopic pregnancy in a patient after IVF and having two fertilized eggs — one tubal localized, the other uterine. It is noted that the scope of intervention for progressive tubal pregnancy remains a subject of debate. In most cases, preference is given to organ-preserving operations (squeezing out the fertilized egg — tubotomy, incision of the fallopian tube at the location of the fertilized egg, resection of a segment of the fallopian tube). Among ectopic localizations, the fallopian tubes are in first place in terms of occurrence. In the presented clinical case, tubectomy was used before the use of assisted reproductive technologies, which made it possible to avoid tubal pregnancy.

Keywords: ectopic pregnancy, IVF, intrauterine pregnancy, infertility, reproductive technologies.

Коновалова Марина Владиславовна

кандидат медицинских наук, доцент, ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет Минздрава РФ
marinavladyslavovna@mail.ru

Гайдуков Сергей Николаевич

доктор медицинских наук, профессор, ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет Минздрава РФ
gaiducovsn@yandex.ru

Прохорович Татьяна Ивановна

кандидат медицинских наук, доцент, ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет Минздрава РФ
tatyana.prohorovich@yandex.ru

Матевосян Ирина Эдиковна

кандидат медицинских наук, доцент, ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский Государственный педиатрический медицинский университет Минздрава РФ
imatevosyn@mail.ru

Васильев Владимир Владимирович

кандидат медицинских наук, ассистент, ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский Государственный Педиатрический медицинский университет Минздрава РФ
doctor-vasiliev@yandex.ru

Аннотация. В статье представлен клинический случай внематочной беременности у пациентки, после ЭКО и имеющей два плодных яйца — одно трубной локализации, другое — маточной. Отмечено, что объем вмешательства при прогрессирующей трубной беременности остается предметом дискуссии. В большинстве случаев отдается предпочтение органосохраняющим операциям (выдавливание плодного яйца — туботомия, разрез маточной трубы в месте расположения плодного яйца, резекция сегмента маточной трубы). Среди эктопических локализаций на первом месте по встречаемости находятся маточные трубы. В представленном клиническом случае до применения вспомогательных репродуктивных технологий применена тубэктомия, что позволило избежать трубной беременности.

Ключевые слова: внематочная беременность, ЭКО, маточная беременность, бесплодие, репродуктивные технологии.

С 1978 г. после рождения ребенка путем ЭКО (экстракорпоральное оплодотворение) Луизы Браун в Великобритании, вспомогательные методы репродукции интенсивно развиваются практически во всех странах мира [1]. В РФ продолжает расти доступность вспомогательных репродуктивных технологий в связи с политикой, направленной на улучшение демографических показателей. Так существуют программы, направленные на бесплатное применение вспомогательных

репродуктивных технологий [2]. Использование программ ЭКО может сопровождаться рядом осложнений, к которым относятся синдром гиперстимуляции яичников, различные формы акушерской патологии. Одним из грозных осложнений является внематочная беременность, возникновение которой связана с особенностями с репродуктивных технологий, кроме того, факторы бесплодия еще увеличивают вероятность эктопической беременности [3].

При ЭКО одним из осложнений является внематочная беременность, которая варьирует от 0,8 до 2,4 случаев на 1000 родоразрешившихся женщин, а в группе пациенток, перенесших процедуру ЭКО, еще чаще [4]. Частота возникновения внематочной беременности после ЭКО составляет 1–2 %

Чаще всего возникновение внематочной беременности после ЭКО связано с патологией, которая явилась причиной бесплодия. Эти причин могут быть различны [5]. Трубная беременность — самый частый вариант внематочной беременности, встречающийся в подавляющем большинстве случаев ЭКО. Чаще всего с целью достижения успеха проводят неоднократную пересадку эмбрионов, при этом время между пересадками бывает минимальное. При этом, когда удалось достичь успешной пересадки и нормально протекающей маточной беременности, чаще всего, признаки эктопической беременности незаметны. При этом, в ряде случаев, вместе с маточной беременностью прогрессирует и эктопическая [8].

Такая ситуация (сочетание маточной локализации одного плодного яйца и внематочной локализации другого) называется гетеротопической беременностью встречается при ЭКО и [9].

Диагноз внематочной беременности в ряде случаев представляет значительные трудности. Особенно это относится к гетеротопической беременности. Недооценка имеющихся симптомов может привести к глубокой диагностической ошибке вплоть до гибели пациентки. В связи с ростом частоты ЭКО, сложностью в этих случаях выявления гетеротопической беременности, требуется проведение анализа данных случаев и их последующую систематизацию.

Цель исследования — представить клинический случай внематочной беременности у пациентки, после ЭКО и имеющей два плодных яйца — одно трубной локализации, другое — маточной.

Пациентка 40 лет обратилась в приемное отделение с жалобами на периодические боли внизу живота без четкой локализации. Состояние расценено как средней тяжести, гемодинамически стабильно. Из анамнеза известно, что пациентка перенесла процедуру ЭКО двукратно. На первом цикле ЭКО был перенос двух эмбрионов, беременность завершилась на стадии биохимической беременности. Следует отметить, что биохимическая беременность не влияет на функционирование репродуктивной системы и не снижает способность к зачатию или вынашиванию плода. В следующем цикле пациентки был выполнен перенос еще одного эмбриона в стадии бластоцисты с положительным результатом.

Обращает на себя внимание отягощенный гинекологический анамнез — бесплодие трубной этиологии. Этот диагноз поставлен 5 лет назад. При этом, тубэктомия перед экстракорпоральным оплодотворением не проводилась. Пациентка направлена на трансвагинальную сонографию, по данным которой установлено сочетание маточной и прогрессирующей трубной беременности. Визуализируется 2 плодных яйца — одно в полости матки, второе — в области придатков. Поэтому пункция брюшной полости не проводилась. Уровень β -ХГЧ в данном случае не обладал высокой информативностью в силу установленного факта протекания маточной беременности. Подтвержденный диагноз гетеротопической беременности явился показанием для неотложной операции.

Под эндотрахеальным наркозом создан карбокси-перитонеум 2500,0 мл CO_2 , в брюшную полость введен 1 троакар №10 для лапароскопа и 2 троакара №5 и №10 для инструментов. Обнаружено: около 150 мл темной жидкой крови. Поверхность печени ровная, гладкая. Большой сальник типичного жирового строения. Аппендикс не визуализируется. Осмотренные органы брюшной полости без видимой патологии. Матка размерами 6,5x7,5x7,0 см шаровидной формы, покрыта неизменной брюшиной, цианотична. Левый яичник размерами 3,5x2,5 см с желтым телом. Правый яичник размерами 3,1x2,0 см, рельеф яичников сохранен. Маточная труба справа визуалью не изменена, слева — синюшно-багрового цвета, расширена до 15 мм в истмическом отделе с разрывом, из которого истекает кровь. Выполнено: коагулирован мезосальпик слева и левый маточный угол, левая маточная труба удалена. Контроль гемостаза. Санация брюшной полости. Удаление инструментов, десуффляция. Капроновые швы на кожу. Кровопотеря 160,0 мл. Препарат: левая маточная труба с плодместилищем — направлена на гистологическое исследование. Класс хирургической раны — II.

В данном клиническом разборе описан случай гетеротопической беременности. Данная ситуация наступила по двум причинам. Первая — сохранение маточных труб у пациентки с трубным бесплодием в анамнезе. Вторая — невозможность выявления прогрессирующей трубной беременности на фоне маточной [9].

Вспомогательные репродуктивные технологии включают процедуры, продолжительность которых может быть растянута на неопределенно долгий срок, при этом большие экономические затраты и желание добиться беременности подталкивает как пациентку, так и специалистов к действиям, направленным на увеличение шанса на успех при переносе эмбриона [10]. Это выражается в большом количестве попыток переноса эмбрионов. При этом, после наступления беременности многие специалисты не учитывают возможность развития многоплодной [5].

Экстракорпоральное оплодотворение — процедура, успешное проведение которой сильно зависит от технологий сохранения жизнеспособности эмбриона [3]. Одним из перспективных направлений является криоконсервация в связи с возможностью отсрочить наступление беременности [14], достижения в области криопротекторов и технологий улучшили показатели выживаемости эмбрионов [6] а также избежать большого числа попыток переноса. В свою очередь, перенос нескольких эмбрионов усложнял контроль за течением беременности, так как при положительном результате и развитии нормально протекающей беременности был высокий риск одновременно протекающей эктопической беременности, диагностика которой сильно затруднялась [7].

Улучшение качества хранения эмбрионов — один из путей снижения частоты встречаемости внематочной беременности. Витрификация — современный метод моментальной заморозки эмбрионов, характеризующийся высоким процентом сохранения жизнеспособности. 99 % эмбрионов после оттаивания являются пригодными для переноса, что значительно увеличивает шансы на успешное течение беременности [8]. Увеличение жизнеспособности эмбрионов является фактором, позволяющим изменить тактику ВРТ и добиваться наступления беременности с первой попытки [9]. Органическая патология репродуктивных органов является основным предиктором гетеротопической беременности у пациенток, перенесших процедуру ЭКО [10]. Так, к факторам риска относится внематочная беременность в анамнезе, хирургические вмешательства на полости матки [2].

Принято выделять две основные формы трубного бесплодия, а именно нарушение функции маточных труб и органическое поражение маточных труб, чаще имеющая воспалительный генез. Помимо бесплодия, является фактором риска трубной беременности [3]. Данную патологию следует диагностировать перед любым методом ВРТ, при этом может потребоваться удаление маточных труб в связи с риском развития внематочной беременности. Описаны также случаи двусторонней тубэктомии перед ВРТ [6].

При прогрессирующей трубной беременности в сочетании с нормально протекающей маточной беременностью показана активная хирургическая тактика. При операции по поводу прогрессирующей трубной беременности предпочтение отдается лапароскопическим вмешательствам, в связи с безопасностью и меньшими хирургическими осложнениями, чем при лапаротомии [6]. Применение лапаротомии ограничено в связи с более высоким риском повторного развития трубной беременности [2].

Объем вмешательства при прогрессирующей трубной беременности остается предметом дискуссии. Ряд авторов отдают предпочтение органосохраняющим операциям, таким как выдавливание плодного яйца — туботомия, разрез маточной трубы в месте расположения плодного яйца, резекцию сегмента маточной трубы. В представленном нами клиническом случае до применения вспомогательных репродуктивных технологий следует считать целесообразным тубэктомия, что позволило бы избежать трубной беременности.

Вспомогательные репродуктивные технологии необходимо применить после тщательного обследования пациентки на предмет заболеваний, увеличивающих риск внематочной беременности. Среди эктопических локализаций на первом месте по встречаемости находятся маточные трубы.

Предшествующая тубэктомия у пациентки с трубным бесплодием значительно снижает риски эктопической беременности

В ряде случаев после ВРТ диагностика внематочной беременности на фоне маточной беременности затруднена. Поэтому после наступления беременности пациентка должна оставаться под наблюдением. Ультразвуковой мониторинг позволяет достаточно рано диагностировать внематочную беременность до начала ее прерывания.

Учет вышеописанных факторов риска гетеротопии может сыграть решающую роль в сохранении жизни пациентки и сохранении нормально протекающей маточной беременности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адамова А.Б., Денберген Д.Н. Внематочная беременность: причины возникновения, диагностика и лечение // SCIENCE AND TECHNOLOGY RESEARCH 2022. Сборник статей II Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 2022. С. 133–142.
2. Гарифуллина Г.И., Галиева Е.Р., Кашуба В.А., Фазлинуров Р.К. Изучение дальнейшей беременности после сохранения маточных труб при внематочной беременности / Научные достижения и открытия современной молодежи; сборник статей VI Международной научно-практической конференции. 2019. С. 302–304.
3. Киёк М.А. Эктопическая беременность как осложнение после вспомогательных репродуктивных технологий. Клинический случай // Consilium Medicum. 2021. №7. С. 548–551.
4. Селихова М.С., Яхонтова М.А., Смольянинов А.А. Опыт применения органосохраняющих технологий в лечении пациенток с внематочной беременностью // Лечащий Врач. 2022. № 12 (25). С. 36–40.

5. Хузиханов Ф.В., Ганиева Г.Р. Современные аспекты распространенности внематочной беременности среди женщин репродуктивного возраста (обзор литературы) // Акушерство и гинекология. 2019. №12(180). С.64–90.
 6. Bataille P., Reynard A., Ducarme G. // J. Gynecol. Obstet. Hum Reprod. 2017. Vol.46. No. 8. P.657–659.
 7. Cai Y.Y., Xiao E.H., Shang Q.L., Xiao L.Z. // Exp. Ther. Med. 2017. Vol.14. No. 1. P.373–376.
 8. Guan Y., Ma C.J. Minim. Invasive Gynecol. 2017. Vol.24. No. 7. P.1111–1115.
 9. Lu D., Tang J.J., Zakashansky K., Berkowitz R.S., Kalir T., Liu Y. // Int. J. Gynecol. Pathol. 2017. Vol.36. No. 5. P.428–432.
 10. Wu B.Q., Zhu F., Jiang Y., Sun D.L. // J. Obstet. Gynaecol. Res. 2017. Vol.43. No. 11. P.1778–1780.
-

© Коновалова Марина Владиславовна (marinavladyslavovna@mail.ru); Гайдуков Сергей Николаевич (gaiducovsn@yandex.ru);
Прохорович Татьяна Ивановна (tatyana.prohorovich@yandex.ru); Матевосян Ирина Эдиковна (imatevosyn@mail.ru);
Васильев Владимир Владимирович (doctor-vasiliev@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ДИАГНОСТИКИ ОСТРОГО ПАНКРЕАТИТА (ОБЗОР)

PROBLEMS OF MODERN DIAGNOSIS OF ACUTE PANCREATITIS (REVIEW)

V. Maltsev
A. Yashnov
O. Konovalova
Ch. Yumtsunova
O. Chereshneva
M. Vdovina

Summary. Acute pancreatitis ranks third among all acute surgical pathology, behind acute appendicitis and cholecystitis. The frequency of occurrence in women is 46.4 % and 53.6 % in men. Moreover, the incidence of acute pancreatitis does not tend to decrease, on the contrary, the number of patients is steadily increasing. So, if in Russia in the 80s this pathology accounted for 12.5 % in the structure of acute surgical pathology, then over the past two decades the incidence of acute pancreatitis has increased by 2 times. This article provides an overview of available laboratory and instrumental studies used in acute pancreatitis. The advantages and disadvantages of diagnostic studies are disclosed, as well as their sensitivity and specificity in this pathology are indicated. Considering that so far there are no specific markers that allow predicting the severity of acute pancreatitis and the level of laboratory and instrumental studies differs in each medical organization, there is a problem of finding new low-cost and highly effective methods of diagnosing acute pancreatitis, which will allow timely diagnosis and determine the tactics of patient management.

Keywords: acute pancreatitis, diagnosis, surgery, prognosis, research methods.

Мальцев Владислав Олегович
ФГБОУ ВО «Читинская государственная
медицинская академия»

Яшинов Алексей Александрович
д. м. н. доцент, ФГБОУ ВО «Читинская государственная
медицинская академия»
alexuyashnov@mail.ru

Коновалова Ольга Геннадьевна
к. м. н. доцент, ФГБОУ ВО «Читинская государственная
медицинская академия»

Юмцунова Чимитцерен
врач-лаборант, КДЛ ГУЗ «Городская клиническая
больница №1», г. Чита

Черешнева Ольга Ивановна
Врач, КДЛ ГУЗ «Городская клиническая
больница №1», г. Чита

Вдовина Марина Георгиевна
Врач, КДЛ ГУЗ «Городская клиническая
больница №1», г. Чита
alexuyashnov@mail.ru

Аннотация. Острый панкреатит занимает третье место среди всей острой хирургической патологии, уступая острому аппендициту и холециститу. Частота встречаемости у женщин — 46,4 % и 53,6 % у мужчин. Причем заболеваемость острым панкреатитом не имеет тенденции к снижению, напротив, число больных неуклонно растет. Так, если по России в 80-х гг. в структуре острой хирургической патологии данная патология составляла 12,5 %, то за последние два десятилетия встречаемость острым панкреатитом увеличилась в 2 раза. В данной статье представлен обзор доступных лабораторных и инструментальных исследований применяемых при остром панкреатите. Раскрыты преимущества и недостатки диагностических исследований, а также указана их чувствительность и специфичность при данной патологии. Учитывая, что до настоящего времени нет специфических маркеров, позволяющих прогнозировать тяжесть течения острого панкреатита и уровень лабораторных и инструментальных исследований отличается в каждой медицинской организации, существует проблема поиска новых малозатратных и высокоэффективных методов диагностики острого панкреатита, что позволит своевременно установить диагноз и определиться с тактикой ведения больного.

Ключевые слова: острый панкреатит, диагностика, хирургия, прогнозирование, методы исследования.

Острый панкреатит занимает третье место среди всей острой хирургической патологии, уступая острому аппендициту и холециститу. Частота встречаемости у женщин — 46,4 % и 53,6 % у мужчин. Мужчины в возрасте до 40 лет страдают панкреатитом в 2 раза чаще, чем женщины, в основном в связи со злоупотреблением алкоголем [1,12].

Заболеваемость острым панкреатитом не имеет тенденции к снижению, напротив, число больных неуклонно растет. Так, если по России в 80-х гг. в структуре острой хирургической патологии данная патология составляла 12,5 %, то за последние два десятилетия встречаемость острым панкреатитом увеличилась в 2 раза. На территории Российской Федерации показатель заболеваемости острым панкреатитом составил: за 2020

год 119,2, 2021 год — 118,9 и 2022 год — 136,3 на 100 тысяч населения. При этом лидируют Южный ФО, Приволжский ФО и Центральный ФО с показателями 148,3, 146,9 и 141,8 на 100 тысяч населения соответственно [2]. В индустриальных странах Европы, Северной Америки и Азии заболеваемость острым панкреатитом за последние два десятилетия также увеличилась в 2 раза и составляет в среднем 10–30 человек на 100 000 населения в год [1].

Общеизвестно, что проявления острого панкреатита в 80 % начинаются с: выраженного болевого синдрома в эпигастриальной области с иррадиацией в спину опоясывающего характера, иногда боль может быть диффузной без четкой локализации; многократной рвоты не приносящей облегчения. Помимо этого, заболевание сопровождается вздутием живота, и напряжением мышц передней брюшной стенки, лихорадкой, одышкой, нарушением сознания, тахикардией, гипотонией, тахипноэем, низкой сатурацией кислорода, симптомами кишечной непроходимости и олигурией [3, 4, 5].

В тяжёлых случаях острого панкреатита может развиться делирий, обусловленный эндогенной панкреатогенной токсемией. Дифференциально-диагностические трудности у подобных пациентов усугубляются их неадекватным поведением, дезориентацией, извращением клинических проявлений заболевания и неадекватной оценкой своего состояния. В ряде случаев пациента невозможно адекватно осмотреть из-за буйного агрессивного поведения. Типичной ошибкой является помещение подобных больных в психосоматическое отделение, где они остаются под наблюдением психиатра, пока неукротимая рвота, вздутый живот или развернутая клиническая картина перитонита не заставят прибегнуть к консультации хирурга. Как правило, к этому моменту время уже упущено и прогноз заболевания чаще всего неблагоприятный [7, 11, 12].

Среди физикальных данных на первое место выходит осмотр, пальпация и аускультация живота. При осмотре отмечает на себя внимание наличие цианоза лица и конечностей (цианотичные пятна на лице — симптом Мондора, на боковых стенках живота — симптом Грея–Турнера, околопупочной области — симптом Грюнвальда). При пальпации определяются боль в эпигастриальной области, при деструкции поджелудочной железы в сочетании с напряжением мышц передней брюшной стенки и симптомом Щеткина–Блюмберга. В ряде случаев могут наблюдаться симптомы: Воскресенского (отсутствие пульсации брюшного отдела аорты из-за увеличения в размерах поджелудочной железы и отека забрюшинной клетчатки), Мейо–Робсона (выраженная болезненность при пальпации поясничной области, особенно левого реберно-позвоночного угла), Керте (поперечная болезненная резистентность передней брюшной стен-

ки в проекции поджелудочной железы) [4, 5, 13]. Вместе с тем все физикальные методы являются субъективными и не позволяют определить степень тяжести заболевания и тем более прогноз исхода, а чувствительность метода составляет 45–55 %.

Одним из главных лабораторных методов, который обладает достаточно высокой информативностью в установлении интенсивности воспаления в тканях поджелудочной железы, является общий анализ крови. Установлено, что на подтверждение воспалительного процесса в рпсгеас могут указывать следующие изменения показателей в периферической крови: резкое повышение лейкоцитов (показатель возрастает в несколько раз, достигая значений 20×10^9 л и выше); отмечается увеличение СОЭ; из-за изменения обмена веществ и нарушения водно-солевого баланса повышается уровень гематокрита [5, 13, 22, 23].

Значимым прогностическим маркером острого панкреатита является повышение концентрации панкреатических ферментов в сыворотке крови и в моче. Увеличение активности α -амилазы в крови более чем в 3 раз по сравнению с нормой является одним из критериев постановки диагноза (чувствительность 60–77,7 %). Уровень α -амилазы и липазы в сыворотке крови может увеличиваться в первый день острого панкреатита и вернуться к нормальному значению через 3–7 дней. Липаза более специфична для панкреатита — чувствительность по данным Wallach J.M.D. достигает 86 %. Вместе с тем, уровень данных ферментов может изменяться при других заболеваниях органов брюшной полости и забрюшинного пространства, почечной недостаточности и ряде других состояниях. К таким причинам повышения α -амилазы в сыворотке крови относят: заболевания слюнных желез, макроамилаземии, эндокринные опухоли поджелудочной железы, кишечная непроходимость и др. В последние годы, с целью повышения информативности метода, активное внимание обращают на необходимость исследовать специфичные фракции α -амилазы. Наиболее значимое для диагностики острого панкреатита считается изолированное повышение концентрации р-амилазы [1, 5, 13, 23]. Уровни α -амилазы и липазы могут оставаться нормальными при рецидивирующем остром панкреатите, если значительная часть экзокринной паренхимы поджелудочной железы замещена фиброзной тканью. Исследование уровня липазы у больного с острым панкреатитом не получило широкого распространения в отечественной практике ввиду высокой экономической затратности метода [1].

В 1988 году открыт панкреатит-ассоциированный белок (ПАБ), активно вырабатывающийся поджелудочной железой при остром панкреатите. При этом, у пациентов с нормальным уровнем ПАБ заболевание протекает в легкой форме без осложнений в сравнении с больны-

ми у которых уровень ПАБ был повышен. Пик концентрации ПАБ установлен у пациентов с панкреонекрозом [16]. Вместе с тем, ряд авторов (E. Kemppainen, R. Pezzilli) в дальнейших исследованиях показали, что сывороточный уровень ПАБ не является надежным показателем тяжести острого панкреатита.

Известны исследования, посвященные изучению трипсиноген активирующего пептида (ТАР), который высвобождается в процессе активации профермента трипсиногена в панкреатический трипсин. При остром панкреатите из-за внутрипротоковой и внутритканевой активации панкреатических ферментов происходит попадание ПАТ в кровь, благодаря чему некоторые авторы считают его наилучшим и самым ранним индикатором острой формы панкреатита. В исследованиях как отечественных, так и зарубежных авторов установлено, что уровень ПАТ коррелирует с тяжестью заболевания [17]. Чувствительность определения ПАТ с целью разграничения степеней тяжести острого панкреатита по данным Gudgeon A.M. и Tenner S. составляет 58 %.

Определенная роль в диагностике острого панкреатита отводится фосфолипазе А2 (ФЛА2), которая представлена двумя формами: тип 1 — вырабатываемый поджелудочной железой, и тип 2 — медиатор ответа острой фазы. Действие ФЛА2 приводит к клеточному некрозу, преобразуя лецитин клеточных мембран в более токсичные лизолецитиновые комплексы. Этот процесс может оказывать влияние на развитие легочной недостаточности при остром панкреатите, за счет разрушения легочного сурфактанта с выделением оксида азота альвеолярными макрофагами. Некоторые исследования свидетельствуют о связи между уровнями ФЛА2 и тяжестью заболевания, которая уже определяется на первый день заболевания. M. Buchler и его коллеги выявили чувствительность (75 %) и специфичность (78 %) данного маркера в прогнозировании тяжести течения острого панкреатита. Эти результаты были подтверждены недавними исследованиями A. Makela и соавторов, которые выделили роль ФЛА2 как перспективного маркера [18, 19, 23].

С-реактивный белок (СРБ) — это белок, который был открыт в 1930 году и относится к белкам острой фазы. В середине 1980-х годов несколько исследований показали, что печень начинает производить больше этого белка при любом воспалительном процессе и поэтому его использование было предложено, как индикатор тяжести панкреатита. В своем исследовании M. Buchler и P. Malfertheiner указали, что уровень белка более 120 мг/л может указывать на наличие панкреонекроза с вероятностью 67 %. Однако уровень белка в крови начинает увеличиваться только спустя 48 часов после начала заболевания, что делает его неэффективным для экспресс-диагностики [20, 22, 23].

Глюкоза и мочевины являются важными критериями в шкале Ranson. В 1993 году S-T. Fan и его коллеги изучили практическое применение определения уровня мочевины и глюкозы в крови (также известных как гонконгские критерии) в первый день госпитализации пациента, как прогностического фактора для оценки исхода острого панкреатита. Их исследование показало, что чувствительность маркера мочевины/глюкоза была значительно выше, чем при использовании системы APACHE II, однако специфичность оказалась ниже (чувствительность и специфичность — 79 и 67 % по сравнению с 45 и 80 % по данным APACHE II) [5, 21, 23].

Описывая наиболее значимые лабораторные маркеры острого панкреатита, можно сделать вывод о том, что до настоящего времени нет точного критерия, который позволил бы определить степень тяжести течения острого панкреатита. Известные и применяемые в обычной практике методы не позволяют спрогнозировать течение заболевания, что не позволяет предвидеть тяжелые осложнения и предпринять своевременные меры по их устранению.

Среди инструментальных методов в диагностике острого панкреатита наибольшее значение отводится ультразвуковому исследованию (УЗИ) поджелудочной железы. К основным признакам острого панкреатита следует относить: увеличение размеров поджелудочной железы; неоднородность ее эхоструктуры; признаки билиарной гипертензии и наличие выпота в полости малого сальника (чувствительность метода колеблется от 63,2 % до 84,7 % по данным Тимербулатова М.В., Какаллиной Л.Н.). Несмотря на эти признаки, зачастую даже при совокупности клинических данных и результатов УЗИ, не всегда представляется возможным определить форму острого панкреатита. Это связано прежде всего с тем, что некоторые признаки могут быть неоднозначными или маскироваться другими симптомами. Возникающий парез кишечника в ответ на воспаление и нарастающий метеоризм затрудняют видимость поджелудочной железы в виду пневматизации кишечника [4, 8, 12, 24, 27].

При выраженных признаках эндотоксикоза, полиорганных расстройствах и отсутствии почечной недостаточности целесообразна компьютерная томография (КТ) с рентгенконтрастным усилением, которая наиболее достоверно определяет очаги некроза, их локализацию и распространение. По данным КТ оценивают наличие: некроза в забрюшинной клетчатке и жидкости в плевральной и брюшной полостях. Зогот С.Р. с соавторами в своей работе указывают, что чувствительность КТ в диагностике тяжелых форм острого панкреатита на поздних сроках (спустя 7–14 дней от начала заболевания) достигает 94 %. Вместе с тем данный метод не позволяет выявить незначительные изменения в тканях, что делает его не эффективным в выявлении микроскопических

и функциональных изменений в поджелудочной железе, возникающих в раннюю фазу острого панкреатита [4, 8, 12, 25].

Магниторезонансную томографию (МРТ) следует выполнять, когда у пациента имеются противопоказания к проведению КТ, например, в случае непереносимости контрастных препаратов или почечной недостаточности. Картина морфологических изменений острого панкреатита на КТ и МРТ схожа. МРТ с диагностической целью целесообразна у пациентов с билиарным панкреатитом, у которых отмечается повышение уровня ферментов печени, а общий желчный проток либо не визуализируется. Чувствительность МРТ органов брюшной полости при остром панкреатите по данным Hanan M. Abuzeid, Aya Yassin достигает 81,25 %. [4,6,8,26].

У больных с острым панкреатитом при эндоскопическом исследовании желудка визуализировалась отечная и гиперемированная слизистая оболочка желудка в сочетании с мелкими петехиальными кровоизлияниями в пилорическом отделе. Со стороны двенадцатиперстной кишки (ДПК) отмечалась похожая картина в виде выраженного отека, деформации рельефа слизистой и поверхностных эрозий, при этом из-за сужения просвета ДПК не удавалось идентифицировать БСДК (большой сосочек двенадцатиперстной кишки). У больных с отечной интерстициальной формой панкреатита складки слизистой оболочки ДПК были рыхлые, увеличенные в размерах, плохо расправлялись при исуфляции воздухом, отмечалась деформация просвета ДПК за счет сдавления извне со стороны увеличенной головки поджелудочной железы. В исследовании Д.А. Благовестнова и ряда других ученых, показано, что чувствительность ЭГДС при остром панкреатите достигает 51,4 % [9, 13, 14, 28].

Диагностическая лапароскопия относится к инвазивным методам диагностики и может быть полезна в спорных случаях, когда «классические» методы исследования не способны дать окончательный диагноз. Однако, использование лапароскопии при остром панкреатите оспаривается из-за нескольких факторов: поджелудочная железа может быть затруднительна для визуализации из-за ее расположения за другими органами и париетальной брюшиной; в случае воспаления поджелудочной железы даже малые вмешательства могут привести к инфицированию и усугублению состояния, с развитием гнойного панкреонекроза, за частую заканчивающегося летальным исходом. Использование диагностической лапароскопии в случаях острого панкреатита действительно может вызывать споры из-за потенциальных рисков и ограничений этого метода. Чувствительность диагностической лапароскопии при остром панкреатите достигает 82 % [6, 10, 13, 27].

Согласно клиническим рекомендациям 2020 (20.04.2021) утвержденным Минздравом РФ выбор лечебной тактике должен напрямую зависеть от степени тяжести и формы заболевания согласно действующей классификации. Для решения вопроса о степени тяжести заболевания необходимо проанализировать множество диагностических критериев, что потребует затраты определённого времени и средств. Учитывая, что до настоящего времени нет специфических маркеров, позволяющих прогнозировать тяжесть течения острого панкреатита и уровень лабораторных и инструментальных исследований отличается в каждой медицинской организации, существует проблема поиска новых мало затратных и высокоэффективных методов диагностики острого панкреатита, что позволит своевременно установить диагноз и определиться с тактикой ведения больного [10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Грекова Н.М., Бордуновский В.Н., Наймушина Ю.В., Бухвалов А.Г. Острый панкреатит / Учебное пособие. — 2019. — 96 с.
2. Ревшвили А.Ш., Оловянный В.Е., Сажин В.П., Марков П.В., Гогия Б.Ш., Горин Д.С., Ушаков А.А., Оруджева С.А., Кузнецов А.В., Шелина Н.В., Овечкин А.И. Хирургическая помощь в Российской Федерации / Отчет главного хирурга Ревшвили А.Ш. — 2023.
3. Sztatmary P., Grammatikopoulos T., Cai W., Huang W., Mukherjee R., Halloran Ch., Beyer G., Sutton R. Acute Pancreatitis: Diagnosis and Treatment / Drugs. — 2022. — Т.82. — №12. — р.1251–1276.
4. Затевахин И.И., Ревшвили А.Ш., Кубышкин В.А., Багненко С.Ф. Острый панкреатит / Национальные клинические рекомендации. — 2020. — 55с.
5. Галкин В.Н., Кузеев Р.Е., Жевелюк А.Г., Саркисян К.А., Журавлев П.А., Пиманова И.С. Клиника, диагностика и лечение острого панкреатита / Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология — 2008 — №7 — с.57–62.
6. Усанов Жавлон Ризокул Угли, Эргашев Ақобир Фахриддинович, Абдуллаев Сирож Алишерович, Шамсиддинов Ёқуб Тулкин Угли, Авазов Абдурахим Абдурахманович. Возможности диагностики и лечения острого тяжелого панкреатита / Вестник науки и образования — 2021. — №3-2 (106). — с. 103–106.
7. Худоярова Н.К. Диагностика острого панкреатита современными методами и современный подход к их профилактике / Экономика и социум — 2022 — №10-2 (101) — с.618–623.
8. Эктов В.Н., Ходорковский М.А., Федоров А.В. Лучевые методы визуализации в диагностике и оценке тяжести острого панкреатита / Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология — 2021. — №11 (195). — с.42–51.
9. Зверева А.А., Котовский А.Е., Глебов К.Г. Эндоскопические изменения верхних отделов желудочно-кишечного тракта у больных с острым панкреатитом и панкреонекрозом / Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология — 2017. — №4 (140). — с. 22–26.

10. Колоцей В.Н., Климович И.И., Страпко В.П. Лапароскопия в диагностике и лечении острого деструктивного панкреатита / Интраабдоминальная инфекция. Вопросы диагностики и лечения. Сборник материалов республиканской научно-практической видеоконференции с международным участием под редакцией Г.Г. Кондратенко. — 2020. — с.66–68.
11. Лутфуллин Р.Р., Рыбина Д.М., Малыхин С.В., Ярема В.И., Барденштейн Л.М. Клинический пример трудностей комплексной терапии больных с алкогольными делириями на фоне острого панкреатита / О некоторых вопросах и проблемах современной медицины. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. — 2015. — Т.2. — с.107–110.
12. Скутова В.А., Данилов А.И., Феоктистова Ж.А. Острый панкреатит: Актуальные вопросы диагностики и комплексного лечения / Вестник смоленской государственной медицинской академии. — 2016. — Т.15. — №2. — с.78–84.
13. Подолужный В.И. Острый панкреатит: современные представления об этиологии, патогенезе, диагностике и лечении / Фундаментальная и клиническая медицина. — 2017. — Т.2. — №4. — с.62–71.
14. Китаев В.М., Бардаков В.Г., Бროнов О.Ю., Пихута Д.А., Абович Ю.А., Ханалиев В.Ю. Компьютерная томография в диагностике острого панкреатита / Вестник национального медико-хирургического центра им. Н.И.Пирогова. — 2016. — Т.11. — №1. — с. 94–100.
15. Pezzilli R., Billi P., Miglioli M., Gullo L. Serum amylase and lipase concentrations and lipase/amylase ratio in assessment of etiology and severity of acute pancreatitis / Dig Dis Sci. — 1993. — №38. — с.1265–1269.
16. Kempainen E., Sand J., Puolakkainen P., Laine S., Sainio V., Haapiainen R., Nordback I. Pancreatitis associated protein as an early marker of acute pancreatitis/ Gut. — 1996. — №39. — с.675–678.
17. Neoptolemos J.P., Kempainen E.A., Mayer J.M., Fitzpatrick J.M., Raraty M.G., Slavin J., Beger H-G., Hietaranta A.J., Puolakkainen P.A. Early prediction of severity in acute pancreatitis by urinary trypsinogen activation peptide: a multicentre study / Lancet. — 2000. — №355. — с.1955–1960.
18. Buchler M., Malfertheiner P., Schadlich H., Nevalainen T.J., Friess H., Beger H.G. Role of phospholipase A2 in human acute pancreatitis / Gastroenterology. — 1989. — №97. — с.1521–1526.
19. Makela A., Kuusi T. Serum phospholipase A2, amylase, lipase and urinary amylase activities in relation to the severity of acute pancreatitis / Eur J Surg. — 1997. — №163. — с. 915–922.
20. Buchler M., Malfertheiner P., Schoetensack C., Uhl W., Beger H.G. Sensitivity of antiproteases, complement factors and C-reactive protein in detecting pancreatic necrosis: results of a prospective clinical study / Int J Pancreatol. — 1986. — №1. — с.227–235.
21. Fan S-T., Lai E.C.S., Mok F.P.T., Lo C-M., Zheng S-S., Wong J.J. Prediction of the severity of acute pancreatitis / Am J Surg. — 1993. — №166. — с.262–269.
22. Никитина Е.В., Илюкевич Г.В. Клинико-лабораторная оценка синдрома системного воспалительного ответа у пациентов с острым тяжелым панкреатитом / Вестник витебского государственного медицинского университета. — 2023. — Т.22. — №3. — с.55–62.
23. Плотникова Е.Ю. Лабораторная диагностика заболеваний поджелудочной железы / Клинический разбор в общей медицине. — 2022. — №6. — с.24–29.
24. Тиммербулатов М.В., Какауллина Л.Н., Тиммербулатов В.М., Тиммербулатов Ш.В., Тиммерханов Ш.А. Возможности использования классификации Balthazar в ультразвуковой диагностике острого панкреатита для оценки тяжести заболевания/ Медицинский вестник Башкортостана. — 2021. — Т.16. — № 1 (91). — с. 28–33.
25. Зогот С.Р., Акберов Р.Ф., Шарафисламов И.Ф. Компьютерная томография и магнитно-резонансная томография в диагностике острого панкреатита тяжелой формы течения/ Врач-аспирант. — 2013. — Т.57. — №2.1. — с. 160–165.
26. Abuzeid, H.M., Yassin, A., Kamel, O.F. et al. Role of diffusion-weighted MR imaging in diagnosis of acute pancreatitis/ Egypt J Radiol Nucl Med. — 2020. — №51. — с.202.
27. Пикин И.В. Эндовидеохирургические вмешательства в диагностике и лечении острого панкреатита / автореферат на соискание ученой степени кандидата медицинских наук: специальность 14.00.27 «Хирургия». Санкт-Петербург. — 2007. — 25 с.
28. Благовестнов Д.А. Комплексная диагностика и лечение острого панкреатита / автореферат на соискание ученой степени доктора кандидата медицинских наук: специальность 14.00.27 «Хирургия». Москва. — 2006. — 46 с.

© Мальцев Владислав Олегович; Яшнов Алексей Александрович (alexuyashnov@mail.ru); Коновалова Ольга Геннадьевна; Юмцунова Чимитцерен; Черешнева Ольга Ивановна; Вдовина Марина Георгиевна (alexuyashnov@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ФАРМАКОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОЛЕПТИЧЕСКОЙ ГИПЕРПРОЛАКТИНЕМИИ У ПАЦИЕНТОВ С ШИЗОФРЕНИЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОФИЛЯ АНТИПСИХОТИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

PHARMACOGENETIC STUDY OF NEUROLEPTIC HYPERPROLACTINEMIA IN PATIENTS WITH SCHIZOPHRENIA DEPENDING ON THE PROFILE OF ANTIPSYCHOTIC THERAPY

**D. Paderina
S. Ivanova**

Summary. Hyperprolactinemia is a common side effect associated with the use of antipsychotic drugs in the treatment of schizophrenia. Currently, most neuroleptics used in clinical practice are able to increase the level of prolactin in the blood, but the most prolactogenic are first-generation antipsychotics, and some second-generation antipsychotics. Associations of single nucleotide markers of the *DRD2*, *HTR3A* and *PRL* genes with the development of hyperprolactinemia in patients with schizophrenia were studied depending on the profile of the therapy received. It was shown that polymorphic variants of the studied genes contribute to the formation of a pathological phenotype.

Keywords: pharmacogenetics, dopamine, serotonin, *PRL*, schizophrenia, antipsychotics, hyperprolactinemia.

Падерина Диана Закировна

Научный сотрудник лаборатории
молекулярной генетики и биохимии НИИ
психического здоровья Томского НИМЦ
osmanovadiana@mail.ru

Иванова Светлана Александровна

Доктор медицинских наук, профессор,
руководитель лаборатории молекулярной генетики
и биохимии, зам. директора по научной работе НИИ
психического здоровья Томского НИМЦ
ivanovaniipz@gmail.com

Аннотация. Гиперпролактинемия является распространенным побочным эффектом, связанным с приемом антипсихотических препаратов при терапии шизофрении. В настоящее время, большинство используемых в клинической практике нейролептиков способны повышать уровень пролактина в крови, однако наиболее пролактогенными являются антипсихотики первой генерации, и некоторые антипсихотики второй генерации. Проведено изучение ассоциаций однонуклеотидных маркеров генов *DRD2*, *HTR3A* и *PRL* с развитием гиперпролактинемии у пациентов с шизофренией в зависимости от профиля получаемой терапии. Показано, что полиморфные варианты исследуемых генов вносят вклад в формирование патологического фенотипа.

Ключевые слова: фармакогенетика, дофамин, серотонин, *PRL*, шизофрения, антипсихотики, гиперпролактинемия.

Введение

Шизофрения является тяжелым, мультифакторным и инвалидизирующим психическим расстройством, которое характеризуется гетерогенными сочетаниями позитивных, негативных симптомов и когнитивного дефицита [1, 2, 3]. Антипсихотические препараты являются основным методом лечения шизофрении, однако терапия нейролептиками зачастую сопряжена с риском развития побочных эффектов, которые могут привести к несоблюдению режима лечения, клинической декомпенсации и дополнительной стигматизации пациента [4, 5].

Блокада дофаминовых D2-рецепторов в тубероинфундибулярном дофаминергическом пути, при нейролептической терапии, может вызвать повышение уровня пролактина, и в частности, гиперпролактинемия [6].

Гиперпролактинемия — распространенный побочный эффект антипсихотиков, который встречается у 40–80 % пациентов и имеет как краткосрочные, так и долгосрочные последствия, которые могут серьезно повлиять на качество жизни: нарушения менструального цикла, галакторея, половая дисфункция, гинекомастия, бесплодие, снижение минеральной плотности костей и рак молочной и предстательной желез [7, 8, 9].

К клиническим факторам риска развития гиперпролактинемии относят, как правило, пол, возраст пациента, длительности терапии, фармакологические свойства и доза антипсихотика [7, 10, 11], хотя некоторые атипичные нейролептики, такие как рисперидон, палиперидон и амисульприд, могут оказывать сильное влияние на уровень пролактина в сыворотке крови при относительно низких дозах [12].

¹ Исследование проведено в рамках выполнения комплексной темы НИР «Биопсихосоциальные механизмы патогенеза и клинического полиморфизма, адаптационный потенциал и предикторы эффективности терапии у больных с психическими и поведенческими расстройствами в регионе Сибири», регистрационный номер 122020200054-8

Различные эффекты нейролептиков, в том числе влияние на секрецию пролактина, обусловлены антагонистическими/частичными агонистическими эффектами на D2-рецептор, скоростью диссоциации от D2-рецептора, степенью серотонинергического ингибирования, способностью преодолевать гематоэнцефалический барьер, а также наличием генетических полиморфизмов рецепторов-мишеней [13].

Генетические факторы могут играть определяющую роль в межличидивидуальных различиях терапевтического действия и побочных эффектов нейролептиков [14, 15, 16]. Учёт фармакогенетических особенностей пациента, выявление генетических маркеров, предрасполагающих к развитию тех или иных осложнений терапии, позволит осуществлять выбор класса препаратов и назначаемые дозировки для конкретного пациента, что будет способствовать повышению эффективности и безопасности антипсихотической терапии шизофрении [17, 18].

Таким образом, целью исследования явилось изучение ассоциаций полиморфных вариантов генов рецептора дофамина *DRD2*, серотонина *HTR3A* и гена пролактина *PRL* с развитием гиперпролактинемии у пациентов с шизофренией в зависимости от профиля получаемой терапии.

Материал и методы

В исследуемую выборку вошло 446 пациента с шизофренией (МКБ-10: F20), которые проходили стационарное лечение в психиатрических клиниках г. Томска и г. Кемерово. Средний возраст пациентов составил $41,5 \pm 13,4$ года (возрастной диапазон — от 18 до 75 лет). Основными критериями включения для пациентов являлись получение информированного согласия пациента или уполномоченного лица на обследование, клинически верифицированный диагноз согласно МКБ-10, принадлежность к славянскому этносу, отсутствие органических, неврологических расстройств, а также других соматических заболеваний, сопровождающихся повышенным уровнем пролактина.

Для оценки побочного эффекта нейролептической терапии и постановки диагноза гиперпролактинемии было проведено определение концентрации пролактина в сыворотке крови пациентов методом твёрдофазного иммуноферментного анализа с использованием набора реагентов PRL Test System (Monobind Inc., США).

У обследованных лиц для генетических исследований забирали кровь из локтевой вены в период с 8:00 до 9:00, натощак, в вакуумные пробирки BD Vacutainer с ЭДТА. Полученную кровь использовали для выделения ДНК фенол-хлороформным методом. Генотипирование 7 полиморфных вариантов гена дофамина

рецептора *DRD2* (rs4245147, rs6279, rs6277, rs2283265, rs1076560, rs1076562, rs2734842), 3 полиморфных вариантов гена серотонинового рецептора *HTR3A* (rs1176713, rs1062613, rs33940208) и однонуклеотидного полиморфизма rs1341239 гена пролактина *PRL* проводилось на приборах SEQUENOM MassARRAY® Analyzer 4 (Agena Bioscience, США), QuantStudio™ 5 Real-Time PCR System и StepOnePlus™ Real-Time PCR System (Applied Biosystems, США).

Статистическая обработка полученных данных проводилась при помощи пакета программ IBM SPSS Statistics версия 23.0. Для анализа отклонения частот генотипов от равновесия Харди–Вайнберга и сравнения частот генотипов и аллелей в исследуемых группах использовали критерий χ^2 . В случае, если в одной из ячеек таблицы сопряженности было менее 5 наблюдений, использовали точный критерий Фишера. Оценка риска развития нейролептической гиперпролактинемии осуществлялась с помощью показателя отношения шансов (OR) с 95 % доверительным интервалом (95 % CI). Различия считались статистически значимыми при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты и обсуждения

Диагностическим критерием гиперпролактинемии служит определение уровня пролактина в сыворотке крови. В большинстве лабораторий, и согласно современному литературному данным, установлены верхние границы нормы концентрации пролактина в крови: до 20 нг/мл для мужчин и до 25 нг/мл для небеременных, не кормящих женщин. Согласно данному критерию, в исследуемой выборке была диагностирована гиперпролактинемия у 227 пациентов (98 мужчин и 129 женщин), группу пациентов с нормальным уровнем пролактина составили 219 человек. Клинико-демографическая характеристика и различия исследуемых групп пациентов с гиперпролактинемией и без данного осложнения представлены в ранее опубликованной статье [19].

Известно, что наибольший риск возникновения нейролептической гиперпролактинемии представляет терапия антипсихотиками первого поколения, за счет блокады дофаминовых D2-рецепторов, однако нейролептики второго поколения, которые блокируют как дофаминовые, так и серотониновые рецепторы, также часто увеличивают секрецию пролактина.

В исследуемой выборке пациентов терапию типичными нейролептиками принимал 191 пациент, у 51,3 % пациентов (98 человек) была выявлена гиперпролактинемия. На фоне терапии атипичными нейролептиками (n=176) гиперпролактинемия диагностирована у 96 человек (54,5 %), из них 59 пациентов с установленной рисперидон-индуцированной гиперпролактинемией.

Распространенность гиперпролактинемии при комбинации типичных и атипичных препаратов в терапии 79 пациентов составила 41,8 %.

В связи с тем, что на вероятность развития нейролептической гиперпролактинемии влияют фармакологические свойства антипсихотика, был проведен анализ исследуемых генетических маркеров с гиперпролактинемией в зависимости от применяемой антипсихотической терапии.

При сравнении групп пациентов с гиперпролактинемией и без данного осложнения, принимающих терапию типичными нейролептиками связь с побочным эффектом показана для маркеров гена дофаминового рецептора *DRD2* (rs6277, rs2283265, rs1076560) и гена *PRL* (rs1341239).

Носительство аллелей полиморфных вариантов rs6277*Т (OR 1,58; 95 % CI: 1,05 — 2,37; $\chi^2 = 4,87$; $p = 0,028$), rs2283265*G (OR 1,73; 95 % CI: 1,04 — 2,87; $\chi^2 = 4,50$; $p = 0,034$) и rs1076560*С (OR 2,00; 95 % CI: 1,18 — 3,40; $\chi^2 = 6,67$; $p = 0,010$) повышает риск развития гиперпролактинемии на фоне терапии антипсихотиками первого поколения. Ассоциация с нейролептической гиперпролактинемией выявлена для генотипов ($\chi^2 = 7,02$; $p = 0,030$) и аллелей ($\chi^2 = 4,87$; $p = 0,028$) функционального поли-

морфного варианта rs1341239 гена *PRL*. Аллель G (OR 1,59; 95 % CI: 1,05 — 2,40) и генотип GG (OR 2,29; 95 % CI: 1,18–4,47) являются рисковыми в отношении развития изучаемого побочного эффекта терапии.

В механизме развития гиперпролактинемии, индуцированной приемом антипсихотиков второго поколения, показана роль однонуклеотидного полиморфизма rs1176713 гена *HTR3A* ($\chi^2 = 4,24$; $p = 0,040$). В группе пациентов с изучаемым нейроэндокринным побочным эффектом выше частота аллеля Т (OR 1,73; 95 % CI: 1,02–2,93) и генотипа ТТ (OR 1,99; 95 % CI: 1,02–3,87). Ассоциаций исследуемых маркеров с развитием гиперпролактинемии при комбинированной фармакотерапии выявлено не было.

Выводы

В настоящем фармакогенетическом исследовании впервые выявлены маркеры, участвующие в развитии гиперпролактинемии на фоне терапии типичными *DRD2* (rs6277, rs2283265, rs1076560), *PRL* (rs1341239) и атипичными *HTR3A* (rs1176713) антипсихотиками. Для улучшения клинического эффекта и безопасности фармакотерапии шизофрении, необходимо дальнейшее изучение генетических факторов, определяющих фармакокинетику и фармакодинамику лекарственных препаратов.

ЛИТЕРАТУРА

- Owen M.J., Sawa A., Mortensen P.B. Schizophrenia // *Lancet*. — 2016. — Vol. 388. — № 10039. — P. 86–97.
- Stępnicki P., Kondej M., Kaczor A.A. Current Concepts and Treatments of Schizophrenia // *Molecules*. — 2018. — Vol. 23(8). — P. 2087.
- Федоренко О.Ю., Иванова С.А., Корнетова Е.Г. Роль полиморфизма генов дофаминовой и глутаматной систем в клинической гетерогенности шизофрении и развитии антипсихотик-индуцированных побочных эффектов // *Сибирский вестник психиатрии и наркологии*. — 2023. — № 1(118). — С. 5–13.
- Lu Z., Sun Y., Zhang Y., Chen Y., Guo L., Liao Y., Kang Z., Feng X., Yue W. Pharmacological treatment strategies for antipsychotic-induced hyperprolactinemia: a systematic review and network meta-analysis // *Transl. Psychiatry*. — 2022. — Vol.12(1). — P. 67.
- Мосолов С.Н. Психозы дофаминовой гиперчувствительности на современном этапе антипсихотической фармакотерапии шизофрении: что нужно знать практикующему врачу // *Современная терапия психических расстройств*. — 2018. — № 4. — С. 41–49.
- Kapur S., Zipursky R., Jones C., Remington G., Houle S. Relationship between dopamine D(2) occupancy, clinical response, and side effects: a double-blind PET study of first-episode schizophrenia // *Am. J. Psychiatry*. — 2000. — Vol. 157. — P. 514–520.
- Корнетова Е.Г., Иванова С.А., Тигунцев В.В., Бойко А.С., Лобачева О.А., Корнетов А.Н., Семке А.В. Антипсихотик-индуцированная гиперпролактинемия у больных шизофренией: социальные, клинические, иммунологические и терапевтические особенности. — Томск: Изд-во ООО «Интегральный Переплет». — 2019. — С.108.
- Bostwick J.R., Guthrie S.K., Ellingrod V.L. Antipsychotic-induced hyperprolactinemia // *Pharmacotherapy*. — 2009. — Vol.29(1). — P. 64–73.
- González-Rodríguez A., Labad J., Seeman M.V. Antipsychotic-induced Hyperprolactinemia in aging populations: Prevalence, implications, prevention and management // *Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry*. — 2020. — Vol.101. — P. 109941.
- Peuskens J., Pani L., Detraux J., De Hert M. The effects of novel and newly approved antipsychotics on serum prolactin levels: a comprehensive review // *CNS Drugs*. — 2014. — Vol. 28. — № 5. — P. 421–453.
- Ivanova S.A., Osmanova D.Z., Freidin M.B., Fedorenko O.Yu., Boiko A.S., Pozhidaev I.V., Semke A.V., Bokhan N.A., Agarkov A.A., Wilffert B., Loonen A.J.M. Identification of 5-hydroxytryptamine receptor gene polymorphisms modulating hyperprolactinaemia in antipsychotic drug-treated patients with schizophrenia // *World Journal of Biological Psychiatry*. — 2017. — Vol. 18. — № 3. — P. 239–246.
- Корнетова Е.Г., Дмитриева Е.Г., Тигунцев В.В., Гончарова А.А., Полежаев П.К., Иванова С.А., Семке А.В. Гиперпролактинемия у больных шизофренией, получающих галоперидол и рисперидон: клинико-социальный аспект // *Сибирский вестник психиатрии и наркологии*. — 2019. — Т. 2. — № 103. — С. 90–97.
- Gupta S., Lakshmanan D., Khastgir U., Nair R. Management of antipsychotic-induced hyperprolactinaemia // *BJPsych. Advances*. — 2017. — Vol. 23(4). — P. 278–286.
- Arranz M.J., Salazar J., Hernández M.H. Pharmacogenetics of antipsychotics: Clinical utility and implementation // *Behav Brain Res*. — 2021. — Vol. 401. — P. 113058.

15. Fedorenko O.Y., Loonen A.J., Vyalova N.M., Boiko A.S., Pozhidaev I.V., Osmanova D.Z., Bokhan N.A., Ivanov M.V., Freidin M.B., Ivanova S.A. Hyperprolactinemia and CYP2D6, DRD2, HTR2C genes polymorphism in patients with schizophrenia // *PhysiolPharmacol.* — 2017. — Vol. 21. — № 1. — P. 25–33.
16. Гареева А.Э. Особенности действия нейролептиков. Фармакогенетические исследования // *Физиология человека.* — 2018. — Т. 44. — № 6. — С. 115–129.
17. Иванова С.А., Османова Д.З., Бойко А.С., Пожидаев И.В., Федоренко О.Ю., Вялова Н.М., Полтавская Е.Г., Тигунцев В.В., Фрейдin М.Б., Корнетова Е.Г., Семке А.В. Антипсихотик-индуцированная гиперпролактинемия: фармакогенетические аспекты // *Сибирский вестник психиатрии и наркологии.* — 2018. — № 2. — С. 21–27.
18. Кибитов А.О., Иващенко Д.В., Сычев Д.А. Фармакогенетический подход к повышению эффективности и безопасности антипсихотической фармакотерапии шизофрении // *Современная терапия психических расстройств.* — 2017. — № 1. — С. 2–13.
19. Падерина Д.З., Тигунцев В.В., Стегний В.Н. Аллельные варианты генов DRD2 и COMT и антипсихотик-индуцированная гиперпролактинемия у больных шизофренией // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия Естественные и Технические Науки.* — 2020. — №1. — С. 201–204.

© Падерина Диана Закировна (osmanovadiana@mail.ru); Иванова Светлана Александровна (ivanovaniipz@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МАРКЕРЫ РЕЦИДИВИРОВАНИЯ НАРУЖНОГО ГЕНИТАЛЬНОГО ЭНДОМЕТРИОЗА

RECURRENCE MARKERS OF EXTERNAL GENITAL ENDOMETRIOSIS

**L. Trubnikova
I. Antoneeva
M. Iglina
M. Albutova
A. Klykova
T. Larina**

Summary. The aim of this paper is to summarize the current knowledge about markers of recurrence of external genital endometriosis. Endometriosis is a common gynecological disease characterized by overgrowth of endometriosis-like tissue outside the uterus. Endometriosis is able to recur after both surgical treatment and drug therapy in about half of cases. Recurrence of external genital endometriosis represents a major challenge in clinical management because it is associated with pain and cramping, infertility, and overall decreased quality of life. The discovery of markers of recurrence contributes to an earlier diagnosis of recurrence and the possibility of timely treatment of patients with this disease.

Keywords: external genital endometriosis, biomarkers, recurrence, miRNA, CA125, HE4, VEGF, cytokines.

Трубникова Лариса Игнатьевна

Доктор медицинских наук, профессор,
ФГБОУ ВО Ульяновский государственный университет
trubnicova-li@yandex.ru

Антонеева Инна Ивановна

Доктор медицинских наук, профессор,
ФГБОУ ВО Ульяновский государственный университет
aai72@mail.ru

Иглина Марина Александровна

Кандидат медицинских наук, доцент,
ФГБОУ ВО Ульяновский государственный университет
marinaiglina@mail.ru

Албутова Марина Леонидовна

Кандидат медицинских наук, доцент,
ФГБОУ ВО Ульяновский государственный университет
albutova.m@yandex.ru

Клыкova Алина Вячеславовна

Аспирант, ФГБОУ ВО Ульяновский государственный
университет
alina_2711@mail.ru

Ларина Татьяна Николаевна

Аспирант, ФГБОУ ВО Ульяновский
государственный университет
larinatatyana2010@mail.ru

Аннотация. Целью данной работы является обобщение современных знаний о маркерах рецидива наружного генитального эндометриоза. Эндометриоз — распространенное гинекологическое заболевание, характеризующееся разрастанием эндометриоподобной ткани за пределами матки. Эндометриоз способен рецидивировать как после проведения хирургического лечения, так и после медикаментозной терапии примерно в половине случаев. Рецидив наружного генитального эндометриоза представляет собой серьезную проблему в клиническом лечении, поскольку он связан с болью и спазмами, бесплодием и общим снижением качества жизни. Открытие маркеров рецидивирования способствует более раннему диагнозу рецидивов и возможности своевременного лечения пациенток с этим заболеванием.

Ключевые слова: наружный генитальный эндометриоз, биомаркеры, рецидивирование, миРНК, CA125, HE4, VEGF, цитокины.

Эндометриоз — широко распространенное хроническое эстрогензависимое доброкачественное женское заболевание. Оно связано с несбалансированным иммунным ответом, местными воспалительными процессами и повышенным образованием аутоантител. Эндометриоз представляет собой состояние, которое возникает, когда активные железы и строма эндометрия обнаруживаются вне матки, вызывая постоянное воспаление в этих тканях. Распространенность эндометриоза варьирует от 5 % до 10 % среди жен-

щин, от 20 % до 25 % среди женщин, обращающихся к гинекологам, и может достигать 45 %–50 % среди женщин с бесплодием. Фактическая частота этой проблемы неизвестна, поскольку рост случаев эндометриоза связан как с увеличением частоты заболеваемости, так и с усовершенствованием методов диагностики (Medvedev, Rokrovenko, 2019). В частности, генитальный эндометриоз ассоциируется с бесплодием в 25–50 % случаев, а перитонеальная форма сопровождается бесплодием в 60–80 % случаев (Bakun, 2021).

В настоящее время современные технологии неинвазивной визуализации тканей организма обеспечивают возможность точной диагностики различных патологических изменений в органах (Альмова, 2019). Тем не менее, стандартное применение ультразвуковых методов не всегда достаточно эффективно для выявления эндометриоза на ранних стадиях (Барто, 2019). Несмотря на достигнутые успехи, диагностика эндометриоза несовершенна, и в основном она основывается на хирургическом обследовании, обычно с помощью лапароскопии. Инвазивного характера диагностики эндометриоза можно было бы избежать, если бы существовали чувствительные биомаркеры для дифференциальной диагностики эндометриоза (Pantou и др., 2023).

Для подтверждения диагноза в области практической гинекологии предполагается применение биомаркеров, среди которых особенно изучены онкомаркеры CA125 и HE4, а также использование индекса ROMA (Risk of Ovarian Malignancy Algorithm / Алгоритм оценки риска развития злокачественных опухолей яичников), но эти показатели в основном информативны при распространенных формах эндометриоза или при наличии эндометриомы, в случае необходимости дифференциальной диагностики со злокачественными опухолями яичников (Межлумова и др., 2018).

Некоторые белки, такие как CA-125 и HE4, могут рассматриваться как потенциальные биомаркеры рецидивирования эндометриоза. Маркер CA-125, гликопротеин, используется в диагностике эндометриоза и может представлять ценность в клинической практике для пациенток с подозрением на наличие этого заболевания. Он также используется в качестве биомаркера для мониторинга терапии рака яичников и ранних рецидивов. Уровень CA-125 обнаружен в значительно в более высоких количествах у женщин с умеренным и тяжелым эндометриозом, особенно при наличии эндометриомы яичников и глубоко инфильтрирующего эндометриоза (Tang и др., 2021). В то же время, CA-125 не является самым информативным маркером эндометриоза. Повышение опухолевого маркера CA-125 наблюдалось только у 50 % пациенток с подтвержденным гистологически эндометриозом (Bakun, 2021).

Существует показатель, объединяющий отношение числа тромбоцитов к лимфоцитам и уровень CA-125. У пациенток с эндометриозом этот показатель был значительно выше, чем у женщин контрольной группы. Также оказалось, что этот объединенный биомаркер положительно связан с тяжестью спаечного процесса в малом тазу. Результаты позволяют предположить, что данный показатель может быть потенциальным маркером эндометриоза и его рецидивирования. Пороговое значение этого маркера демонстрирует чувствительность на уровне 83,4 % и специфичность на уровне 95,8 % (Guo, Zhang, 2022; Ермолова и др., 2023).

Сывороточный белок эпидидимиса человека (HE4) является наиболее перспективным биомаркером для диагностики и прогнозирования карциномы эндометрия и эндометриоза. Комбинация его с CA-125 и другими биомаркерами не значительно повышает эффективность диагностики. Вместе с тем, если использовать HE4 совместно с методами визуализации, физиологическими и демографическими факторами, его эффективность может быть усилена. Применение HE4 в клинических решениях позволит более персонализированный подход к лечению карциномы эндометрия и эндометриоза, избегая ненужных обследований и лечений. В будущем, молекулярная классификация карциномы эндометрия вероятно будет все чаще использоваться в клинической практике, и необходимо будет изучить, как HE4 может дополнять эту классификацию и помогать разрабатывать стратегии лечения и наблюдения (Behrouzi и др., 2021).

Поиск возможных биомаркеров для диагностики эндометриоза не прекращается. Установлено, что микроРНК и длинные некодирующие РНК, которые являются ключевыми молекулами, переносимыми экзосомами, играют важную роль в развитии эндометриоза, модулируя различные белки и связанные с ними гены (Soltani-Fard и др., 2023).

Профиль микроРНК в крови и эндометриальном эндометрии может дать важную информацию для подтверждения диагноза эндометриоза (Borghese и др., 2017). МикроРНК (миРНК) представляют собой класс небольших, высококонсервативных молекул РНК. МиРНК играют ключевую роль в контроле развития и клеточного гомеостаза различных биологических процессов. Эти молекулы могут обнаруживаться как внутри клеток, так и в сыворотке крови, обладая специфическими характеристиками, что делает их перспективными кандидатами в качестве биомаркеров для диагностики различных заболеваний. Изменения уровня миРНК в крови могут отражать патологические состояния, включая гинекологические заболевания. Исследования на микроципах показали значительные различия в экспрессии миРНК у женщин с эндометриозом по сравнению со здоровыми женщинами. Обнаружено, что миРНК играют важную роль в развитии эндометриоза и бесплодия путем регуляции генной экспрессии. МиРНК из патологической ткани попадают в кровоток, и существует тесная связь между уровнями миРНК в тканях и их уровнями в крови. Выделен ряд миРНК, которые могут быть использованы в качестве неинвазивных биомаркеров для данного заболевания: miR-125b-5p, miR-150-5p, miR-342-3p, miR-143-3p и др. (Cosar и др., 2016; Bjorkman, Taylor, 2019; Moustafa и др., 2020).

В исследовании Pokrovenko и др. (2021) был проанализирован уровень микроРНК miR-9 и let-7 в связи с на-

личиём эндометриоза. Выявлено, что разница в уровне микроРНК miR-9 между группами с эндометриозом и без него, а также между группами с различными степенями тяжести эндометриоза, не достигала статистической значимости. Однако была установлена значительная разница в уровне микроРНК let-7 между указанными группами. Сравнение с раковым антигеном CA-125 показало, что микроРНК let-7 представляет собой более специфический маркер, чем CA-125. МикроРНК let-7 демонстрировал более высокие показатели чувствительности, специфичности и прогностической ценности положительных и отрицательных результатов по сравнению с другими изученными биомаркерами. Эти результаты указывают на потенциальное использование микроРНК let-7 для ранней, а иногда и доклинической диагностики эндометриоза и его рецидивов.

В исследовании Arrazova и др. (2024) анализировался профиль сывороточных цитокинов у женщин с генитальным эндометриозом с целью оценки возможности использования цитокинов как биомаркеров для прогнозирования воспалительного статуса при данном заболевании. Для определения уровней сывороточных биомаркеров (IL-6, IL-8, IL-18, TNF- α , MIF) применялся метод мультиплексной иммунофлюоресценции с технологией XMap. Результаты показали, что уровни IL-6, IL-8 и TNF- α значительно различались у пациенток с генитальным эндометриозом, в то время как уровни IL-18 и MIF не демонстрировали статистически значимых различий. Диагностическая значимость уровней IL-6, IL-8 и TNF- α для прогнозирования генитального эндометриоза также была оценена с использованием чувствительности и специфичности модели. Полученные результаты свидетельствуют о потенциале IL-6, IL-8 и TNF- α в качестве возможных биомаркеров для диагностики генитального эндометриоза и оценки воспалительного статуса при данном заболевании.

Цель исследования Jiang и др. (2021) заключалась в сравнении уровней интерлейкина (ИЛ)-1 β , ИЛ-6, ИЛ-10 и ИЛ-37 у женщин с эндометриозом и без него. Также была цель определить диагностическую ценность этих цитокинов, чьи концентрации существенно различались. Были измерены уровни ИЛ-1 β , ИЛ-6, ИЛ-10 и ИЛ-37 в сыворотке крови и перитонеальной жидкости с помощью иммуноферментного анализа. Уровни ИЛ-1 β и ИЛ-10 в сыворотке крови и перитонеальной жидкости не различались между группами эндометриоза и контроля. Уровни ИЛ-6 и ИЛ-37 в сыворотке и перитонеальной жидкости были выше у группы эндометриоза и коррелировали со стадией эндометриоза. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что уровни ИЛ-6 и ИЛ-37 в сыворотке крови и перитонеальной жидкости значительно повышены у пациенток с эндометриозом, что указывает на возможность использования этих цитокинов в качестве биомаркеров для диагностики эндометриоза.

У пациенток больных генитальным эндометриозом по сравнению со здоровыми женщинами в плазме периферической крови повышено количество микровезикул лейкоцитарного происхождения, экспрессирующих CD14 и CD16. Анализ совместной экспрессии лейкоцитарных маркеров на микровезикулы плазмы здоровых женщин и женщин больных эндометриозом выявил, что у женщин больных эндометриозом по сравнению со здоровыми женщинами снижено количество микровезикул с фенотипом CD45+CD4+, CD3+CD4+ и CD3+CD8+ и повышено количество микровезикул с фенотипом CD54+CD14+ (Маркова и др., 2022).

У женщин с III-IV стадией наружного генитального эндометриоза был обнаружен широкий спектр аутоантител класса G, включающий антитела к различным антигенам. Частота обнаружения и уровни некоторых антител были выше у пациенток с эндометриозом по сравнению со здоровыми женщинами. Антитела к тропомиозину 3, α -енолазе и эстрадиолу имели более высокую диагностическую значимость для эндометриоза. Комбинированное использование этих антител значительно повышало диагностическую значимость, достигая высокого значения AUC. Показатели чувствительности и специфичности также были высокими. Таким образом, антитела к тропомиозину 3, α -енолазе и эстрадиолу являются перспективными биомаркерами для неинвазивной диагностики эндометриоза (Менжинская и др., 2020).

Общепризнано, что ангиопоэтин-2 (Ang2) играет ключевую роль в прогрессировании эндометриоза (Emoto и др., 2004; Watanabe и др., 2005; Zhu и др., 2005), и доказано, что многие ключевые стимуляторы ангиогенеза имеют отношение к эндометриозу, такие как основной фактор роста фибробластов (bFGF) (Mihalich и др., 2003) и сосудистый эндотелиальный фактор роста (VEGF). Поскольку VEGF и Ang-2 играют взаимодополняющие и согласованные роли в развитии сосудов, было предположено, что дестабилизация Ang-2 в отсутствие VEGF приводит к регрессии сосудов, в то время как дестабилизация в присутствии высокого уровня VEGF способствует ангиогенному ответу. Ряд исследований доказал, что VEGF высоко экспрессируется в эктопическом эндометрии, эндометриозе и перитонеальной жидкости пациенток с эндометриозом (McLaren и др., 1996; Donnez и др., 1998). В исследовании (Jingting и др., 2008) было обнаружено, что положительный уровень Ang-2 в эндометриозе и эктопическом эндометрии с эндометриозом был значительно выше, чем в нормальном эндометрии, не было существенной разницы между эктопическим и эндометриозом, и не было существенной связи между уровнем экспрессии и клиническим стадированием.

Фактор роста эндотелия сосудов (VEGF) играет фундаментальную роль в прогрессировании эндометриоза,

оказывая влияние на эндотелиальные клетки сосудов, вызывая пролиферацию, поддерживая выживание и миграцию эндотелиальных клеток, образование новых кровеносных сосудов и повышение проницаемости сосудов (Mińko и др., 2021; Zhang и др., 2018). В некоторых исследованиях был показан более высокий уровень мРНК VEGF, а также уровень его белка у пациенток с эндометриозом по сравнению с контрольной группой (Di Carlo и др., 2009), что свидетельствует о центральной роли VEGF в ангиогенезе, связанном с эндометриозом (Delbandi и др., 2020; Guerra и др., 2021). Также Liang с соавт. выявили ассоциацию между полиморфизмом +936 VEGF и эндометриозом, но в то же время не обнаружили связи между полиморфизмом гена VEGF-2578 A/C и повышенным риском развития эндометриоза (Liang, 2012). Однако, несмотря на потенциальную возможность использования VEGF в качестве генетического маркера эндометриоза, ассоциация между SNPs VEGF и эндометриозом не носит однозначного характера. В то же время, более высокая экспрессия VEGF в секреторной фазе ткани эндометрия у пациенток с эндометриозом может указывать на то, что она регулируется другими вариантами гена VEGF или эпигенетическими механизмами, что требует дальнейшего изучения (Rashidi и др., 2019). Исследование Bourlev с соавт. (2006) показало, что у женщин без эндометриоза в железистом эпителии эутопического эндометрия экспрессия VEGF-A в пролиферативную фазу была выше, чем в секреторную. Однако при эндометриозе не было обнаружено различий в экспрессии VEGF-A в эутопическом эндометрии. Кроме того, у пациенток с эндометриозом экспрессия VEGF-A в желе-

зистых эпителиальных клетках эндометрия была выше, чем у пациенток без эндометриоза в секреторную фазу.

В работе Куликовой с соавт. (2020) было проведено исследование ассоциации однонуклеотидных полиморфизмов C(-15161)T (rs10902088) и T(-12150)C (rs10794288) гена MUC2 и C(-344)T (rs1799998) гена CYP11B2 с развитием генитального эндометриоза. Выявлено, что генотип CC полиморфизма T(-12150)C (rs10794288) гена MUC2 и генотип CC полиморфизма C(-344)T (rs1799998) гена CYP11B2 являются протективными в отношении развития эндометриоза, а генотип TT полиморфизма C(-344)T (rs1799998) способствует развитию данного заболевания.

Изучение механизмов развития генитального эндометриоза значительно продвинулось. Это позволяет сделать вывод о возможности исследования неинвазивных биомаркеров, таких как микроРНК, длинных некодирующих РНК, некоторых белков, таких как CA-125 и HE4, ряда интерлейкинов и других маркеров в развитии этого заболевания. Однако остаются открытыми вопросы о причинах дисрегуляции этих биомаркеров у пациенток с эндометриозом, а также о различиях в зависимости от активности заболевания и его локализации. Исследования в данной области необходимы для прогнозирования эффективности медикаментозного лечения эндометриоза и определения пациенток, не откликающихся на терапию. Нахождение неинвазивных биомаркеров для эндометриоза остается одной из ключевых задач в области улучшения диагностики, ухода за пациентками и прогнозирования рецидивирования заболевания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альмова И.К. и др. Сравнительный анализ методов диагностики ретроцервикального эндометриоза //Акушерство и гинекология. — 2019. — №. 10. — С. 129–139.
2. Барто Р. А. Клиническое значение ультразвуковой диагностики в стадировании генитального эндометриоза //автореф.... дисс. канд. мед наук, М.: «Московский областной научно-исследовательский институт. — 2019.
3. Ермолова Н.В. и др. Ведение пациенток с генитальным эндометриозом: новые стратегии //Доктор. Ру. — 2023. — Т. 22. — №. 5. — С. 89–94.
4. Куликова Н.В. и др. Исследование ассоциации одиночных нуклеотидных полиморфизмов генов MUC2 и CYP11B2 с развитием наружного генитального эндометриоза у пациенток славянской популяции Северо-Западного федерального округа России //Гинекология. — 2020. — Т. 22. — №. 2. — С. 22–25.
5. Маркова К.Л. и др. Микровезикулы лейкоцитарного происхождения как маркер наружного генитального эндометриоза //Фундаментальная наука и клиническая медицина-человек и его здоровье. — 2022. — С. 178–179.
6. Межлумова Н.А., Бобров М.Ю., Адамян Л.В. Биомаркеры эндометриоза: проблемы и возможности ранней диагностики рецидивов заболевания (обзор литературы) //Problemy Reproduktsii. — 2018. — Т. 24. — №. 6.
7. Менжинская И.В. и др. Аутоиммунные маркеры для неинвазивной диагностики эндометриоза у женщин //Биомедицинская химия. — 2020. — Т. 66. — №. 2. — С. 162–166.
8. Appazova L. et al. Determination of cytokines for assessment of inflammatory status at genital endometriosis //Bangladesh Journal of Medical Science. — 2024. — Т. 23. — №. 1.
9. Bakun O. Influence of genital endometriosis and associated diseases on infertility according to retrospective analysis of case histories //The 5th International scientific and practical conference «Science and education: problems, prospects and innovations» (February 4–6, 2021) CPN Publishing Group, Kyoto, Japan. 2021. 1073 p. — 2021. — Т. 11. — С. 72.
10. Behrouzi R., Barr C.E., Crosbie E.J. HE4 as a Biomarker for Endometrial Cancer //Cancers. — 2021. — Т. 13. — №. 19. — С. 4764.
11. Bjorkman S., Taylor H. S. MicroRNAs in endometriosis: biological function and emerging biomarker candidates //Biology of Reproduction. — 2019. — Т. 101. — №. 6. — С. 1167–1178.

12. Borghese B. et al. Recent insights on the genetics and epigenetics of endometriosis //Clinical genetics. — 2017. — Т. 91. — №. 2. — С. 254–264.
13. Bourlev V. et al. The relationship between microvessel density, proliferative activity and expression of vascular endothelial growth factor-A and its receptors in eutopic endometrium and endometriotic lesions //Reproduction. — 2006. — Т. 132. — №. 3. — С. 501–509.
14. Cosar E. et al. Serum microRNAs as diagnostic markers of endometriosis: a comprehensive array-based analysis //Fertility and sterility. — 2016. — Т. 106. — №. 2. — С. 402–409.
15. Delbandi A.A. et al. Evaluation of apoptosis and angiogenesis in ectopic and eutopic stromal cells of patients with endometriosis compared to non-endometriotic controls //BMC women's health. — 2020. — Т. 20. — С. 1–9.
16. Di Carlo C. et al. Metalloproteinases, vascular endothelial growth factor, and angiopoietin 1 and 2 in eutopic and ectopic endometrium //Fertility and Sterility. — 2009. — Т. 91. — №. 6. — С. 2315–2323.
17. Donnez J. et al. Vascular endothelial growth factor (VEGF) in endometriosis //Human Reproduction (Oxford, England). — 1998. — Т. 13. — №. 6. — С. 1686–1690.
18. Emoto M. et al. Localization of the VEGF and angiopoietin genes in uterine carcinosarcoma //Gynecologic oncology. — 2004. — Т. 95. — №. 3. — С. 474–482.
19. Guerra G. et al. Expression of matrix metalloproteinases and their tissue inhibitors in chronic rhinosinusitis with nasal polyps: etiopathogenesis and recurrence //Ear, Nose & Throat Journal. — 2021. — Т. 100. — №. 5_suppl. — С. 5975–6055.
20. Guo C., Zhang C. Platelet-to-lymphocyte ratio and CA125 level as a combined biomarker for diagnosing endometriosis and predicting pelvic adhesion severity //Frontiers in Oncology. — 2022. — Т. 12. — С. 896152.
21. Jiang J., Jiang Z., Xue M. Serum and peritoneal fluid levels of interleukin-6 and interleukin-37 as biomarkers for endometriosis //Gynecological endocrinology. — 2019. — Т. 35. — №. 7. — С. 571–575.
22. Jingting C. et al. Expression of heparanase and angiopoietin-2 in patients with endometriosis //European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology. — 2008. — Т. 136. — №. 2. — С. 199–209.
23. Liang S., Huang Y., Fan Y. Vascular endothelial growth factor gene polymorphisms and endometriosis risk: a meta-analysis //Archives of gynecology and obstetrics. — 2012. — Т. 286. — С. 139–146.
24. McLaren J. et al. Vascular endothelial growth factor (VEGF) concentrations are elevated in peritoneal fluid of women with endometriosis //Human Reproduction. — 1996. — Т. 11. — С. 220–223.
25. Medvedev M.V., Pokrovenko D.A. Modern view on the etiology, pathogenesis and possibilities of diagnostics of external genital endometriosis //Medicni perspektivi. — 2019. — Т. 24. — №. 1. — С. 21.
26. Mihalich A. et al. Different basic fibroblast growth factor and fibroblast growth factor-antisense expression in eutopic endometrial stromal cells derived from women with and without endometriosis //The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. — 2003. — Т. 88. — №. 6. — С. 2853–2859.
27. Mińko A. et al. Endometriosis—a multifaceted problem of a modern woman //International journal of environmental research and public health. — 2021. — Т. 18. — №. 15. — С. 8177.
28. Moustafa S. et al. Accurate diagnosis of endometriosis using serum microRNAs //American Journal of Obstetrics and Gynecology. — 2020. — Т. 223. — №. 4. — С. 557. e1–557. e11.
29. Pantou A. et al. O-029 The role of non-coding RNAs in endometriosis diagnosis: A systematic review and meta-analysis //Human Reproduction. — 2023. — Т. 38. — №. Supplement_1. — С. dead093. 029.
30. Pokrovenko D.A., Vozniuk V., Medvediev M.V. MicroRNA let-7: A promising non-invasive biomarker for diagnosing and treating external genital endometriosis //Turkish Journal of Obstetrics and Gynecology. — 2021. — Т. 18. — №. 4. — С. 291.
31. Rashidi B.H. et al. Association of vascular endothelial growth factor (VEGF) Gene polymorphisms and expression with the risk of endometriosis: a case-control study //Molecular biology reports. — 2019. — Т. 46. — №. 3. — С. 3445–3450.
32. Soltani-Fard E. et al. Exosomal microRNAs and long noncoding RNAs: as novel biomarkers for endometriosis //Cell and Tissue Research. — 2023. — Т. 394. — №. 1. — С. 55–74.
33. Tang T. et al. Application of serum markers in diagnosis and staging of ovarian endometriosis //Journal of Obstetrics and Gynaecology Research. — 2021. — Т. 47. — №. 4. — С. 1441–1450.
34. Watanabe D. et al. Vitreous levels of angiopoietin 2 and vascular endothelial growth factor in patients with proliferative diabetic retinopathy //American journal of ophthalmology. — 2005. — Т. 139. — №. 3. — С. 476–481.
35. Zhang F. et al. Expression of MMIF, HIF-1 α and VEGF in serum and endometrial tissues of patients with endometriosis //Current medical science. — 2018. — Т. 38. — С. 499–504.
36. Zhu Y. et al. Angiopoietin-2 facilitates vascular endothelial growth factor-induced angiogenesis in the mature mouse brain //Stroke. — 2005. — Т. 36. — №. 7. — С. 1533–1537.

© Трубникова Лариса Игнатьевна (trubnicova-li@yandex.ru); Антонеева Инна Ивановна (aii72@mail.ru);
 Иглина Марина Александровна (marinaigliana@mail.ru); Албутова Марина Леонидовна (albutova.m@yandex.ru);
 Клыквова Алина Вячеславовна (alina_2711@mail.ru); Ларина Татьяна Николаевна (larinatatyana2010@mail.ru)
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕКЛОВОЛОКОННОГО ШИНИРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА DENTAPREG ПРИ ГЕНЕРАЛИЗОВАННОМ ПАРОДОНТИТЕ

THE USE OF DENTAPREG FIBERGLASS SPLINTING MATERIAL FOR GENERALIZED PERIODONTITIS

**S. Fischev
A. Shtorina
S. Galstyan
M. Rozhkova
S. Pavlova
A. Sevastyanov
M. Puzdyreva
V. Popov**

Summary. To date, fiberglass splints are in the most demand, which make it possible to successfully carry out long-term stabilization of dentitions or individual groups of teeth with their mobility both sagittally and in the frontal area. In addition, if necessary, it is possible to use frontosagittal stabilization.

Keywords: splinting of teeth, periodontitis, periodontal diseases.

Фищев Сергей Борисович

Д.м.н., профессор, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ
super.kant@yandex.ru

Шторина Анастасия Александровна

К.м.н., доцент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ
nastiya78@mail.ru

Галстян Самвел Галустович

К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет Министерства здравоохранения РФ
samvel.galstyan.2012@mail.ru

Рожкова Мария Геннадьевна

Ассистент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ
rozmaria2010@yandex.ru

Павлова Светлана Георгиевна

К.м.н., доцент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ
svetap_75@mail.ru

Севастьянов Аркадий Владимирович

Д.м.н., профессор, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ
ardy.dkr@mail.ru

Пуздырева Маргарита Николаевна

К.м.н., доцент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ
seven-spb@yandex.ru

Попов Владимир Петрович

К.м.н., доцент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ
vpopov5@mail.ru

Аннотация. На сегодняшний день наиболее востребованы стекловолоконные шины, которые позволяют успешно осуществить длительную стабилизацию зубных рядов или отдельных групп зубов при их подвижности как по сагиттали, так и во фронтальном участке. Кроме этого, при необходимости возможно использовать и фронто-сагиттальную стабилизацию.

Ключевые слова: шинирование зубов, пародонтит, заболевания пародонта.

Одним из эффективных ортопедических мероприятий в комплексном лечении заболеваний пародонта является шинирование подвижных зубов. Шинирование можно проводить как непосредственно в полости рта, так и при помощи шинирующих аппаратов, изготовленных лабораторным путём [1, 2, 3, 4].

Преимущества современных адгезивных технологий и создание новых материалов на основе неорганической матрицы позволили изготавливать шинирующие конструкции без препарирования твёрдых тканей зубов. Элементы такой шины располагаются преимущественно с язычной стороны, фиксация адгезионной шины осуществляется при помощи композиционного материала. Такие протезы показаны при шинировании отдельных групп зубов, замещении дефектов зубного ряда (не более 2-х) в качестве постоянного или временного мероприятия [5, 6, 7].

На сегодняшний день наиболее востребованы стекловолоконные шины, которые позволяют успешно осуществить длительную стабилизацию зубных рядов или отдельных групп зубов при их подвижности, как в сагиттальной плоскости, так и во фронтальном участке. Кроме этого, при необходимости, возможно использовать и передне-сагиттальную стабилизацию [8, 9, 10].

Целью исследования было оценить результаты эффективности шинирования зубов при генерализованном пародонтите с использованием материала на основе неорганической стекловолоконной матрицы и определить факторы, влияющие на их долговечность.

Материалы и методы

Проведено шинирование 32 больным, 21 женщине и 11 мужчинам в возрасте от 35 до 52 лет, из них 13 пациентов — имели диагноз генерализованный пародонтит тяжелой степени и 18 — генерализованный пародонтит средней или лёгкой степени. Нами проведен анализ частоты поломок шин после их установки, а также оценка факторов, влияющих на их частоту.

В нашем исследовании был использован материал Dentapreg, который выпускается в виде стекловолоконных лент, он удобен в применении за счет заводской пропитки адгезивными смолами. Шинирование подвижных зубов в полости рта начиналось с подготовки опорных зубов. Сначала удаляли зубные отложения с шинируемых зубов, их полировали, шлифовали. Затем при помощи зубной нити выбирали требуемую длину стекловолоконной ленты. Перед шинированием оценивали необходимость создания ложа под шину. При отсутствии наличия места по прикусу осуществляли метод погружного шинирования с созданием бороздки. Для этого на передних зубах подготовку начинали с язычной

или небной поверхности, при шинировании боковых зубов соответственно с жевательной. С этой целью с зубов шарообразным бором сошлифовывали слой эмали для создания места под шину. Острые грани подготовленного ложа сглаживали с помощью оливообразного алмазного бора с красным кольцом. После этого поверхность зубов протравливали и высушивали. Следующим этапом наносился протравочный гель ортофосфорной кислоты на 15 секунд, после его удаления и высушивания на подготовленную поверхность наносили бондинг, полимеризовали его и наносили тонкий слой жидкотекучего композита со смоченной бондом арматурную полоску шинирующей ленты, адаптировали её к поверхности зубов с помощью гладилки, полимеризовали УФ лампой. Следующие слои композита наносились постепенно, герметично, таким образом чтобы вся шина была плотно им закрыта, исключая образования пор и участков затекания в поддесневую зону. С этой целью применяли межзубные клинья. После полимеризации всей шины проводилась коррекция окклюзии с помощью копировальной бумаги, сошлифовывались излишки композита, а также осуществлялась их шлифовка и полировка полировочными борами, дисками, резинками и щетками с полировочной пастой.

Результаты

Наши наблюдения показали, что после проведенного комплексного лечения пациенты отмечают стойкую ремиссию в сроки от 3 до 10 лет и улучшение общего состояния.

Поломки шин и сколы композитного материала в большинстве случаев происходят по причине неаккуратного использования, приема жесткой пищи, плохой гигиены. Кроме того, в течение первого года пациенты, прошедшие ранее ортодонтическое лечение гораздо чаще обращались с проблемой на поломки шин, что, по нашему мнению, является важным моментом для ведения данной группы больных врачами-ортодонтами. Мы наблюдали за пациентами, которым проводилось шинирование на протяжении 10 лет и это позволило выявить влияние общих и местных факторов на прочность данных конструкций. Так, к местным факторам относятся степень тяжести пародонтита — степень подвижности зубов, наличие гнойной эксудации, по данным дополнительных исследований сниженный уровень резорбции костной ткани. К местным факторам также относится окклюзионный, так повышенная сила жевательных мышц (бруксизм ночной и дневной), повешенные нагрузки в виде спорта, использования очень жесткой пищи, патологическая стираемость зубов. Все эти факторы являются негативными с точки зрения прогноза эффективного пользования шиной и должно учитываться при подписании информированного согласия пациентом, а также рекомендациях о гарантированных сроках функционирования шин.

Наличие дефектов в зубном ряду также оказывает негативное влияние на сроки эффективного функционирования шин, в следствии, неравномерного распределения жевательной нагрузки и требует закрытия дефектов в зубном ряду с использованием съемных, несъемных конструкций или протезирование на имплантатах.

К общим факторам, влияющим на надежность шины относится как сопутствующая патология со стороны эндокринной системы (остеопороз, особенности питания, уровень витамина D), так и масса тела больного. Улюдей с избыточной массой тела, частота поломок шин выше в два раза в сравнении с нормальной, особенно если это сопровождается повышенным тонусом жевательной мускулатуры.

Выводы

Шинирование зубов с материалом Dentapreg показало хорошие результаты и позволяет оценить данный вид шин как достаточно устойчивый к жевательной и окклюзионной нагрузке. К неоспоримым преимуществам можно отнести незначительное препарирование опорных тканей зубов, которые могут оставаться витальными. Удобство методики заключается в том, что шинирование

выполняется в один визит, а благодаря химическому соединению композитные элементы имеют способность к пластическим деформациям, подобно таковым в естественных зубах и тканях, при этом сохраняется микроподвижность опорных зубов и не перегружается периодонт опорных зубов. Однако важно отметить влияние на долговременность службы шины общих и местных факторов. Анализ частоты поломок шин показал, что ведущую роль в этом играют тяжесть процессов в пародонте, степень резорбции костной ткани, степень подвижности зубов.

Необходимо курировать пациентов с заболеваниями пародонта после шинирования в условиях диспансеризации по индивидуальному плану, регулярно проводить профилактические осмотры (совместная работа с врачом-эндокринологом и другими специалистами, динамика уровня витамина D), рентгенологический контроль раз в год.

Для иллюстрации приводим выписку из истории болезни №147 пациентки В., 1984 г.р., которая обратилась с жалобами на подвижность нижних передних зубов, кровоточивость десен при чистке зубов, обнажение корней зубов. Рентгенологически: снижение уровня костной ткани в области нижней челюсти от 43 до 33 более 1/2 длины корней зубов, зияние черных треугольников в обла-



Рис. 1. Ортопантомограмма пациентки В., 1984 г.р. до лечения 2013 г.



Рис. 2. Состояние зубов пациентки В., 1984 г.р. до лечения



Рис. 3. Состояние зубов пациентки В., 1984 г.р. после шинирования 2020 г.



Рис. 4. Ортопантомограмма пациентки В., 1984 г.р. после лечения 2020 г.

сти нижней челюсти от 43 до 43 (Рисунок 1). Объективно: смещение средней линии влево, подвижность I степени зубов 41, 31, множественные рецессии десны, клиновидные дефекты на верхней и нижней челюсти, мелкое преддверие полости рта, минерализованные зубные отложения и мягкий зубной налет (Рисунок 2).

Диагноз: частичная потеря зубов на верхней челюсти (III класс по Кеннеди), осложненная генерализованным пародонтитом средней степени тяжести. В 2013 г. па-

циентке проведено шинирование 43–33 зубов не инвазивным способом (без препарирования зубов). За 7 лет наблюдения — нарушение целостности конструкции произошло всего один раз спустя 6 лет.

Состояние зубов пациентки В. 1984 г.р. представлено на рисунке 3. На ортопантограмме наблюдается образование кортикальных пластинок в области зубов нижней челюсти и костных пиков межзубных промежутков (Рисунок 4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Войтяцкая И.В., Шторина А.А. Жевательная проба как объективный метод оценки функциональной ценности протезов у больных с полным отсутствием зубов // Ученые записки СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова. — 2008. — Т. 15., № 2. — С. 90–91.
2. Загорский В.А. Использование временного шинирования зубов как одного из этапов лечения при заболеваниях тканей пародонта / Символ науки. — 2016. — №8–1(20). — С. 172–176.
3. Пузырева М.Н., Субботин Р.С., Фищев С.Б., Фомин И.В., Кондратьев А.А., Орлова И.В. Дифференциальная диагностика патологических и физиологических видов резцового перекрытия // Педиатр. — 2019. — Т. 10. — № 4. — С. 39–44.
4. Ряховский А.Н., Мурадов М.А. Точный оттиск // Стоматология. — 2007. — Т. 86. — № 1. — С. 53.
5. Фищев С.Б. Оценка результатов исследования размеров зубов у людей с нормодонтными долихогнатическими зубными дугами / С.Б. Фищев, А.Г. Климов, А.В. Севастьянов и др. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки. — 2023. — № 2-2. — С. 226–230.
6. Dmitrienko S.V., Domyuk D.A., Kochkonyan A.S., Karslieva A.G., Dmitrienko D.S. Modern classification of dental arches // Archiv EuroMedica. -2014. — Т. 4. — № 2. — С. 14–16.
7. Dmitrienko S.V., Fomin I.V., Domyuk D.A., Kondratyuk A.A., Subbotin R.S. Enhancement of research method for spatial location of temporomandibular elements and maxillary and mandibular medial incisors //Archiv EuroMedica. — 2019. — Т. 9. — № 1. — P. 38–44.
8. Fischev S.B., Puzdyryova M.N., Dmitrienko S.V., Domyuk D.A., Kondratyuk A.A. Morphological features of dentofacial area in peoples with dental arch issues combined with occlusion anomalies // Archiv EuroMedica. — 2019. — Т. 9. — № 1. — P. 162–163.
9. Shen L. He F., Zhang C. Prevalence of malocclusion in primary dentition in mainland China, 1988–2017: a systematic review and meta-analysis // Sci. Rep. — 2018. — Vol. 8. — № 1. — P. 4716.
10. Singh S., Sharma A., Sandhu N. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment needs in school going children of Nalagarh, Himachal Pradesh, India // J. Dent. Res. — 2016. — Vol. 27. — № 3. — P. 317–322.

© Фищев Сергей Борисович (super.kant@yandex.ru); Шторина Анастасия Александровна (nastiya78@mail.ru); Галстян Самвел Галустович (samvel.galstyan.2012@mail.ru); Рожкова Мария Геннадьевна (rozmaria2010@yandex.ru); Павлова Светлана Георгиевна (svetar_75@mail.ru); Севастьянов Аркадий Владимирович (ardy.dkr@mail.ru); Пузырева Маргарита Николаевна (seven-spb@yandex.ru); Попов Владимир Петрович (vpopov5@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

УПРАВЛЕНИЕ БОЛЬЮ ПРИ ЭНДОДОНТИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ: ПОДГОТОВКА, ПРОЦЕДУРЫ И ПОСЛЕДУЮЩИЕ ШАГИ

PAIN MANAGEMENT IN ENDODONTIC TREATMENT: PREPARATION, PROCEDURES AND NEXT STEPS

N. Tsarenko
A. Lazareva
L. Idrisova
D. Muslimova
V. Lyarpeva

Summary. Orofacial pain often causes patients to go to the dentist because of endodontic problems. However, many are afraid of pain during the procedures. With the development of pain management strategies, treatment has become more effective. The study of the source of pain and an accurate diagnosis are the basis for successful treatment. Reducing pain before, during and after procedures helps prevent inflammation and infection. The article discusses scientifically based methods of pain management and future directions in the treatment of orofacial pain.

Keywords: orofacial pain, analgesia, anesthesia, endodontics.

Орофациальная боль часто становится поводом для посещения стоматолога пациентами, особенно когда она вызвана эндодонтическими проблемами. Однако, страх перед болевыми ощущениями во время стоматологических процедур останавливает многих людей от похода к стоматологу. К счастью, с течением времени стратегии управления болью значительно улучшились. Лечение орофациальной боли на всех этапах диагностики и лечения — до, во время и после процедуры — может быть успешно осуществлено с помощью различных эффективных методов научно обоснованного лечения боли [1, 2].

Изучение источника боли и постановка точного диагноза являются основой успешного лечения. Предоставление необходимой помощи, будь то лечение эндодонтического заболевания или удаление зуба, обеспечивает полное облегчение боли. Кроме того, важно рассмотреть

Аннотация. Орофациальная боль часто заставляет пациентов обращаться к стоматологу из-за эндодонтических проблем. Однако многие боятся боли во время процедур. С развитием стратегий управления болью лечение стало более эффективным. Изучение источника боли и точный диагноз основа успешного лечения. Уменьшение боли до, во время и после процедур помогает предотвратить воспаление и инфекцию. В статье обсуждаются научно обоснованные методы управления болевыми ощущениями и будущие направления в лечении орофациальной боли.

Ключевые слова: орофациальная боль, анальгезия, анестезия, эндодонтия.

возможность уменьшения боли до проведения окончательного лечения, как во время процедуры, так и после нее, для предотвращения воспаления и инфекции. В данной статье освещаются научно обоснованные стратегии управления болевыми ощущениями и делаются краткие намеки на будущие направления в лечении орофациальной боли.

Лечение боли до операции

Когда необходима временная помощь, пероральные анальгетики являются эффективным средством для смягчения даже сильной зубной боли. Нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП) и ацетаминофен можно получить без рецепта. Ибупрофен считается одним из самых безопасных НПВП благодаря удобной дозировке и доступности без рецепта. Он действует, блокируя фермент циклооксигеназу 1 и 2 типа, чтобы пре-

дотвратить появление простагландинов, отвечающих за болевые ощущения и воспаление [2, 3, 4]. Рекомендуемая максимальная доза ибупрофена — 3200 мг в день, а обычные дозы составляют от 400 до 800 мг каждые 4–8 часов. При назначении НПВП пациентам с сердечно-сосудистыми заболеваниями, необходимо проявлять осторожность, учитывая увеличенный риск сердечного приступа. Однако НПВП, включая ибупрофен, могут быть менее рискованными для сердца, чем другие препараты, особенно для пациентов с другими факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний [3]. Ацетаминофен блокирует синтез простагландинов на периферии и взаимодействует с каннабиноидными и серотонинергическими рецепторами в центральной нервной системе. Рекомендуемая производителем максимальная дневная доза ацетаминофена составляет 3000 мг. Для снижения риска гепатоксичности, связанной с ацетаминофеном, рекомендуется использовать наименьшую эффективную дозу [3, 5, 6]. Пероральные анальгетики, которые можно приобрести по рецепту, включают кортикостероиды и препараты класса опиоидов. Хотя кортикостероиды, такие как преднизалон и дексаметазон, эффективны при лечении сильной зубной боли, у них есть более высокий риск побочных эффектов и перекрестная чувствительность у некоторых пациентов [7]. Поэтому их регулярное использование не рекомендуется. Препараты класса опиоидов, такие как кодеин, гидрокодон, оксикодон и трамадол, действуют на центральные рецепторы и могут вызывать эйфорию. Однако возможны риски неправильного использования и зависимости, поэтому их применение должно быть ограничено [4, 5, 8].

Согласно рейтингу Оксфорда, НПВП более эффективны, чем опиоиды, для лечения сильной зубной боли. Комбинированная терапия с использованием НПВП и ацетаминофена показала большую эффективность, чем отдельное применение каждого из них [5, 6]. Для легкой до умеренной боли рекомендуется принимать ибупрофен в сочетании с ацетаминофеном каждые 6 часов, в то время как для более сильной боли могут потребоваться более высокие дозы. Одновременное применение ибупрофена и ацетаминофена показало более эффективный результат, чем их чередование, и должно быть поощрено. Местные анестетики, такие как пероральные обезболивающие, могут на несколько часов облегчить боль пациентам с эндодонтической патологией, особенно при использовании препаратов длительного действия, таких как бупивакаин [9, 10, 11]. Более того, введение местных анестетиков может дополнительно способствовать правильному диагнозу при их использовании в рамках селективной анестезии [12, 13].

Хотя пероральные обезболивающие и местные анестетики обладают значительной эффективностью в лечении предоперационной боли, антибиотики не являются эффективными обезболивающими [14]. Поставщики

медицинских услуг должны ограничивать назначение препаратов ситуациями с неконтролируемым системным распространением инфекции или там, где медицинские проблемы требуют их профилактического использования [15].

Периоперационное обезболивание

Периоперационное обезболивание в эндодонтии направлено на достижение максимальной местной анестезии. Однако у пациентов с сильной болью, особенно симптоматическим необратимым пульпитом, могут возникнуть сложности с достижением адекватной анестезии из-за различных факторов, таких как проблемы с техникой, изменение pH или воспаление тканей [10, 12]. Важно, чтобы врачи предоставляли безболезненную помощь, чтобы пациенты не откладывали стоматологическое лечение из-за негативного опыта. В литературе описываются специфические методы достижения анестезии пульпы зубов с симптоматическим необратимым пульпитом. Успешное обезболивание верхних зубов может быть достигнуто путем инфильтрации только щечных поверхностей. Добавление блокады заднего верхнего альвеолярного нерва или небной анестезии не повышает успеха анестезии. Для нижних зубов достижение успешной анестезии пульпы может быть более сложным [9, 10, 14]. Передние зубы нижней челюсти можно успешно анестезировать только путем инфильтрации, в то время как премолары наиболее успешно анестезируются комбинированной блокадой подбородочного и нижнего альвеолярного нервов. Для моляров нижней челюсти требуется блокадная анестезия с использованием дополнительных техник. Одиночная блокада нижнего альвеолярного нерва показывает низкую эффективность, а альтернативные методы блокировки также не показывают существенной эффективности [15, 16]. Буккальная инфильтрация артикаином является наиболее эффективным дополнением к блокаде нижнего альвеолярного нерва, хотя и другие методы, такие как интралигаментарная и внутрикостная анестезия, также эффективны. В случае неудачи всех предыдущих методов или возникновения прорыва чувствительности во время процедуры, может быть использована внутрипульпарная анестезия [12, 15].

В целом, тип анестетика, выбранный для использования, не влияет на успех анестезии. Как артикаин, так и лидокаин обеспечивают одинаково эффективную инфильтрационную анестезию. При блокадной анестезии не было обнаружено различий в эффективности широко доступных растворов мепивакаина и лидокаина. Однако, растворы артикаина и другие 4% растворы не рекомендуются для блокадной анестезии из-за повышенного риска парестезии. Для достижения глубокой пульпарной анестезии необходимо использовать адекватные дозы любого из этих препаратов, так как существует

зависимость между дозой и реакцией. Введение 3,6 мл раствора анестетика через IANB приводит к меньшему количеству неудач при пульпарной анестезии моляров нижней челюсти, чем введение 1,8 мл раствора [8, 9]. Иногда только местной анестезии может быть недостаточно для контроля боли в периоперационном периоде у некоторых пациентов. В таких случаях могут быть использованы дополнительные фармакологические средства для повышения эффективности. Закись азота сама по себе действует как анальгетик и может усилить эффект местных анестетиков. Бензодиазепины, однако, не усиливают действие местных анестетиков, а скорее снижают беспокойство пациента, связанное с процедурой. Предоперационное использование пероральных анальгетиков, включая дексаметазон, НПВП и трамадол, может повысить эффективность инъекций IANB у пациентов с симптоматическим необратимым пульпитом, хотя существуют противоречия [5, 6, 8].

Послеоперационное облегчение боли

Хотя радикальное лечение эндодонтической патологии является лучшим способом справиться с сильной болью, некоторый дискомфорт после операции считается нормальным. Большинство пациентов испытывают незначительный дискомфорт после эндодонтического лечения, который минимально влияет на их повседневную жизнь. Только 6 % пациентов сообщают об усилении острой боли после лечения, что соответствует послеоперационному обострению. Пациенты отмечают, что большинство болевых симптомов исчезает в течение 2–3 дней, и 90 % сообщают о полном облегчении боли через 1 неделю после лечения [10, 11]. Врачи должны предупреждать пациентов о наличии послеоперационной боли и обеспечить их информацией и стратегиями, чтобы минимизировать ее воздействие. Письменные инструкции могут помочь оправдать ожидания пациентов и четко определить нормальные и неправильные состояния, которые могут быть причиной обращения к врачу для неотложной помощи. Как и при предоперационной боли, наиболее эффективно для лечения послеопера-

ционной боли использовать пероральные препараты, включая комбинированную терапию с ибупрофеном и ацетаминофеном [8, 9]. Препараты класса опиоидов менее эффективны и следует избегать их применения, если это возможно. Анестетики длительного действия, такие как бупивакаин, могут быть полезными для облегчения боли в остром послеоперационном периоде, когда боль может быть наиболее сильной. Исследования в медицинской литературе показывают, что бупивакаин обеспечивает продолжительное облегчение боли даже после периода полувыведения [16].

Перспективные направления для улучшения глубокой пульпарной анестезии

В будущем развитии области глубокой пульпарной анестезии ключевым станет исследование и внедрение новых методов обезболивания, направленных на обеспечение максимального комфорта пациентов. Например, многообещающий назальный спрей, способный обезболить передний секстант верхней челюсти, представляет собой перспективное средство для улучшения качества стоматологических процедур.

Учитывая увеличивающееся злоупотребление опиоидами и вредные последствия привыкания к ним, особое внимание будет уделено исследованиям альтернативных обезболивающих средств. Разработка новых препаратов, не вызывающих зависимости, станет приоритетным направлением, помогая обеспечить безопасное и эффективное обезболивание в стоматологии.

Кроме того, усовершенствование существующих лекарственных форм через повышение их биодоступности и эффективности также будет способствовать улучшению методов обезболивания в стоматологии. Эти инновации не только сделают процедуры более комфортными для пациентов, но и повысят эффективность лечения, что является важным аспектом в развитии современной стоматологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Keiser K, Hargreaves KM. Building effective strategies for the management of endodontic pain // *Endodontic Topics*. — 2002. — Vol. 3. — P. 93–105.
2. Gage TW, Pickett FA. *Mosby's Dental Drug Reference*. 7th ed. St Louis MO: Mosby; 2005.
3. Hargreaves KM, Troullos ES, Dionne RA. Pharmacologic rationale for the treatment of acute pain // *Dental Clinics of North America*. — 1987. — Vol. 31, N 4. — P. 675–694.
4. Sondergaard KB, Gislason G. NSAIDs and cardiac arrest: non-steroidal anti-inflammatory drug use is associated with increased risk of out-of-hospital cardiac arrest: a nationwide case-time-control study // *The European Heart Journal*. — 2017. — Vol. 38, N 23. — P. 1788–1789.
5. Risk of acute myocardial infarction with NSAIDs in real world use: Bayesian meta-analysis of individual patient data / Bally M, Dendukuri N, Rich B, et al // *British Medical Journal*. — 2017. — N. 357. — P. 1909.
6. Differences in cardiovascular safety with non-steroidal anti-inflammatory drug therapy — a nationwide study in patients with osteoarthritis / Barcella CA, Lamberts M, McGettigan P, et al // *Basic Clinical Pharmacology Toxicology* // 2019. — Vol. 124, N 5. — P. 629–641.
7. Yagiela JA, Neidle EA, Dowd FJ. *Pharmacology and Therapeutics for Dentistry*. St. Louis, MO: Mosby; 1998.

8. James LP, Mayeux PR, Hinson JA. Acetaminophen-induced hepatotoxicity // *Drug Metabolism and Disposition*. — 2003. — Vol. 31, N 12, P. 1499–1506.
9. Shamszadeh S, Shirvani A, Eghbal MJ, Asgary S. Efficacy of corticosteroids on postoperative endodontic pain: a systematic review and meta-analysis // *Journal of Endodontics*. — 2018. — Vol. 44, N 7. — P. 1057–1065.
10. Richards D. The Oxford Pain Group League table of analgesic efficacy. -Evidence-based dentistry. — 2004. — Vol. 5. — P. 22–23.
11. The efficacy of pain control following nonsurgical root canal treatment using ibuprofen or a combination of ibuprofen and acetaminophen in a randomized, double-blind, placebo-controlled study / Menhinick KA, Gutmann JL, Regan JD, et al // *The International Endodontic Journal*. — 2004. -Vol. 37, N 8. — P. 531–541.
12. Derry CJ, Derry S, Moore RA. Single dose oral ibuprofen plus paracetamol (acetaminophen) for acute postoperative pain // *Cochrane Database System Review*. — 2013. — Vol. 6.
13. Cohen's Pathways of the Pulp / Berman LH, Hartwell GR. Diagnosis. In: Hargreaves KM, Cohen S, Berman LH, eds // St Louis, MO: Mosby. — 2011. — Vol. 2, N 39.
14. Aminoshariae A, Kulild JC. Evidence-based recommendations for antibiotic usage to treat endodontic infections and pain: a systematic review of randomized controlled trials // *The Journal of the American Dental Association*. — 2016. — Vol. 147, N 3. — P. 186–191.
15. AAE position statement. AAE guidance on the use of systemic antibiotics in endodontics // *Journal of Endodontics*. — 2017. — Vol. 43, N 9. — P. 1409–1413.
16. A prospective, randomized, single-blind comparative evaluation of anesthetic efficacy of posterior superior alveolar nerve blocks, buccal infiltrations, and buccal plus palatal infiltrations in patients with irreversible pulpitis / Aggarwal V, Singla M, Miglani S, et al // *Journal of Endodontics*. — 2011. — Vol. 37, N 11. — P. 1491–1494.

© Царенко Наталья Олеговна (tsarenko_1407@mail.ru); Лазарева Анастасия Сергеевна (laz_anastasia03@mail.ru);
Идрисова Лиана Руслановна (idrisovaliana2003@mail.ru); Муслимова Диана Музаферовна (dianochka_muslimova03@mail.ru);
Ляпнёва Виолетта Сергеевна (vetto4kadamkina@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТЕКЛОВОЛОКОННЫХ ШИНИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПОДВИЖНОСТИ ЗУБОВ

FEATURES OF THE USE OF FIBERGLASS SPLINTING MATERIALS FOR DENTAL MOBILITY

A. Shtorina
A. Klimov
S. Fischev
M. Rozhkova
S. Pavlova
A. Sevastyanov
M. Puzdyreva
A. Fischeva

Summary. Dental splinting is a tooth-saving intervention and is used in periodontics, orthodontics and microprosthetics. In all cases, it is a modern and popular method of treatment in dentistry. The indication for splinting of teeth is their pathological mobility in case of periodontitis or acute trauma to the teeth. It provides limitation of tooth mobility by connecting them into a single block, thus contributing to the redistribution of functional load on the teeth, restores blood circulation and trophics in the tissues surrounding the teeth.

Keywords: teeth splinting, generalized aggressive periodontitis, periodontitis.

Шторина Анастасия Александровна

*К.м.н., доцент «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
Министерства здравоохранения РФ
nastiya78@mail.ru*

Климов Андрей Геннадьевич

*К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет
Министерства здравоохранения РФ
pstom4@zdrav.spb.ru*

Фищев Сергей Борисович

*Д.м.н., профессор, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
Министерства здравоохранения РФ
super.kant@yandex.ru*

Рожкова Мария Геннадьевна

*Ассистент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
Министерства здравоохранения РФ
rozmaria2010@yandex.ru*

Павлова Светлана Георгиевна

*К.м.н., доцент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
Министерства здравоохранения РФ
svetap_75@mail.ru*

Севастьянов Аркадий Владимирович

*Д.м.н., профессор, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
Министерства здравоохранения РФ
ardy.dkr@mail.ru*

Пуздырева Маргарита Николаевна

*К.м.н., доцент «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
Министерства здравоохранения РФ
seven-spb@yandex.ru*

Фищева Алена Викторовна

*Старший лаборант «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
Министерства здравоохранения РФ
super.kant@yandex.ru*

Аннотация. Шинирование зубов относят к зубосберегающим вмешательствам и используется в пародонтологии, ортодонтии и микропротезировании. Во всех случаях — это современный востребованный метод лечения в стоматологии. Показанием к шинированию зубов является их патологическая подвижность при пародонтите или острой травме зубов. Оно обеспечивает ограничение подвижности зубов за счет соединения их в единый блок, тем самым способствует перераспределению функциональной нагрузки на зубы, восстанавливает кровообращение и трофику в тканях, окружающих зубы.

Ключевые слова: шинирование зубов, пародонтит, заболевания пародонта.

Своевременная диагностика, комплексная профилактика, рациональное лечение пациентов с воспалительно-деструктивными заболеваниями пародонта способствуют повышению эффективности их реабилитации. Длительно существующие очаги пародонтальной инфекции приводят к резорбции альвеолярного отростка, ослаблению связочного аппарата зуба [1, 2, 3, 4].

Известно, что при тяжелых и агрессивных формах течения к наиболее предсказуемым и широко распространенным методам лечения относится операция удаления зубов с пораженным пародонтом. Поиски альтернативных вариантов лечения, относящихся к зубосберегающим методам, привели к способам, направленных на уменьшение подвижности зубов. К ним относят профессиональную гигиену, кюретаж, лоскутные операции, назначение антибактериальной терапии, а также использование шин как съёмных, так и несъёмных [5, 6, 7].

Таким образом, комплексный подход к лечению позволяет сохранить зубы пациентам с заболеваниями пародонта.

Шинирование обеспечивает ограничение подвижности зубов за счет соединения их в единый блок, тем самым способствует перераспределению функциональной нагрузки на зубы, восстанавливает кровообращение и трофику в тканях, окружающих зубы.

Несъёмные конструкции в виде металлокерамических коронок, которые также могут выполнять роль шины обладают более высокой жесткостью, но имеют недостатки поскольку требуют объемного препарирования зубов. При этом необходимо учитывать, что неверно спланированная иммобилизация шинируемых зубов может усугублять функциональную перегрузку зубов-антагонистов, а также и опорных зубов.

Известно большое количество методов шинирования с помощью арамидной нити по А.Н. Ряховскому — так называемое вантовое, шинирование балками или композиционными материалами с созданием бороздки в пределах эмали — язычной (в области передних) или жевательной (в области боковых) зубов [8, 9, 10].

В современной практике наиболее востребованы стекловолоконные шины, обеспечивающие полноценную длительную стабилизацию зубных рядов или отдельных групп зубов по сагиттали, во фронтальном участке, а в отдельных случаях и фронто-сагиттальную стабилизацию. Широко известны такие системы для шинирования как Glass Span, Ribond, Fiber Cor, Interling, Split-it и другие.

Целью исследования была оценка эффективности шинирования зубов при подвижности зубов с использова-

нием материала на основе неорганической стекловолоконной матрицы.

Материалы и методы

В нашем исследовании был использован материал в виде стекловолоконных лент Dentapreg, он удобен в применении за счет заводской пропитки адгезивными смолами, не требует создания дополнительной бороздки в зубах подлежащих шинированию (при наличии места по прикусу) и легко адаптируется.

Выпускаются ленты с маркировкой SFM где за счет переплетения стекловолокон она обладает большей эластичностью и ленты SFU, где укладка волокон происходит продольно и за счет этого имеют большую жесткость но менее эластичны.

Было проведено шинирование 32 больным, из них 21 женщине и 11 мужчинам в возрасте от 37 до 54 лет, из них 13 пациентов — имели диагноз генерализованный пародонтит тяжелой степени и 18 — генерализованный пародонтит средней или лёгкой степени.

Жалобы, предъявляемые больными, включали подвижность зубов, неприятный запах изо рта, кровоточивость десны при чистке, затруднение функции жевания, нарушения эстетики, в отдельных случаях страдала речь.

При обследовании пациентов учитывалось следующее:

- Глубина зубодесневых карманов (мм) с помощью градуированного зонда.
- Оценка состояния тканей пародонта — индекс кровоточивости, степень воспаления десны.
- Степень подвижности зубов по Миллеру.
- Уровень резорбции костной ткани (КЛКТ и ОПТГ).
- Состояние мышечного тонуса (бруксизм).
- Функциональная диагностика (анализ моделей челюстей, вид прикуса, окклюдограмма).
- Уровень гигиены.
- Наличие дефектов в зубном ряду.
- Наличие съёмных и несъёмных протезов.
- Вредные привычки (в том числе курение).
- Психологический статус.
- Уровень витамина D и другие маркеры костной ткани.
- Оценка частоты поломок шин с использованием стекловолоконных лент — Dentapreg.

Нами проведено шинирование зубов в переднем и боковых участках нижней и верхней челюсти, в 7 случаях проведена замена ортодонтических ретейнеров по просьбе врача-ортодонта, в 6 случаях проведено изготовление микропротезов при включенных дефектах одного зуба в переднем участке.

При шинировании использованы методы фронтальной стабилизации зубов в переднем участке (от клыка до клыка), в боковых участках челюстей применялись методы сагитальной и парасагитальной стабилизации (моляры и премоляры). При недостатке места по окклюзионной поверхности использовалась методика погружного шинирования с созданием бороздки по язычной или жевательной поверхности зубов. При тяжелых степенях генерализованного пародонтита по показаниям проводилось эндодонтическое лечение зубов перед шинированием.

Результаты

Данные наших наблюдений показали, что шинирование проводилось пациентам в 70 % случаев, имевших диагноз генерализованный пародонтит тяжелой степени. Диагноз генерализованный пародонтит средней и легкой степени тяжести встречались у 30 % пациентов.

После проведенного комплексного лечения пациенты обеих экспериментальных групп отметили стойкую ремиссию в сроки от 3 до 10 лет и улучшение общего состояния.

Анализ частоты поломок шин показал, что ведущую роль в этом играют тяжесть процессов в пародонте, степень резорбции костной ткани, степень подвижности зубов.

Большую роль играет окклюзионный фактор, так повышенная сила жевательных мышц (бруксизм ночной и дневной), использование очень жесткой пищи, плохая гигиена является негативным фактором в прогнозе эффективного пользования шиной.

Наличие дефектов в зубном ряду также является отрицательно сказывается на сроках эффективного функционирования шин, в следствии неравномерного распределения жевательной нагрузки и требует закрытия дефектов в зубном ряду с использованием съемных, несъемных конструкций или протезирования на имплантатах.

Немаловажным моментом является масса тела больного, так у людей с избыточной массой тела частота поломок шин выше в два раза в сравнении с нормальной, особенно если это сопровождается повышенным тонусом жевательной мускулатуры. Соматическая патология является отягощающим фактором, уровень витамина D, особенности проживания, образ жизни.

Выводы

1. Успех лечения зависит от степени тяжести пародонтита, подвижности зубов (II, III степень — высокий риск), уровня резорбции костной ткани.

2. Необходимо проводить рентгенологический контроль раз в год.
3. После шинирования нужно проводить диспансеризацию по индивидуальному плану, регулярные профилактические осмотры.
4. Важную роль играет совместная работа с врачом-эндокринологом и другими специалистами, динамика уровня витамина D и других показателей костного ремоделирования.
5. Повышенный мышечный тонус, бруксизм, патологическая стираемость, патология прикуса, вредные привычки — факторы неблагоприятно влияют на шины. Необходимо с использованием капп, лечебных аппаратов. При наличии дефектов в зубном ряду показано изготовление протезов.
6. Обучение правилам правильного ухода за шинами (ирригаторы, ершики, монопучковые щетки супер флоссы, индикаторы зубного налета).
7. При тяжелых степенях заболевания пародонта, его агрессивном течении наличии отягощающих факторов делать выбор в пользу радикальных методов (удаление зубов, протезирование съемными и несъемными конструкциями протезов).
8. Важно помнить, что шинирование — мера временная, а при соблюдении всех вышеперечисленных условий прогноз функционирования шин улучшается.
9. Комплексный подход, общеукрепляющая, стимулирующая терапия повышают клиническую эффективность в ближайшие и отдаленные сроки наблюдения.

Для иллюстрации приводим выписку из истории болезни №246 пациентки Б., 52 лет, которая обратилась с жалобами на подвижность зубов, кровоточивость десен при чистке зубов, эстетический недостаток. Объективно: десневой край гиперемирован, минерализованные зубные отложения и мягкий зубной налет, 21 зуб — подвижность II степени, 11 зуб — I степени, 22 зуб отсутствует (Рисунок 1). Рентгенологически: снижение уровня костной ткани — резорбция костной ткани в области верхней челюсти более 1/2 длины корней зубов, а в области нижней челюсти от 43 до 33 более 1/2 (Рисунок 2). Диагноз: частичная потеря зубов на верхней челюсти (IV класс по Кеннеди), осложненная генерализованным пародонтитом тяжелой степени

В 2019 г. проведено шинирование 13–23 с использованием искусственного полимерного зуба, как временная мера, которая позволяет решить эстетические проблемы пациента и отсрочить более постоянное протезирование. Был использован погружной метод шинирования с созданием бороздки на небной поверхности в связи с выраженной резорбцией костной ткани (Рисунок 3).



Рис. 1. Полость рта пациентки Б., 52 лет до лечения



Рис. 2. Ортопантомограмма пациентки Б., 52 лет до лечения



Рис. 3. Полость рта пациентки Б., 52 лет после лечения



Рис. 4. Ортопантомограмма пациентки Б., 52 лет после лечения

За 5 лет наблюдения — нарушение целостности конструкции произошло всего один раз спустя 2 года. Пациентка жалоб не предъявляет, на рентгенограмме 2 наблюдается образование кортикальных пластинок

в области и костных пиков межзубных промежутков, что наиболее ярко выражено в области нижней челюсти (Рисунок 4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Войтяцкая И.В., Шторина А.А. Жевательная проба как объективный метод оценки функциональной ценности протезов у больных с полным отсутствием зубов // Ученые записки СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова. — 2008. — Т. 15., № 2. — С. 90–91.
2. Загорский В.А. Особенности применения постоянного шинирования зубов при заболеваниях тканей пародонта, дефектах зубных рядов и окклюзионных нарушениях // Успехи современной науки. — 2016. — Т. 1. — №8. — С. 208–213.
3. Загорский В.А. Использование временного шинирования зубов как одного из этапов лечения при заболеваниях тканей пародонта / Символ науки. — 2016. — №8-1(20). — С. 172–176.
4. Пузырева М.Н., Субботин Р.С., Фищев С.Б., Фомин И.В., Кондратюк А.А., Орлова И.В. Дифференциальная диагностика патологических и физиологических видов резцового перекрытия // Педиатр. — 2019. — Т. 10. — № 4. — С. 39–44.
5. Фищев С.Б. Оценка результатов исследования размеров зубов у людей с нормодонтными долихогнатическими зубными дугами / С.Б. Фищев, А.Г. Климов, А.В. Севастьянов и др. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки. — 2023. — № 2-2. — С. 226–230.
6. Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Kochkonyan A.S., Karslieva A.G., Dmitrienko D.S. Modern classification of dental arches // Archiv EuroMedica. -2014. — Т. 4. — № 2. — С. 14–16.
7. Dmitrienko S.V., Fomin I.V., Domenyuk D.A., Kondratyuk A.A., Subbotin R.S. Enhancement of research method for spatial location of temporomandibular elements and maxillary and mandibular medial incisors // Archiv EuroMedica. — 2019. — Т. 9. — № 1. — P. 38–44.
8. Fischev S.B., Puzdryyova M.N., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Kondratyuk A.A. Morphological features of dentofacial area in peoples with dental arch issues combined with occlusion anomalies // Archiv EuroMedica. — 2019. — Т. 9. — № 1. — P. 162–163.
9. Shen L. He F., Zhang C. Prevalence of malocclusion in primary dentition in mainland China, 1988–2017: a systematic review and meta-analysis // Sci. Rep. — 2018. — Vol. 8. — № 1. — P. 4716.
10. Singh S., Sharma A., Sandhu N. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment needs in school going children of Nalagarh, Himachal Pradesh, India // J. Dent. Res. — 2016. — Vol. 27. — № 3. — P. 317–322.

© Шторина Анастасия Александровна (nastiya78@mail.ru); Климов Андрей Геннадьевич (pstom4@zdrav.spb.ru);
 Фищев Сергей Борисович (super.kant@yandex.ru); Рожкова Мария Геннадьевна (rozmaria2010@yandex.ru);
 Павлова Светлана Георгиевна (svetar_75@mail.ru); Севастьянов Аркадий Владимирович (ardy.dkr@mail.ru);
 Пузырева Маргарита Николаевна (seven-spb@yandex.ru); Фищева Алена Викторовна (super.kant@yandex.ru)
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

Наши авторы

Aivazova D. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, I.S. Turgenev Oryol State University

Albutova M. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Ulyanovsk State University

Al-Dumaini Omar Ahmed Hazea Shaif — Postgraduate student, Moscow State University of Civil Engineering

Allanazarov A. — assistant, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Antoneeva I. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Ulyanovsk State University

Aykin A. — Director, LLC NC BIT, Kemerovo

Bakhteeva G. — Associate Professor, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Batomunkuev A. — Postgraduate, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University

Belyanina T. — assistant, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Borzenkova T. — postgraduate student, Pacific State University, Khabarovsk, Russia

Brusova A. — Postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «MIREA — Russian Technological University» (Moscow city)

Chereshneva O. — Doctor, KDL GUZ «City Clinical Hospital № 1», Chita

Chernyaev M. — PhD, MD, Assistant, RUDN University; endovascular surgery, Moscow

Chirkin K. — Moscow State Technical University names Bauman

Davletshina A. — Kazan Federal University

Denisova Y. — Candidate of Economics of Sciences, Associate Professor, Kazan National Research Technological University

Ditkovskaya L. — Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Dudarova Kh. — candidate of biological sciences, associate professor, Ingush State University, Magas, Russia

Our authors

Dzarmotova Z. — candidate of biological sciences, associate professor, Ingush State University, Magas, Russia

Dzhancharov T. — kand. Biol. sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of the Russian State Agrarian University-Moscow State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Russian Federation, Moscow

Efimtsev S. — MIREA — Russian Technological University (Moscow)

Egorova A. — Assistant, Pacific State University, Khabarovsk, Russia

Erokina N. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Fedoseev A. — Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEP), Moscow, Russia

Filatova O. — Assistant, St. Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation

Fischev S. — MD, Professor, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Fischeva A. — Senior Laboratory Assistant at St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Gaidukov S. — Doctor of Medical Sciences, Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation

Galstyan S. — PhD, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Gaulika V. — Oncologist, Surgut District Clinical Hospital

Gavrilenko A. — Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Vascular Surgery, Petrovsky National Research Center of Surgery, Moscow

Goryachkin B. — candidate of technical Sciences, associate Professor, Moscow State Technical University names Bauman

Idrisova L. — V.I. Vernadsky Crimean Federal University

Igin P. — lead coder, LLC NC BIT, Kemerovo

Iglina M. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Ulyanovsk State University

Isaev T. — Assistant, A.A. Kadyrov Chechen State University, Ministry of Health of the Russian Federation

Ivanov D. — MD, Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation

Ivanova S. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Molecular Genetics and Biochemistry, deputy Research Director of the Mental Health Research Institute Tomsk NIMC

Kanev A. — senior lecturer, Bauman Moscow State Technical University N.E. Bauman

Kardangushev I. — Assistant, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov.

Kharichkin A. — Peoples' Friendship University of Russia

Klimov A. — PhD, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation

Klykova A. — Postgraduate student, Ulyanovsk State University

Koledinskiy A. — PhD, MD, RUDN University; endovascular surgery, Moscow

Konovalova M. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Konovalova O. — PhD, Associate Professor, Chita State Medical Academy

Kosareva E. — Graduate student, Samara State Technical University

Kotreleva A. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Russian Academy of Agriculture named after K.A. Timiryazev, Russian Federation, Moscow

Kurchina E. — Assistant, St. Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation.

Kuznetsov E. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Lecturer, Khanty-Mansiysk State Medical Academy

Larina T. — Postgraduate student, Ulyanovsk State University

Lazareva A. — V.I. Vernadsky Crimean Federal University

Lepilin A. — Doctor of Medical Sciences, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Lisitsky D. — Doctor of Medical Sciences, cardiovascular surgeon, City Clinical Hospital № 29 named after N.E. Bauman, Moscow

Lyapneva V. — V.I. Vernadsky Crimean Federal University

Maksimov V. — Postgraduate student, Russian State Social University

Maltsev V. — Chita State Medical Academy

Marinin A. — Chief Software Engineer, Moscow Financial and Industrial University «Synergy»

Matevosyan I. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Melnikov D. — postgraduate student, MIREA — Russian University of Technology (Moscow)

Mironova A. — Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Muslimova D. — V.I. Vernadsky Crimean Federal University

Naumova K. — National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute)

Nesterenko A. — Senior Lecturer, Pacific National University, (Khabarovsk)

Nikishin V. — Lead Software Engineer, LLC NC BIT, Kemerovo

Nochnoy M. — Resident doctor, N.V. Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Moscow

Orlov S. — Dr., Professor, Samara State Technical University

Paderina D. — Researcher of the Molecular Genetics and Biochemistry Laboratory, Mental Health Research Institute, Tomsk NIMC

Parsadanyan A. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Khanty-Mansiysk State Medical Academy

Pavlova S. — PhD, Associate Professor, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Poghosyan S. — Moscow State Technical University names Bauman

Ponomareva L. — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russia

Popov V. — PhD, Associate Professor, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Prokhorovich T. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Puzdyreva M. — PhD, Assistant, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Radygin V. — Ph.D., Associate Professor, National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute)

Remizov S. — head of scientific department, LLC NPO «ALZAMIR», Kemerovo

Romashkova O. — Doctor of Engineering, Professor, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russia

Rozhkova M. — Assistant, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Sadovnikov V. — Graduate student, Russian Academy of National Economy and Public Administration, Moscow

Sevastyanov A. — MD, Professor, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Shalamov D. — Assistant, Federal State Budgetary Educational Institution of the Russian State Agrarian University-Moscow State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Russian Federation, Moscow

Shalobanov S. — Doctor of Technology, professor, Pacific National University, Khabarovsk

Shalobanov S. — PhD in Engineering Science, associate professor, Pacific National University, Khabarovsk

Shcherbakova A. — Yaroslavl State Technical University

Shtorina A. — PhD, Associate Professor, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Sun Hui — Baltic State Technical University (Voenmeh) named after D.F. Ustinov

Toropov (Grigoryan) K. — I.S. Turgenev Oryol State University

Trubnikova L. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Ulyanovsk State University

Tsarenko N. — V.I. Vernadsky Crimean Federal University

Tsareva S. — Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Yaroslavl State Technical University

Tselikh E. — Doctor of Biological Sciences, Professor, Far Eastern State Transport University (Khabarovsk)

Uvarovskaya P. — Yaroslavl State Technical University

Vaganov A. — Candidate of Medical Sciences, surgeon, City Clinical Hospital № 29 named after N.E. Bauman, Moscow

Vasiliev V. — Candidate of Medical Sciences, Assistant, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Vdovina M. — Doctor, KDL GUZ «City Clinical Hospital № 1», Chita

Velichkin V. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Moscow State University of Civil Engineering

Vikhtenko E. — candidate of sciences, docent, docent, Pacific National University (Khabarovsk)

Volkova O. — assistant, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Yashnov A. — MD, Associate Professor, Chita State Medical Academy

Yavorsky D. — assistant, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Yumtsunova Ch. — laboratory assistant, KDL GUZ «City Clinical Hospital № 1», Chita

Zabavin A. — Pacific National University (Khabarovsk)

Zabolotnicova V. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russia

Zagorulko A. — MD, Assistant, RUDN University; Head of department of endovascular surgery in State budgetary healthcare institution of the city of Moscow «Moscow city clinical oncological hospital №1 of the Department of health», Moscow

Zhangeriev A. — Candidate of Economic Sciences, associate professor, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov (Nalchik)

Zhangeriev S. — Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov

Zhilkina O. — assistant, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Zhuang Xintong — Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics

Zhurankov M. — MIREA — Russian Technological University (Moscow)

Zueva A. — PhD, Associate Professor, MIREA — Russian Technological University

Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе «Антиплагиат».

За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Редакционная коллегия оста вляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением “.doc”, или “.rtf”, шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускается.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Литература составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные — 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» (e-mail: redaktor@nauteh.ru).