

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 3 2024 (МАРТ)

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>

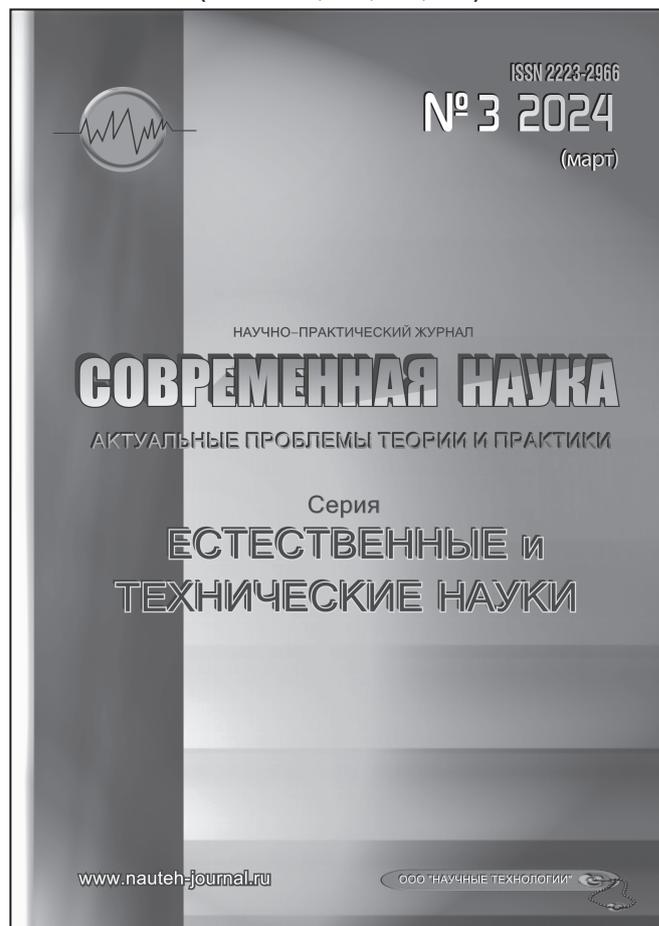
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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 25.03.2024 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

- Сивков Ю.В., Никифоров А.С.** — Исследование способов повышения эффективности восстановления земель, загрязненных нефтепродуктами
Sivkov Yu., Nikiforov A. — Research of ways to increase the effectiveness of restoration of land contaminated by petroleum products7

Информатика, вычислительная техника и управление

- Апешин Д.Н., Воробьев А.В., Захарова О.И.** — Онтология для управления массовым производством
Apeshin D., Vorobev A., Zakharova O. — Ontology for mass production management9

- Верезубова Н.А., Яковлева О.А., Петракова Н.В.** — Информационные технологии в животноводстве: обзор новых цифровых решений
Verezubova N., Yakovleva O., Petrakova N. — Information technologies in animal husbandry: overview of new digital solutions18

- Гончаров А.В., Короткий А.А.** — Цифровая трансформация и автоматизация промышленных предприятий в условиях национальной экономики
Goncharov A., Korotkij A. — Digital transformation and automation of industrial enterprises in the context of the national economy23

- Дощик К.В.** — Принципы и способы разработки информационных моделей при проектировании систем
Doshchik K. — Principles and methods of developing information models in systems design28

- Елин В.М., Царегородцев А.В.** — Об обеспечении безопасности критической информационной инфраструктуры методами уголовного права
Elin V., Tsaregorodtsev A. — On ensuring the security of critical information infrastructure by methods of criminal law32

- Елин В.М., Царегородцев А.В.** — Об использовании методов форсайта в целях прогнозирования угроз информационной безопасности на среднесрочный период
Elin V., Tsaregorodtsev A. — On the use of foresight methods in order to predict threats to information security in the medium term37

- Жбури Осам Касим АбдЗайд, Карим Мохаммед Хаким Карим** — Системно-аналитический подход к выбору методов и алгоритмов радиопеленгации при воздействии шумов
Gburi Osamah Qasim Abd Zaid, Kareem Mohammed Hakeem Kareem — System-analytical approach to the selection of radio direction finding methods and algorithms under influence of noise42

- Киляков Д.А., Петров В.Е.** — Разработка моделей цифровых сервисов в машиностроении с использованием универсального алгоритма
Kilyakov D., Petrov V. — Development of models of digital services in mechanical engineering using a universal algorithm46

- Конузель Е.А.** — Инновационное развитие систем принятия решений и перспективы их развития
Konuzel E. — Innovative development of decision-making systems and prospects for their development51

- Корниенко Д.В., Попов Д.И.** — Моделирование процессов обмена данными между программными продуктами посредством интеграционных шин
Kornienko D., Popov D. — Modeling of data exchange processes between software products using integration buses56

- Литвинов Д.М.** — Методы и подходы определения областей внедрения чат-ботов в банковских организациях
Litvinov D. — Methods and approaches to identifying domains for chatbot implementation in banks63

- Лубенцов А.В., Кобзистый С.Ю.** — Системный анализ практической реализации метода построения матрицы рисков и оценки затрат на противодействие

- Lubentsov A., Kobzisty S.* — A systematic analysis of the practical implementation of the method of constructing a risk matrix and estimating the cost of counteraction69
- Марченко К.Ю., Яблоков А.Е.** — Средства контроля продуктов измельчения на базе нейросетевых технологий
Marchenko C., Yablokov A. — Means of control of grinding products based on neural network technologies75
- Мусина А.В., Леонов П.Ю.** — Архитектурные особенности миграции данных из зарубежной системы в российский аналог на примере перехода из Power BI в Visiology
Musina A., Leonov P. — Architecture features of data migration from foreign system to Russia analogue by the example of migration from Power BI to Visiology82
- Нестеров С.Г.** — Анализ применения адаптивных методов машинного обучения к задаче обнаружения вторжений в компьютерную сеть
Nesterov S. — Analysis of the use of adaptive machine learning methods to the task of intrusion detection in a computer network88
- Потапова Д.А., Брысин А.Н.** — Антропоморфизм компьютерных вирусов
Potapova D., Brysin A. — Anthropomorphism of computer viruses93
- Сидорин С.Ю.** — Автоматизированная киберустойчивая система на пищевых предприятиях
Sidorin S. — Automated cyber-resistant system in food enterprises96
- Ситняковская Е.И., Перцев И.В.** — Революция новых информационных технологий в образовании: Образование 2.0
Sitnyakovskaya E., Pertsev I. — Education 2.0: The revolution of new information technologies in education 100
- Соколов И.Н.** — Возможности использования функциональных языков для автоматизации задач верификации
Sokolov I. — Possibility of using functional languages to automate verification tasks 106
- Суздальский Д.А.** — Применение нечетких когнитивных карт в условиях принятия решений для обеспечения информационной безопасности
Suzdalsky D. — Application of fuzzy cognitive maps in decision making conditions to ensuring information security 113
- Трифанов Д.С., Простакова А.А., Попов А.А.** — Использование библиотеки Dash как BI-системы в условиях импортозамещения
Trifanov D., Prostakova A., Popov A. — Using the Dash library as a BI-system in conditions of import substitution 118
- Чернигин А.Н., Плотников С.Б.** — Вопрос применения термина «цифровой двойник» в современном информационном обществе
Chernigin A., Plotnikov S. — The question of the use of the term «digital double» in the modern information society 123
- Чернышова Т.В., Чернышова Е.А., Титков А.А.** — Внедрение информационных технологий и автоматизации в промышленность: проблемы и пути решения
Chernyshova T., Chernyshova E., Titkov A. — Introduction of information technologies and automation in industry: problems and solutions. . 130
- Чжан Чэнь** — Повышение эффективности промышленных процессов с применением автоматизации и робототехники
Zhang Chen — Improving the efficiency of industrial processes using automation and robotics 135
- Шурыгин А.М., Брысин А.Н., Журавлева Ю.А., Потапова Д.А.** — Анализ ограничений при симметричном и асимметричном шифровании данных
Shurygin A., Brysin A., Zhuravleva Yu., Potapova D. — Analysis of limitations in symmetric and asymmetric data encryption 142
- Яковлева О.В., Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н., Чискидов С.В.** — Имитационная модель управления обработкой и передачей виртуальных данных в вычислительных комплексах и компьютерных сетях вуза
Yakovleva O., Romashkova O., Ermakova T., Chiskidov S. — Simulation model of management of

processing and transmission of virtual data
in computing complexes and computer networks
of the university 146

Клиническая медицина

**Алиев Н.А., Бурдюков М.С., Караева А.К.,
Хамидов М.А., Шамилова С.Г.** — ЭУС-
тонкоигольная пункция параэзофагеального
лимфатического узла для морфологической
верификации саркоидоза средостения. Описание
клинического случая
*Aliiev N., Burdyukov M., Karaeva A., Khamidov M.,
Shamilova S.* — EUS is a fine needle puncture of
the paraesophageal lymph node for morphological
verification of mediastinal sarcoidosis.
Description of the clinical case 154

Белоус В.В. — Первично-множественный рак кожи
Belous V. — Primary-multiple skin cancer 157

Болгов Д.Ю., Кузнецов С.И., Ткаченко М.С. —
Эндотелин-1 и фактор роста эндотелия сосудов
(VEGF) как маркеры эндотелиальной дисфункции
у больных ишемической болезнью сердца (ИБС),
в том числе перенесших новую коронавирусную
инфекцию (COVID-19)
Bolgov D., Kuznetsov S., Tkachenko M. — Endothelin-1
and vascular endothelial growth factor (VEGF)
as markers of endothelial dysfunction in patients
with coronary heart disease (CHD), including those
who have survived new coronavirus infection
(COVID-19) 162

**Буцан С.Б., Пономарев А.Э., Ахметханова О.С.,
Курбанов Р.С.** — Остеомиелит нижней челюсти,
как осложнение дентальной имплантации.
Описание клинического случая
*Butsan S., Ponomarev A., Akhmetkhanova O.,
Kurbanov R.* — Case of mandible osteomyelitis, as a
complication of dental implant surgery 168

**Жалилов А.К., Мерзляков В.Ю., Ключников И.В.,
Скопин А.И., Мамедова С., Саломов М.,
Пулатов О.К.** — Результаты коронарного
шунтирования у больных ОКС с нестабильной
стенокардией
*Jalilov A., Merzlyakov V., Klyuchnikov I., Skopin A.,
Mammadova S., Salomov M., Pulatov O.* — Results
of coronary bypass surgery in patients ACS with
unstable angina 177

**Исаева А.В., Герасименко И.Н., Мирзоев Р.А.,
Танделова И.С.** — Оперативное решение
врожденных пороков развития пищеварительного
тракта у новорожденных детей и предикторы
благополучного исхода лечения и реабилитации
Isaeva A., Gerasimenko I., Mirzoev R., Tandelova I. —
Surgical solution of congenital malformations
of the digestive tract in newborns and predictors
of a successful outcome of treatment and
rehabilitation. 184

Кумахов А.А., Улимбашева Э.С., Шакова З.М. —
Развитие осложнений у пациента с болезнью
Паркинсона при лечении амантадином. Разбор
клинического случая
Kumakhov A., Ulimbasheva E., Shakova Z. — The
development of complications in a patient
with Parkinson's disease during treatment with
amantadine. Analysis of a clinical case. 189

Кунешко Н.Ф., Ким В.В., Ершов А.В. — Роль
одновременной оценки показателей гемостаза
и доплерометрии в ранней диагностике задержки
роста плода и снижении акушерских осложнений
и перинатальных потерь
Kuneshko N., Kim V., Ershov A. — The role of
simultaneous assessment of hemostasis and Doppler
measurements in the early diagnosis of fetal growth
restriction and reduction of obstetric complications
and perinatal losses 192

**Кучеренко Ю.А., Толстихина Д.М.,
Исмаилов Э.М., Мустафаева Л.Р.,
Бекирова С.С.** — Клиническое наблюдение
беременности в рудиментарном роге:
клинический случай
*Kucherenko Yu., Tolstihina D., Ismailov E., Mustafaeva L.,
Bekirova S.* — Pregnancy in the rudital horn: case
report 197

Орловский Д.Р., Орловская Ю.Е., Бессонов С.Н. —
Оценка передне-заднего положения центральных
резцов верхней челюсти относительно
клинического лба
Orlovskiy D., Orlovskaya Iu., Bessonov S. — Assessment
of the antero-posterior position of the central incisors
of the upper jaw relative to the clinical forehead. . 201

Орловский Д.Р., Бессонов С.Н., Шорстов Я.В. —
Измерение клинического лба и определения
индивидуальных передне-задних границ
нахождения центральных резцов верхней челюсти
по 3D модели лица

Orlovskiy D., Bessonov S., Shorstov Ia. — Measurement of the clinical forehead and determination of the individual antero-posterior boundaries of the central incisors of the upper jaw using a 3D model of the face..... 206

Рамазанова З.Г. — Вклад сердечно-сосудистой патологии и отягощенного онкоанамнеза в формирование состояния тромботической готовности

Ramazanova Z. — Contribution of cardiovascular pathology and aggravated oncoanamnesis in the formation of thrombotic readiness state..... 210

Шутов Ю.М., Шумков О.А., Верятин Я.А. —

Применение аутотромбоцитарных факторов роста в сочетании с лимфокоррекцией у больных с длительно незаживающими венозными трофическими язвами

Shutov Yu., Shumkov O., Veryatin Ya. — Application of autoplatelet growth factors in combination with lymphocorrection in patients with long-term non-healing venous trophic ulcers..... 219

Наши авторы 225

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

RESEARCH OF WAYS TO INCREASE THE EFFECTIVENESS OF RESTORATION OF LAND CONTAMINATED BY PETROLEUM PRODUCTS

**Yu. Sivkov
A. Nikiforov**

Summary. The paper discusses ways to increase the efficiency of remediation of oil-contaminated soils, such as bioventilation and the use of remediation complexes based on surfactants. The results of field and laboratory studies of the use of these methods, which have shown their effectiveness, are presented.

Keywords: oil pollution, ecology, bioremediation, new reclamation technologies.

Сивков Юрий Викторович

*К.б.н., доцент,
Тюменский индустриальный университет
sivkovjv@tyuiu.ru*

Никифоров Артур Сергеевич

*К.б.н., доцент,
Тюменский индустриальный университет
nikiforovas@tyuiu.ru*

Аннотация. В работе рассмотрены способы повышения эффективности восстановления нефтезагрязненных почв, таких как биоventилиция и применение восстановительных комплексов на основе поверхностно-активных веществ. Приведены результаты полевых и лабораторных исследований применения данных способов, которые показали свою эффективность.

Ключевые слова: нефтезагрязнение, экология, биоремедиация, новые технологии рекультивации.

Проблема загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами остаётся актуальной проблемой для регионов расположения объектов нефтегазового комплекса. Это связано с тем, что процессы добычи, транспортировки и переработки нефти связаны с большим количеством аварийных разливов.

Почва, обладая способностью к самовосстановлению при попадании в нее нефтепродуктов не способна это сделать самостоятельно за короткие сроки. Процесс самовосстановления может занимать достаточно длительное время. Исследованиями Другова Ю.С. установлено, что скорость самоочищения почв может достигать до 10 лет [1]. Нашими исследованиями установлено, что в процессе естественного самоочищения почв снижение остаточного содержания нефтепродуктов наблюдается только на четвертый год (86,0 и 91,5 %), а в течение первого года наблюдений изменения практически не наблюдались [2].

Чтобы предотвратить миграцию нефтепродуктов на большие площади, необходимо использовать уже имеющиеся технологии восстановления нефтезагрязненных почв, а также новые, способные ускорить процесс восстановления [3].

Исследования по применению способов повышения эффективности рекультивации земель, загрязненных нефтепродуктами, проводились в первом случае с при-

менением технологии биоventилиции и во втором с применением восстановительных комплексов на основе поверхностно-активных веществ.

Опыт по биоремедиации почв, загрязненных нефтепродуктами, на основе биоventилиционной технологии проводился на луговых почвах подтаёжной зоны юга Тюменской области [4]. В процессе эксперимента изучалось влияние искусственной аэрации нефтезагрязненной почвы с целью ускорения процесса биодеградации углеводородов. В качестве загрязнителя выступало летнее дизельное топливо. В качестве биодеградатора углеводородов применялся бактериальный препарат на основе микробной культуры *Acinetobacter sp.*

Постановка опыта осуществлялась в полевых условиях. На заранее подготовленные и загрязненные дизельным топливом реперные участки осуществлялась подача воздуха с помощью компрессора через оборудованный из металлической трубки иглофильтр. Аэрация загрязненного слоя почвы проводилась ежедневно в течение 30 минут. Для изучения динамики процесса биодеградации углеводородного загрязнения оценивалось почвенное дыхание по величине эмиссии углекислого газа. Для проведения оценки до начала подачи воздуха в оборудованных скважинах устанавливался прибор определения концентрации CO₂ (VENTpro).

При проведении эксперимента было установлено, что величина эмиссии CO₂ в течение первых суток на за-

грязненной почве остается в значении 560 и 977 ppm для обоих вариантов опыта. Значение CO₂ в уличном воздухе составляет в среднем 400 ppm [5]. На 10 сутки концентрация нефтепродуктов снижается в 1,3 раза, а значение ppm CO₂ увеличивается почти в 17 раз, что говорит об усилении процесса биодegradации углеводородного загрязнения имеющимися аборигенными штаммами микроорганизмов.

Таким образом, применение технологии биовентиляции позволило снизить остаточное содержание нефтепродуктов на загрязненных участках в среднем на 26 %.

На 10 сутки от начала эксперимента в один вариант опыта был внесен биопрепарат на основе микробной культуры *Acinetobacter sp.* После внесения биопрепарата отмечается повышение эффективности очистки почвы, что подтверждается снижением остаточного содержания нефтепродуктов в 1,4 раза по сравнению с исходным значением, а остаточное содержание нефтепродуктов в опыте без добавления бактерий не изменяется. В тоже время повышенное значение эмиссии CO₂ на опытных площадках говорит о работе углеводородокисляющих бактерий и выделением ими достаточно большого количества углекислого газа.

На 25 сутки после внесения биопрепарата было отмечено снижение остаточного содержания нефтепродуктов в среднем на 49 %, в то время как на вариантах без внесения биопрепаратов остаточное содержание нефтепродуктов не изменилось.

Исследование снижения остаточного содержания нефтепродуктов за счет применения восстановительных комплексов на основе поверхностно-активных веществ, проводилось в лабораторных условиях на торфяной почве (почва для опыта была взята с Тарманского болотного массива). Опыт заключался в моделировании углеводородного загрязнения торфяной почвы из расчета

5 % от объема с последующим внесением восстановительных комплексов на основе поверхностно-активных веществ с добавлением углеводородокисляющих бактерий и питательных веществ.

Отбор почвенных образцов для проведения исследования на остаточное содержание нефтепродуктов производился на 8 и 26 сутки от начала эксперимента.

Анализируя эффективность применения восстановительных комплексов на основе поверхностно-активных веществ можно отметить их положительное влияние по всем вариантам лабораторного эксперимента [6], в среднем снижение остаточного содержания нефтепродуктов в первые восемь дней составляло 11 %, а через 26 дней 31 % по всем вариантам от начала эксперимента.

В свою очередь в вариантах с добавлением биологического препарата на основе микробной культуры *Acinetobacter sp.* во все сроки не отмечено значительных отклонений от средних значений скорости снижения остаточного содержания нефтепродуктов. В среднем по вариантам остаточное содержание нефтепродуктов для торфяной почвы снизилась в 1,14 раза в первые 8 дней и 1,49 раз в последующие 26 дней.

Максимальное снижение остаточного содержания нефтепродуктов отмечается в вариантах, где добавлялись поверхностно активные вещества, биопрепарат и удобрение (до 13,7 г/кг).

Таким образом, применение новых технологических подходов способствует повышению эффективности восстановления почв, загрязненных углеводородами уже в первом вегетационном периоде. Полученные результаты свидетельствуют о возможности эффективного их применения при рекультивации нефтезагрязненных территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Другов Ю.С. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов: практическое руководство / Ю.С. Другов, А.А. Родин. — 3-е изд., электрон. — Москва: Лаборатория знаний, 2020 — 273 с. — Текст: электронный.
2. Никифоров, А.С. Биоремедиация нефтезагрязненных луговых почв Юга Тюменской области: специальность 03.02.08 «Экология (по отраслям)»: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Никифоров Артур Сергеевич, 2021. — 142 с. — EDN ROTHWC.
3. Капелькина, Л.П. Рекультивация земель в свете новых нормативных документов / Л.П. Капелькина // Почвы — стратегический ресурс России: Тезисы докладов VIII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Школы молодых ученых по морфологии и классификации почв, Сыктывкар, 22 апреля — 08 2021 года / Отв. редакторы С.А. Шоба, И.Ю. Савин. Том Часть 3. — Москва-Сыктывкар: Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, 2021. — С. 871–873. — EDN ZEPZFO.
4. Павлов, В.И. Биовентиляция как современная технология рекультивации нефтезагрязненных почв / В.И. Павлов, Ю.В. Сивков // Арктика: современные подходы к производственной и экологической безопасности в нефтегазовом секторе: Материалы Национальной научно-практической конференции, Тюмень, 29 ноября 2021 года. — Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2022. — С. 266–269. — EDN ZNEGUT.
5. Robertson, D.S. Health effects of increase in concentration of carbon dioxide in the atmosphere / D.S. Robertson // Current Science (India). — 2006. — Vol. 90, No. 12. — P. 1607–1609. — EDN НКВМХJ.
6. Никифоров, А.С. Применение препарата на основе поверхностно-активных веществ для очистки нефтезагрязненных почв / А.С. Никифоров, Ю.В. Сивков, С.В. Александров // Естественные и технические науки. — 2022. — № 5(168). — С. 65–67. — DOI 10.25633/ETN.2022.05.03. — EDN HVOTIR.

© Сивков Юрий Викторович (sivkovjv@tyuiu.ru); Никифоров Артур Сергеевич (nikiforovas@tyuiu.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОНТОЛОГИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МАССОВЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

ONTOLOGY FOR MASS PRODUCTION MANAGEMENT

D. Apeshin
A. Vorobev
O. Zakharova

Summary. In the modern era of industrial transformations, the concept of ontologies becomes particularly relevant in the context of mass production. Ontologies, as formalized models of subject areas, provide unique tools for structuring and describing the knowledge necessary to optimize processes, manage data and improve the efficiency of production chains. The research is driven by a desire to understand how ontologies contribute to process improvement and support innovative management approaches in modern industrial environments. The article describes an approach to structuring information from manufacturing enterprises. Involved in the design and modeling of an ontological model with visualization in the form of a semantic connection between classes, relationships, constraints and axioms. As a result, the OntoMFG ontology was developed for mass production management. During the analysis and design, the main elements of the model were identified and connected by relationships between them, and restrictions and axioms were also developed for the correct behavior of the system. Using the developed method, mass production problems can be solved, including both the production process itself and the organizational process within the enterprise.

Keywords: ontology, ontological modeling, object model, Neo4j, ontological engineering, automated construction, Web Ontology Language, OntoMFG, ontology classes, ontology restrictions, ontology axioms, ontology relations.

Введение

Современный бизнес переживает быстрый технологический сдвиг, и в этом контексте онтологии становятся ключевым инструментом для эффективного управления знаниями. Онтологии представляют собой формальные модели, которые помогают структурировать и интегрировать данные, обеспечивая лучшее понимание предметных областей и облегчая взаимодействие между различными бизнес-процессами. Также считает Захарова О.И., в условиях лавинообразного

Апешин Дмитрий Николаевич

Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики, г. Самара
apeshin.dmn@gmail.com

Воробьев Артём Владимирович

Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики, г. Самара
vorobev.artem.wl@gmail.com

Захарова Оксана Игоревна

Доцент, к.т.н., НИЛ ИИ, Поволжский государственный
университет телекоммуникаций
и информатики, Самара
xeniya-luna@list.ru

Аннотация. В современной эпохе промышленных трансформаций концепция онтологий приобретает особую актуальность в контексте массового производства. Онтологии, как формализованные модели предметных областей, предоставляют уникальные инструменты для структурирования и описания знаний, необходимых для оптимизации процессов, управления данными и повышения эффективности производственных цепочек. В основе исследования лежит стремление понять, как онтологии способствуют совершенствованию производственных процессов и поддерживают инновационные подходы к управлению в современной промышленной среде. В ходе статьи описывается подход к структурированию информации производственных предприятий. Задействовано проектирование и моделирование онтологической модели с визуализацией в виде семантической связи классов, отношений, ограничений и аксиом. В результате была разработана онтология OntoMFG для управления массовым производством. В ходе анализа и проектирования были выделены основные элементы модели и соединены отношениями между ними, также разработаны ограничения и аксиомы для корректного поведения системы. С помощью разработанной метода могут быть решены задачи массового производства, включающие как сам процесс производства, так и организационный процесс внутри предприятия.

Ключевые слова: онтология, онтологическое моделирование, объектная модель, Neo4j, онтологический инжиниринг, автоматизированное построение, Web Ontology Language, OntoMFG, классы онтологий, ограничения онтологий, аксиомы онтологий, отношения онтологий.

увеличения объема данных, автоматизация их обработки считается самым актуальным вопросом в цифровых коммуникациях. При этом считается, что алгоритм автоматического обновления онтологии на основе использования экспертной системы и онтологических правил логического вывода является наиболее значимым и востребованным в самых различных областях человеческой деятельности. [1 С. 194–195].

В данной статье исследуются вопросы важности и роли онтологий в современном бизнесе. Их применение для решения задач бизнеса в рамках данного

исследования подробно рассматривалось для систематизации информации, создания единообразного терминологического поля и поддержки процессов принятия решений. Были проанализированы успешные кейсы внедрения онтологий в различных отраслях, выявлены их преимущества и потенциальные вызовы.

Особое внимание уделено роли онтологий в создании интеллектуальных систем, способных адаптироваться к изменяющимся условиям бизнес-среды. Также затрагивались вопросы перспективы развития онтологических подходов в свете современных тенденций.

Основная цель исследования заключается в том, чтобы не только проанализировать текущее положение дел в области онтологий в бизнесе, но и сформулировать практические рекомендации для успешного внедрения и использования онтологий в деятельности организаций.

Онтологии в Информационных Технологиях: Анализ, Моделирование, Применение

Как утверждал Боргест, онтология традиционно философская дисциплина нашла свое продолжение и развитие в форме онтологического анализа. Онтология проектирования определяет суть сложного процесса моделирования будущего. Онтология как наука о сущем в своем прикладном значении исследует закономерности того, что уже существует. Проектирование же изначально процесс создания того, чего еще нет. [2. С. 6–7]. В свою очередь онтологии — это системы знаний, которые описывают структуру и свойства понятий в определенной области знания. Они представляют собой набор правил и ограничений, которые определяют, какие понятия могут быть связаны друг с другом и какие свойства они могут иметь. Также онтологии можно описать как, формализованные концептуальные знания о предметной области, представленные в форме, допускающей компьютерную обработку и используемые в правилах принятия решений. Концептуальность знаний онтологии означает, что эти знания формулируются в терминах основных понятий и отношений, описывающих фрагменты окружающего мира. [3. С. 155–156].

Онтологии могут использоваться для различных целей, например:

1. Для систематизации знаний в определенной области и облегчения их понимания.
2. Для автоматической обработки информации, такой как извлечение знаний из текстов или обработка данных в базах знаний.
3. Для интеграции данных из разных источников, таких как базы данных, текстовые документы и т. д.

Одним из главных преимуществ является то, что они позволяют описывать знания на высоком уровне аб-

стракции, что делает их универсальными и применимыми в различных областях.

Кроме того, онтологии могут быть использованы для создания систем управления знаниями, которые позволяют организовывать, хранить и обрабатывать информацию. Например, Semantic Web — это система управления знаниями, которая использует онтологии для описания информации и обеспечения ее доступности для автоматических систем обработки.

Однако, их создание и использование также имеет свои сложности. Одна из них — это необходимость разработки и поддержки онтологий, которые должны быть точными, полными и согласованными. Кроме того, необходимо учитывать ограничения в вычислительных ресурсах и требования к производительности систем, которые используют онтологии.

Тем не менее, они продолжают развиваться и находить все больше применений в различных областях, от медицины до искусственного интеллекта. Их использование позволяет улучшить эффективность работы с информацией, автоматизировать процессы обработки данных и создавать более точные и полезные системы управления знаниями.

Онтологии могут использоваться в социальных сетях и других интернет-сервисах, использование онтологий может значительно улучшить поиск информации и предложить пользователям более релевантные результаты. Например, Яндекс активно использует онтологии для определения интересов пользователей и предоставления им соответствующей информации [4]. Использование онтологий также имеет большое значение для структурирования и представления знаний в системах управления информацией [5]. Таким образом, использование онтологий имеет большой потенциал для улучшения пользовательского опыта и качества предоставляемой информации в различных интернет-сервисах.

Помимо этого, данные системы используются для создания систем автоматической обработки языка, таких как чат-боты и системы распознавания речи. В этих системах онтологии используются для определения смысла слов и фраз, а также для связывания их с соответствующими действиями или ответами.

Еще одним примером использования онтологий в обработке языка является система распознавания речи. Например, Link Grammar или «Грамматика связей» эта система может использовать онтологию, чтобы определить, что означает слово «молоко» в контексте фразы «дай мне молоко». Если система знает, что молоко — это продукт, который можно купить, она может предложить пользователю купить молоко. [6] Как заявляют авторы

в статье, посвящённой NLP, оно включает в себя анализ и интерпретацию текстов, что является одной из главных задач онтологии. Языковые модели позволяют извлекать из текста информацию, структурировать ее и делать выводы. [7] Онтология, в свою очередь, позволяет систематизировать и представлять знания в виде моделей. Таким образом, NLP и онтологии дополняют друг друга при обработке и анализе текстов.

Джуравски и Мартин описали использование статистических методов для определения значений слов. Они приводят пример со словом «cat», которое может быть, как домашним животным, так и аббревиатурой. Статистический метод позволяет определить, в каком контексте чаще всего используется слово «cat». [8]

Наконец, онтологии используются в системах машинного обучения. Например, при обучении нейронных сетей можно использовать онтологии для определения семантики входных данных и для улучшения качества обучения.

В целом, онтологии играют важную роль в современном мире, помогая нам обрабатывать и понимать информацию, а также создавать более эффективные системы управления знаниями и автоматизированной обработки языка.

Более подробно в статье мы остановимся на использовании онтологии в проектировании производства, т.к. это наиболее правильное и логичное её применение, однако для лучшего понимания для начала разберем её на более простом примере, семантической сети автомобиля:

В данном примере рассмотрены классы объекта автомобиля, такие как кузов, силовая установка, трансмиссия, топливная система, также есть вложенные классы, входящие в состав предыдущих классов. Вложенные классы нужны для обобщения основных классов и более детальном планировании общей системы. На примере онтологий можно описать множество систем и устройств в современном мире, в данной статье онтологии будут использоваться для описания новой модели для управления массовым производством и проектами.

Использование онтологий в построении бизнес-процессов

Онтологии представляют собой, несомненно, важный аспект в контексте информационной архитектуры и стратегического управления данными крупных предприятий. В условиях, когда поток информации становится необузданным, источники данных разнообразны, а форматы представления информации различны, онтологии становятся своего рода «языком бизнеса», обеспечивая единое понимание и интерпретацию данных.

Основная важность внедрения онтологий в сфере управления производствами:

1. Структурирование и систематизация данных: Онтологии позволяют выстраивать ясную структуру данных, определять ключевые концепции и их взаимосвязи. Это существенно упрощает управление проектом, обеспечивая понимание и легкость взаимодействия с информацией.
2. Улучшение коммуникации: Внедрение онтологий способствует улучшению коммуникации между участниками проекта, обеспечивая общий язык и стандарты терминологии. Это снижает вероятность недоразумений и улучшает обмен информацией.
3. Семантический анализ данных: Онтологии обеспечивают семантическую обработку данных, что позволяет проводить более глубокий анализ информации. Это, в свою очередь, способствует выявлению паттернов, трендов и дает дополнительные инсайты для принятия обоснованных решений.
4. Автоматизация процессов: Использование онтологий поддерживает автоматизацию различных процессов в управлении проектами. Например, автоматизированная обработка данных, основанная на онтологиях, может значительно сократить временные затраты и уменьшить вероятность ошибок.
5. Управление рисками: Онтологии могут быть эффективным инструментом для управления рисками в проектах, предоставляя структурированный и системный подход к идентификации, оценке и управлению рисками.

Нередко крупные предприятия оперируют с разнообразными системами и базами данных, что создает вызовы в интеграции информации. Онтологии решают эту проблему, предоставляя единый стандарт для классификации данных. Такой подход позволяет эффективно интегрировать данные из различных источников, обеспечивая единый и структурированный вид информации для принятия решений.

Поиск и извлечение информации в огромных объемах данных становится более эффективным и интуитивно понятным с использованием онтологий. Они предоставляют средства для быстрого доступа к необходимой информации и обеспечивают ее контекстуальное понимание. Это способствует улучшению оперативности принятия решений, что в современном бизнесе является ключевым конкурентным преимуществом. Также авторы высказывали, онтологии играют важную роль в улучшении эффективности поиска и извлечения информации в больших объемах данных. Они обеспечивают быстрый доступ к необходимым данным и их контекстуальное понимание, что способствует повышению оперативности

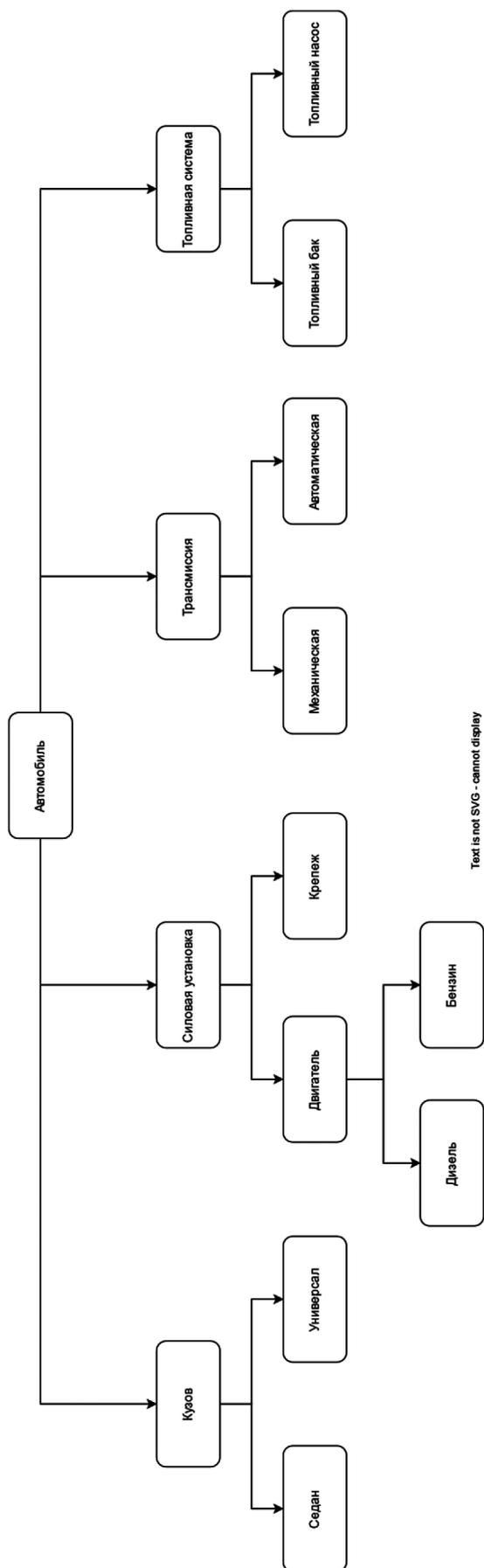


Рис. 1. Пример построения семантической сети онтологии автомобиля

принятия решений и является ключевым конкурентным преимуществом в современном бизнесе. [9]

Принятие решений на основе онтологий становится более обоснованным и информированным процессом. Благодаря формализованным моделям и аналитическим инструментам, предоставляемым онтологиями, предприятия могут анализировать данные с высокой точностью и выявлять скрытые зависимости. Это дает возможность выстраивать стратегии, ориентированные на фактическую информацию, что важно для успешного оперирования в динамичной бизнес-среде.

Онтологии также стимулируют обмен знаний внутри компании. Они создают общий язык, упрощая коммуникацию между различными подразделениями. Это улучшает координацию и совместную работу, что особенно важно в условиях современного бизнеса, требующего высокой степени внутренней взаимосвязи.

Наконец, автоматизация бизнес-процессов с применением онтологий поднимает эффективность операций на новый уровень. Эти инструменты могут стать основой для создания интеллектуальных систем, способных автоматизировать рутинные задачи и снижать вероятность ошибок. Это освобождает человеческие ресурсы для выполнения более сложных задач и стратегического мышления. В исследованиях показано, что автоматизация бизнес-процессов с использованием онтологий значительно повышает эффективность работы. Онтологии могут быть использованы для создания интеллектуальных систем, которые способны автоматизировать рутинные задачи, снижая таким образом вероятность возникновения ошибок. Это позволяет освободить человеческие ресурсы для решения более сложных задач и стратегического планирования. [10, 11]

В целом, использование онтологий становится неотъемлемым элементом успешной цифровой трансформации крупных предприятий. Они не только помогают управлять данными более эффективно, но и становятся основой для интеллектуальных бизнес-процессов, способствуя гибкости и конкурентоспособности в быстро меняющемся бизнес-мире.

Концепция и обоснование бизнес-идеи онтологии OntoMFG

В рамках исследования по тематике данной статьи была создана онтология — OntoMFG (Ontology Manufactory), направленная преимущественно на большие предприятия. Данная онтология помогает решать сразу множество проблем производства:

1. онтология позволяет эффективно управлять ресурсами, оптимизировать их использование и учитывать ограничения, что может привести

к более эффективному производственному процессу;

2. определение и управление потенциальными рисками проекта позволяет предупреждать проблемы и принимать меры по их устранению, что способствует более надежному выполнению проектов;
3. с использованием стандартов качества и задач позволяет обеспечивать высокое качество производимых продуктов;
4. онтология поддерживает управление сроками задач и общим бюджетом проекта, что позволяет более точно планировать и контролировать выполнение проектов.
5. позволяет использовать информацию об оптимизации рабочей силы, можно создавать эффективные рабочие графики, учитывая требования производства;
6. более точное определение производственных возможностей и максимальной производительности оборудования оценивать эффективность производства и вносить коррективы для ее улучшения;
7. обеспечивает структурированное хранение данных, что упрощает анализ производственных процессов и обеспечивает прозрачность в управлении проектами;

Язык обладает рядом преимуществ:

- Формализация Знаний — OWL предоставляет формальные средства для представления знаний, что упрощает их обработку.
- Интероперабельность — Стандартизированный формат OWL обеспечивает высокий уровень совместимости и взаимодействия между различными информационными системами.
- Инференция — Возможность автоматического вывода.

Использование онтологии в производственной сфере позволяет интегрировать различные аспекты управления проектами и производственными процессами, повышая эффективность и улучшая общую работу предприятия.

Разработка продукта

Проект представленный в статье описан на языке OWL (Web Ontology Language) — язык формализации знаний, разработанный для создания и обмена онтологиями в семантическом вебе. Этот язык обеспечивает стандартизированный способ описания концепций, отношений и свойств в предметной области.

В своей основе проект состоит:

1. Классы в онтологии представляют собой категории объектов с общими характеристиками.

2. Отношения описывают связи между классами и объектами в онтологии.
3. Аксиомы формулируют утверждения о свойствах и отношениях между классами и объектами в онтологии.
4. Ограничения применяются к значениям свойств данных и устанавливают правила для допустимых значений.

Таким образом, классы организуют объекты, отношения определяют связи между ними, аксиомы формулируют правила и законы, а ограничения уточняют значения свойств данных, устанавливая ограничения на их допустимость. Все вместе эти элементы помогают создать структурированную и формализованную модель для описания предметной области.

В проекте OntoMFG используются следующие сущности:

1. Базовые классы:
 - 1.1. Project (Проект) — класс, представляющий общий проект производства;
 - 1.2. Task (Задача) — класс, описывающий отдельную задачу в рамках проекта;
 - 1.3. Resource (Ресурс) — представляемые ресурсы, необходимые для выполнения задачи, такие как оборудование и рабочая сила;
 - 1.4. Risk (Риск) — описывает потенциальные риски проекта;
 - 1.5. ProjectTeam (Команда проекта) — команда, участвующая в проекте;
 - 1.6. Equipment (Оборудование) — описывающий используемое оборудование, требуемое для производства;
 - 1.7. Order (Заказ) — представляет заказ на производство;
 - 1.8. ManufacturingPlant (Производственный цех) — описание производственного цеха, в котором будет происходить производство;
 - 1.9. Result (Результат) — описание результата производимым в результате проекта
2. Отношения:
 - 2.1. Includes (Включает) — связывает проект с его задачами и ресурсами;
 - 2.2. RequiresResource (Требуется ресурс) — указывает какие ресурсы требуются для выполнения задачи;
 - 2.3. HasRisk (Имеет риск) — Отношение, связывающее проект с потенциальными рисками;
 - 2.4. IncludesMember (Включает члена) — связывает команду проекта с проектом;
 - 2.5. Produces (Производит) — Отношение, описывающее, что проект производит результат;
 - 2.6. RequiresMaterial (Требуется материал) — указывает какие материалы требуются для выполнения задачи;
 - 2.7. IncludesWorkforce (Включает рабочую силу) — связывает задачу с необходимой рабочей силой;

2.8. UsesEquipment (Использует оборудование) — указывает, какое оборудование используется для выполнения задачи;

2.9. FulfillsOrder (Выполняет заказ) — отношение в онтологии указывает на связь между производственным процессом и заказом на продукцию;

2.10. BelongsToManufacturingPlant (Принадлежит производственному цеху) — указывает к какому производственному цеху относится оборудование;

2.11. ManufacturingCapabilities (Производственные возможности) — Отношение, описывающее характеристики производственных возможностей оборудования;

2.12. QualityStandards (Стандарты качества) — связано со стандартами качества, которым должны соответствовать производимые продукты;

2.13. WorkforceOptimization (Оптимизация рабочей силы) — стратегии оптимизации использования рабочей силы;

2.14. ProductionEfficiency (Эффективность производства) — требования к эффективности производства;

2.15. OrderCompletionTime (Сроки исполнения заказа) — связь со временем, необходимым для выполнения заказа;

2.16. MaxEquipmentThroughput (Максимальная производительность оборудования) — максимальная производительность оборудования;

3. Аксиомы и ограничения:

3.1. TaskDeadlines (Сроки задач) — сроки выполнения задач в проекте;

3.2. ProjectBudget (Бюджет проекта) — бюджет проекта;

3.3. ResourceConstraints (Ограничения ресурсов) — установка ограничений на использование ресурсов;

3.4. RiskManagement (Управление рисками) — процессы управления рисками в проекте;

3.5. ManufacturingCapabilities (Производственные возможности) — параметры производственных возможностей предприятия;

3.6. QualityStandards (Стандарты качества) — стандарты, которым должны соответствовать производимые продукты;

3.7. WorkforceOptimization (Оптимизация рабочей силы) — определение стратегии оптимизации рабочей силы;

3.8. ProductionEfficiency (Эффективность производства) — заданные требования к эффективности производства.

3.9. OrderCompletionTime (Сроки исполнения заказа) — временные рамки для выполнения заказов.

3.10. MaxEquipmentThroughput (Максимальная производительность оборудования) — устанавливаются максимальные значения производительности оборудования.

Под практическим применением OntoMFG рассматриваются любые проекты и заказы массового произ-

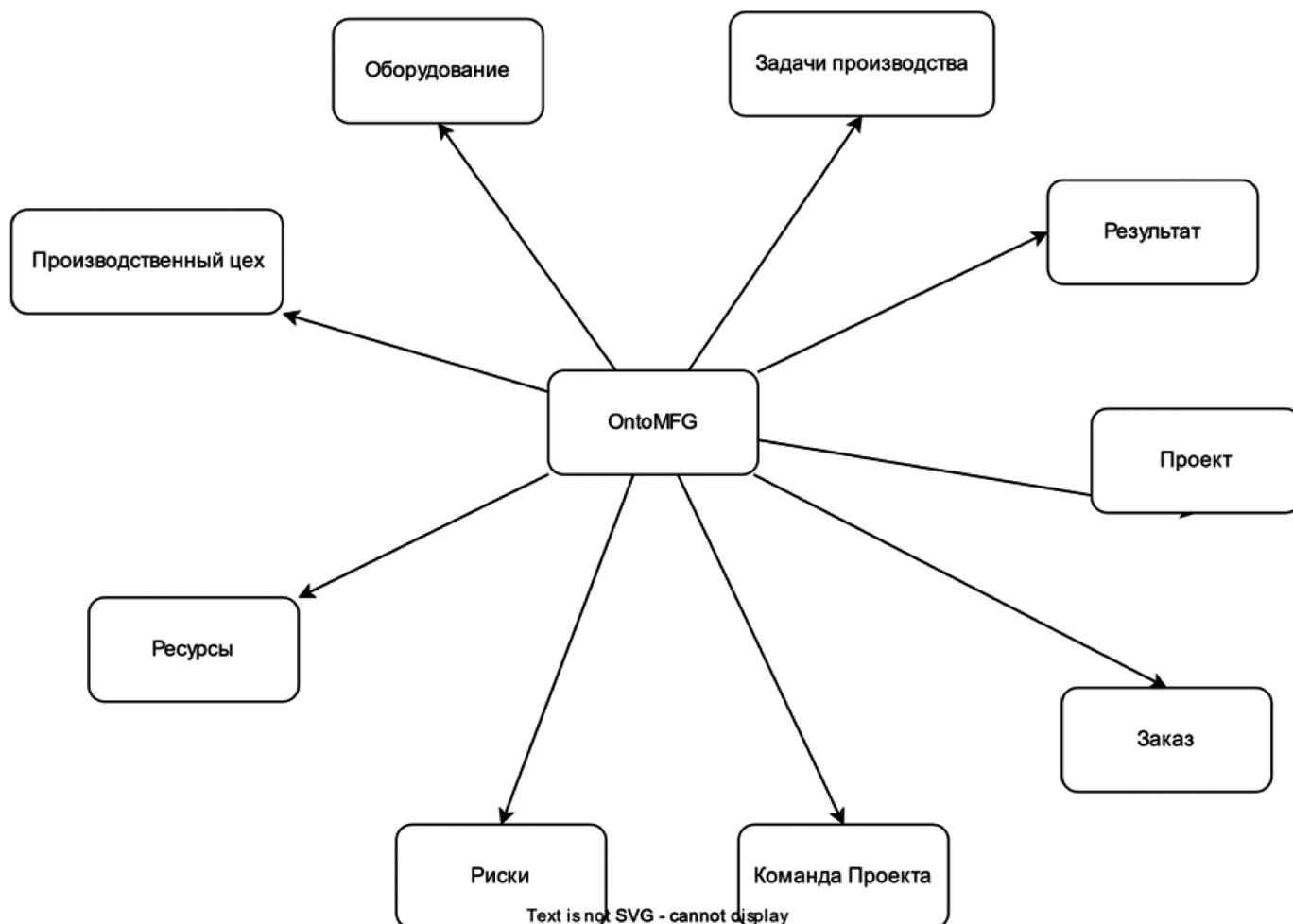


Рис. 2. Архитектура классов онтологии OntoMFG

водства, как пример, мы возьмем что ни будь простое в производстве, но при этом очень массовое, например, болты.

Выбор болтов в качестве объекта исследования обусловлен их важной ролью в строительной и машиностроительной индустрии. Они являются неотъемлемой частью соединительных элементов, обеспечивая прочность и устойчивость конструкций, по сути выполняя в сооружениях ту же роль что и онтология при её использовании, объединение между собой различных элементов. Производство будет организовано на предприятии и в производственный процесс непосредственно будет внедрена онтология.

Стоит рассмотреть, как эта онтология может быть применена на примере поставленной задачи.

1. Определение проекта:

- Создается экземпляр класса `:Project`, представляющий проект по производству металлических болтов.
- Присваиваются характеристики проекта, такие как бюджет (`:ProjectBudget`), возможные риски (`:HasRisk`), и сроки (`:TaskDeadlines`).

2. Определение задач:

- Создаются экземпляры класса `Task` для каждого этапа производства болтов, таких как изготовление заготовок, нагрев, формовка, обработка и упаковка.
- Задачи связываются отношением `:Includes` с проектом.

3. Ресурсы:

- Определяются ресурсы, необходимые для каждой задачи, используя отношение `:RequiresResource`.
- Ресурсы включают в себя материалы (`:RequiresMaterial`), оборудование (`:UsesEquipment`), и рабочую силу (`:IncludesWorkforce`).

4. Команда проекта:

- Создаются члены команды проекта, которые связываются с проектом через отношение `:IncludesMember`.
- Производится оптимизация рабочей силы (`:WorkforceOptimization`).

5. Производственный цех:

- Создается экземпляр класса `:ManufacturingPlant`, представляющий производственный цех, в котором будут производиться болты.

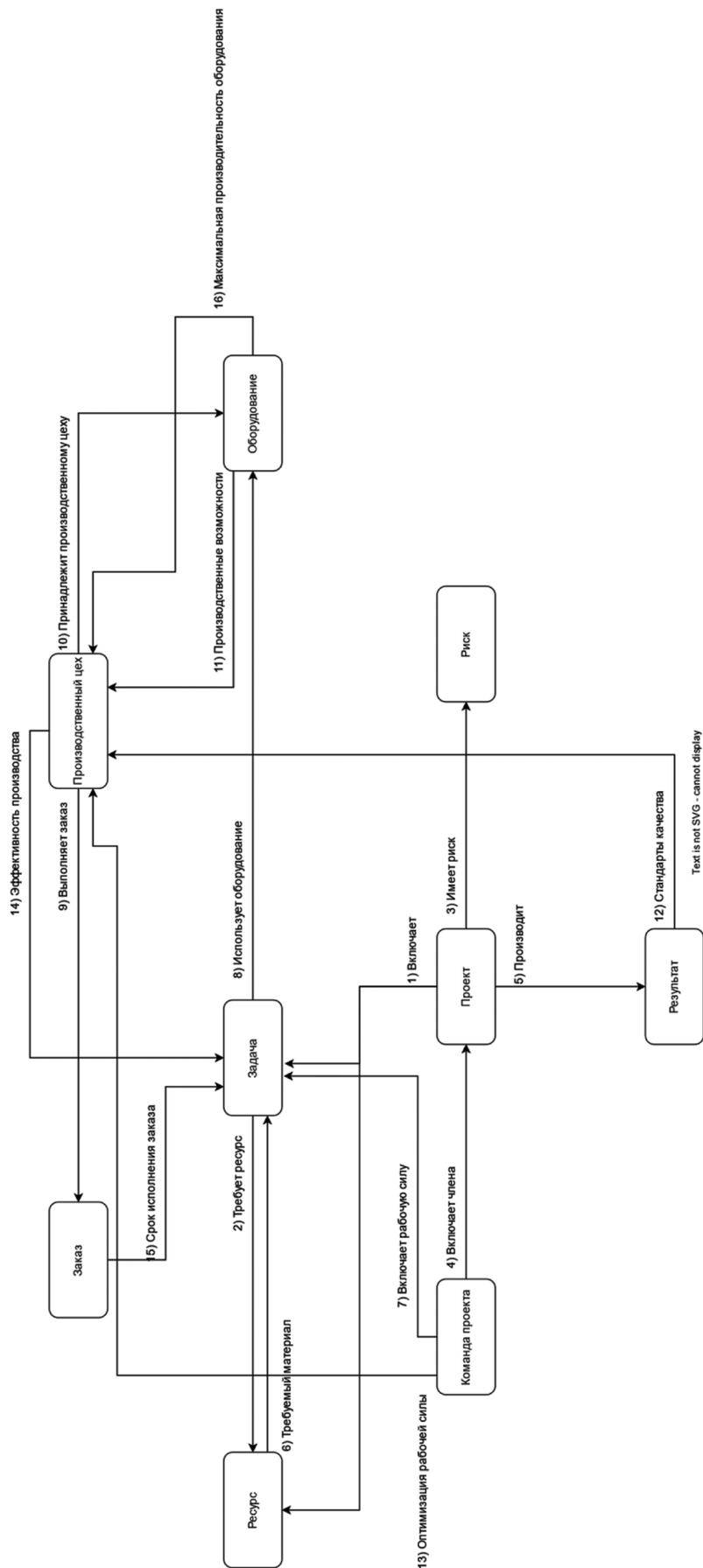


Рис. 3. Архитектура классов, отношений, аксиом и ограничений онтологии OntoMFG

- Определяются производственные возможности (‘:ManufacturingCapabilities’), стандарты качества (‘:QualityStandards’) и другие характеристики цеха.
- 6. Оборудование:
 - Определяются оборудование, необходимое для каждой задачи, используя отношение ‘:UsesEquipment’.
 - Устанавливаются ограничения на производительность оборудования через отношение ‘:MaxEquipmentThroughput’.
- 7. Заказ и сроки:
 - Создается экземпляр класса ‘:Order’ для заказа на производство болтов.
 - Устанавливаются сроки исполнения заказа (‘:OrderCompletionTime’).
- 8. Управление рисками:
 - Применяется управление рисками (‘:RiskManagement’), где могут быть определены методы и стратегии для снижения рисков, связанных с производством металлических болтов.

Онтология OntoMFG обеспечивает формализованную структуру для моделирования всех аспектов производства металлических болтов, что позволяет эффективно отслеживать ресурсы, задачи и связи между ними. Благодаря этому, можно легко управлять командой проекта и рисками, контролировать качество продукции, обеспечивая более структурированные и эффективные бизнес-процессы. В общем, онтология предоставляет комплексное решение для управления производством

металлических болтов на всех этапах, начиная от планирования и заканчивая контролем качества готовых изделий.

Заключение

Роль онтологий в управлении проектами становится все более актуальной в условиях динамичных изменений и информационного обеспечения проектных инициатив. Поддерживая структурирование данных, облегчение коммуникации, семантический анализ и автоматизацию процессов, онтологии превращаются в надежный фундамент, на котором строится успех проектов.

Внедрение онтологий не является просто технологическим решением; это стратегический подход к управлению знанием, который обеспечивает участникам проекта общий язык и стандарты, улучшает принятие решений и способствует эффективному использованию данных. В контексте управления рисками, структурирования информации и повышения прозрачности, онтологии становятся ключевым компонентом, обеспечивающим надежные основы для успешного завершения проектных задач.

Таким образом, использование онтологий в управлении проектами — это не только стратегический шаг вперед в области информационных технологий, но и неотъемлемая часть современного взгляда на эффективность управления и достижение поставленных целей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захарова О.И. Семантический анализ и синтез текстовых данных/ Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2023. № 4. С. 182–208.
2. Боргест Н.М., Онтология проектирования. Теоретические основы [Текст]: электрон. учеб. пособие; М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева (нац. исслед. ун-т). — 2010. — Ч. 1: Понятия и принципы; Онтология проектирования. Теоретические основы [Электронный ресурс] (Дата обращения: 17.10.2023)
3. Симонова, Е.В. Моделирование информационных систем: учеб. пособие / Е.В. Симонова; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Самар. нац. исслед. ун-т им. С. П. Королева (Самар. ун-т). — 2022. — Ч. 2: Использование онтологии для моделирования сложных адаптивных систем. [Электронный ресурс] (Дата обращения: 20.11.2023)
4. Дмитриев А. «Онтологии и семантические технологии» // Открытые системы. 2004. № 9.
5. Корниенко А.А. «Использование онтологий для структурирования и представления знаний в системах управления информацией» // Вестник Воронежского государственного университета. 2008. № 2.
6. Sleator, D.D., & Temperley, D. (1995). Parsing English with a Link Grammar. In Third International Workshop on Parsing Technologies (IWPT).
7. Иванов К.Н., Захарова О.И. Обработка естественного языка. Применение языковых моделей/ В книге: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИКИ, РАДИОТЕХНИКИ И СВЯЗИ. материалы XXX Российской научно-технической конференции. Самара, 2023. С. 155–156.
8. Jurafsky, D., & Martin, J.H. (2021). Speech and Language Processing (3rd ed.). USA: Pearson.
9. Chen, H., Zhang, Y. and Li, B., (2020). Research on the application of ontology in business process automation, in: Journal of Physics: Conference Series, IOP Publishing, vol. 1698, no. 1, pp. 012043.
10. Benner, M., Di Marco, A., & Leymann, F. (2015). Ontology-Based Business Process Management: State of the Art and Future Challenges. In Ontology Engineering with Ontologizers and Best Practices (pp. 363–379). Springer International Publishing.
11. Garcia-Castro, R., Barceló-Ordinas, J.M., García-Bañuelos, L., & Ponce, A. (2012). A Framework for Business Process Modeling and Ontology-based Automatic Execution. Expert Systems with Applications, 39(18), 13623–13635.

© Апешин Дмитрий Николаевич (apeshin.dmn@gmail.com); Воробьев Артём Владимирович (vorobev.artem.wl@gmail.com);

Захарова Оксана Игоревна (xeniya-luna@list.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ: ОБЗОР НОВЫХ ЦИФРОВЫХ РЕШЕНИЙ

INFORMATION TECHNOLOGIES IN ANIMAL HUSBANDRY: OVERVIEW OF NEW DIGITAL SOLUTIONS

N. Verezubova
O. Yakovleva
N. Petrakova

Summary. Due to the active growth of digital technologies, every sphere of human activity is undergoing qualitative changes. The article considers the relevance of the introduction of elements of digital technological products in the field of animal husbandry. Based on the companies CVC, Continental Technologies, SIBMOLTECH, the following digital solutions are considered: video analytics using the example of the neural network Cyber Vision Control and Vmx SILA, an IoT gateway and intelligent sensors, a full-fledged microclimate management system to combat thermal stress of animals.

Keywords: digitalization in agriculture, digital production management systems, digital animal husbandry, digital transformation, neural network video analytics, Internet of Things, Cyber Vision Control, intelligent sensors.

Вереzubова Наталья Афанасьевна

Кандидат экономических наук, доцент,
Московская государственная академия ветеринарной
медицины и биотехнологии имени К.И. Скрябина
nverez@mail.ru

Яковлева Ольга Анатольевна

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
Московская государственная академия ветеринарной
медицины и биотехнологии имени К.И. Скрябина

Петракова Наталья Васильевна

Кандидат педагогических наук, доцент, Брянский
государственный аграрный университет

Аннотация. Из-за активного роста цифровых технологий, каждая сфера деятельности человека претерпевает качественные изменения. В статье рассмотрена актуальность внедрения элементов цифровых технологических продуктов в сферу животноводства. На основе компаний CVC, Континентал Технолоджис, СИБМОЛТЕХ, рассмотрены следующие цифровые решения: видеоаналитика на примере нейронной сети Cyber Vision Control и Vmx SILA, шлюз IoT и интеллектуальные датчики, полноценная система управления микроклиматом, для борьбы с тепловым стрессом животных.

Ключевые слова: цифровизация в АПК, цифровые системы управления производством, цифровое животноводство, цифровая трансформация, нейросетевая видеоаналитика, интернет вещей, Cyber Vision Control, интеллектуальные датчики.

С внедрением цифровых технологий мир качественно изменился. Цифровизация применяется, практически во всех областях и сферах нашей жизни. В отрасли сельского хозяйства цифровые технологии внедряются всё больше и больше. Внедрение этих технологий в агропромышленный комплекс трансформирует и совершенствует технологические процессы.

Работа по цифровизации в АПК активно началась с 2019 года, и в большей мере используется в отрасли растениеводства. Примером внедрения являются «умные теплицы», «умные сенсоры» мониторинга почвы и растений, съём информации с дронов, электронная торговля и многое другое.

Что касается отрасли животноводства, то надо отметить, что и она развивается в сторону цифровых технологий. Будущее российского животноводства видится в развитии интеллектуальных цифровых систем управления производством, гармонизации взаимодействия всех элементов и связей в сложной биотехнической системе «человек — машина — животное» [1].

Если руководствоваться термином «цифровое животноводство», то это понятие можно определить, как

это комплекс решений, направленных на устойчивое увеличение эффективности производства за счёт применения информационных и коммуникационных систем, а также техсредств, обеспечивающих целенаправленное использование ресурсов и точный контроль производственных процессов.

Текущая цифровизация — это использование цифровых технологий с целью повышения эффективности и улучшения качества процессов и продуктов.

Текущая цифровизация — это довольно-таки сложная система мероприятий, потому что требует от нас полностью пересмотреть подход к сельскому хозяйству. И эту трансформацию надо начинать на всех уровнях, на всех этапах.

Цифровая трансформация — это использование цифровых технологий для принципиального изменения бизнес-модели, изменения характеристик и порядка ведения работы организации.

Приведём причины актуальности автоматизации процессов на предприятиях сельского хозяйства:
— дефицит рабочей силы на селе;

- низкое качество рабочей силы;
- долгая обратная связь о поломках оборудования (директор получает информацию последним, возможность скрытия информации) и др.

Отрасль животноводства также подвержена процессу изменений, в неё внедряются всё новые и перспективные информационные и цифровые технологии, которые совершенствуют отрасль. Приведём примеры и расскажем о новинках цифровых решений в отрасли животноводства в АПК.

Система видеонаблюдения благодаря внедрению цифровых технологичных продуктов (интеллектуальные датчики, датчики слежения, датчики окружающей среды, нейросетевая аналитика и прочее) меняет парадигму с простого мониторинга, на полный анализ действий и готовых решений по отчетности жизнедеятельности фермы, эффективности работы сотрудников.

Контроль производственных процессов с помощью нейросетевой видеоаналитики набирает свои обороты

и применяется не только в городах (это видеонаблюдение в транспорте, магазинах, на улицах, в домах, учебных заведениях, на предприятиях и т.д.). Нейросетевая видеоаналитики активно используется и в сфере АПК, в частности в животноводстве.

Рассмотрим, как это работает на примере нейронной сети Cyber Vision Control (CVC), которая видит нарушения и предоставляет заключения для принятия управленческих решений.

Компания основана в 2019 году. Её основатели занимались видеонаблюдением с 2002 года и прошли все этапы зарождения рынка видеоаналитики.

Продукт CVC — нейросетевые роботы, которые контролируют бизнес-процессы компании любой сферы деятельности. CVC автоматически анализирует видеопоток с камер, выбирает заранее заданные события и предоставляет отчёты с видеофиксацией таких событий.

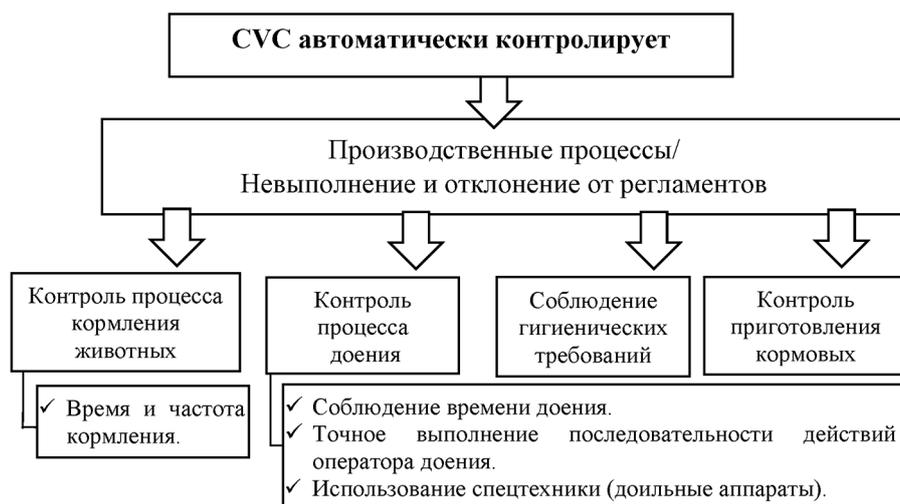


Рис. 1. Схема контроля CVC на ферме

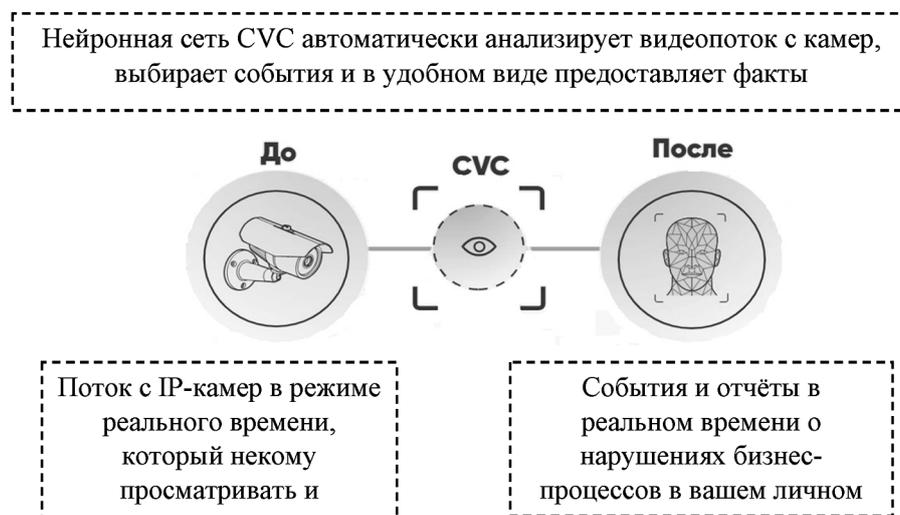


Рис. 2. Принцип работы CVC

Задача CVC — помочь компаниям оптимизировать бизнес-процессы и сократить потери, основываясь на объективных метриках, автоматически получаемых из системы видеонаблюдения.

Если представить схематически, то работа данного процесса будет выглядеть следующим образом, рисунок 2.

CVC помогает решать ряд проблем в животноводстве, например, на молочной ферме, связанных со снижением качества и количества удоя, повышением заболеваемости животных. Без участия человека выявляет нарушения, собирает данные, анализируя видеопоток с ваших камер видеонаблюдения. Оперативно сигнализирует о критических событиях.

CVC помогает решить проблему конверсии кормов на свиноводческой ферме. Благодаря видеоаналитике CVC в свиноводстве осуществляется ежедневное неинвазивное взвешивание, мониторинг ежедневных привесов по всему свинокомплексу, визуализация каждого дистанционного взвешивания, представление данных в удобном для аналитики виде [2].

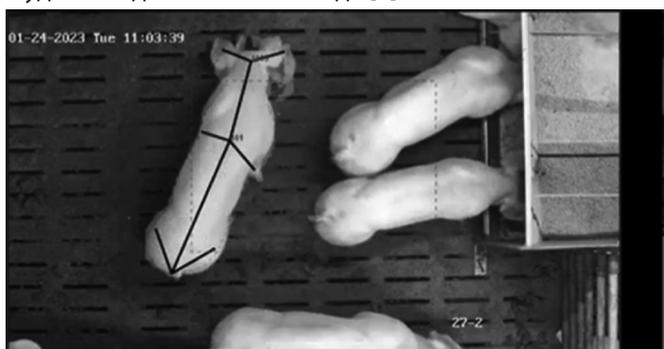


Рис. 3. Вид с камеры и работа программного обеспечения CVC [3]

Мониторинг домашнего скота с помощью Интернета вещей изменил концепцию и принципы управления скотом. Используя шлюз IoT, датчики и устройства фермеры собирают и анализируют данные о здоровье животных, условиях окружающей среды и управлении в режиме реального времени [4].

Принцип работы шлюза IoT и интеллектуальных датчиков:

1. Интеграция датчиков: включает подключение нескольких датчиков мониторинга скота к шлюзу IoT. Dусun предоставляет шлюзы Интернета вещей, которые поддерживают множество интерфейсов связи. Специализированные шлюзы IoT также поддерживают маломощный протокол связи на большие расстояния, известный как LoRaWAN (Long Range Wide Area Network). Он обеспечивает беспрепятственную интеграцию датчиков даже в отдаленных районах в систему слежения за поголовьем.
2. Сбор данных: данные о животных, такие как температура скота, температура окружающей среды, местоположение, а также мониторинг здоровья осуществляется с помощью датчиков и собирается на шлюзе IoT
3. Связь с датчиком: Собранные данные интеллектуальные датчики передают на шлюзы LoRaWAN 4G по беспроводной сети. Гарантию получения собранной информации шлюзом IoT является возможность работы LoRa на больших расстояниях.
4. Облачная интеграция: для безопасной передачи данных о мониторинге скота с помощью IoT используется облачная интеграция со шлюзами IoT, обеспечивая удаленный доступ и анализ через веб-панели мониторинга или мобильные приложения.
5. Контроль и автоматизация: Технология LoRa обеспечивает надежную двустороннюю связь между шлюзом и облаком. Это позволяет пользователям в режиме реального времени обновлять область геозоны, контролировать условия окружающей среды или инициировать последовательность кормления.
6. Принятие решений и оповещения: на основе проанализированных данных система может генерировать оповещения, уведомления или инициировать действия в ответ на определенные условия или события. Например, если датчик обнаруживает внезапное изменение температуры, шлюз IoT может отправить фермеру предупреждение, указывающее на потенциальный риск для здоровья домашнего скота.

Шлюз IoT, интеллектуальные датчики и технология LoRa совместно создают эффективную систему мониторинга скота.



Рис. 4. Виды интеллектуальных датчиков

Одним из представителей отечественных компаний, являющимися лидерами российского рынка по товарам и уходу для КРС, а также специализирующаяся уже несколько лет на цифровых технологиях для животноводства, в том числе и в области «цифровой фермы», является группа компаний «Континентал».

В процессе роста и развития, пройдя путь от инжиниринговой и консалтинговой компании, проектируя и внедряя лучшие зарубежные решения для молочного животноводства, компания сформировала тезис, что современному животноводству необходима «человеческая ферма для коров, но без людей». Данный тезис лег в основу разработки и производства компанией «Континентал Технолоджис» полноценной системы по управлению микроклиматом, для борьбы с тепловым стрессом животных. Разработанная система направлена адресно на корову (рис. 5).



Рис. 5. Распределение воздушного потока между животными [5]

Данная система не просто перемешивает и гоняет воздух по коровнику, а точно работает в зоне кормления и отдыха, т.е. не создает избыточную влажность в лежаках, которая ухудшает состояние вымени и конечностей, не осушает корм, влажность которого и так быстро понижается летом, что приводит к сепарации и, как следствие, к риску ацидозов.

Континентал Технолоджис разработала многоуровневую систему автоматического управления, т.е. интеллектуальный управляющий модуль, к которому можно добавлять разные решения для реализации необходимых задач, например регулировка освещенности коровника в зависимости от времени суток, учет потребления

воды, учет молока и др. Оборудованная с выходом в сеть интернет телеметрия даёт видеть ключевые параметры технологических процессов в режиме реального времени, оперативно принимать решения ответственными специалистами, благодаря автоматическим уведомлениям, накапливать и анализировать базу данных для оценки недополученных выгод [6].

Компания ООО «ВидеоМатрикс» является лидером в промышленной видеоаналитике России. Разработанные решения находят применения в различных областях — от металлургии и нефтехимии, производства строительных материалов и решений в области энергетики, до типографий и агропромышленного комплекса [7].

Vmх SILA контролирует работу сотрудников, поведение клиентов, считает животных, следит за транспортом. При подсчёте животных решаются такие вопросы, как инвентаризация, учет и контроль животных агропромышленного комплекса.



Рис. 6. Умная видеоаналитика для автоматического учета свиней Vmх SILA: LSI [8]

Компания «СИБМОЛТЕХ» использует и внедряет готовые решения для молочного животноводства, разрабатывает программное обеспечение от управления доением к комплексному управлению фермой. Одним из партнёров является компания ДеЛаваль, концепция

которой взята в основу «Умной фермы». Суть концепции — предоставить владельцам современных молочных хозяйств средства и технологии автоматизации, оптимально объединяющие продукты, знания и сервис для повышения качества молока, улучшения контроля над стадом, роста продуктивности животных и увеличение рентабельности производства [9].

«Навигатор стада» — это один из программных продуктов компании «Сибмолтех». Данное ПО разработано для роботов-дояров и доильных залов. В процессе доения «Навигатор стада» анализирует состав молока, выявляя коров с заболеваниями, предоставляет четкие зоотехнические и ветеринарные протоколы, а также автоматически выявляет коров в охоте или «тихой охоте» [10].

Несмотря на высокие затраты по внедрению технологий, преимуществ в цифровизации больше — повышение производительности и эффективности работ, точная аналитика и управление рисками, улучшение качества и количества производимой продукции, урожая, устойчивое развитие и сокращение вреда для экологии, облегчение ручного труда и сокращение рисков от человеческого фактора.

Внедрение цифровых технологий в животноводстве является потребностью производства, а не прихотью. Грамотное распределение трудовых ресурсов, повышение квалификации специалистов и внедрение элементов цифровизации приведёт к успешному развитию отрасли животноводства в АПК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/animal/article/33325-konets-ruchnogo-upravleniya-kakie-tsifrovye-tehnologii-vnedryayutsya-na-zhivotnovodcheskikh-predpri/> (дата обращения 22.02.2024).
2. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://cvc.ai/partner> (дата обращения 22.02.2024).
3. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://youtu.be/ip16GsWac94> (дата обращения 22.02.2024).
4. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.dusuniot.com/ru/blog/revolutionizing-livestock-monitoring-how-iot-technology-is-making-it-happen/> (дата обращения 22.02.2024).
5. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://optim.tildacdn.com/tild6264-3365-4862-a333-616463356665/-/format/webp/1.png> (дата обращения 22.02.2024).
6. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://continentaltechnologies.ru> (дата обращения 22.02.2024).
7. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://videomatrix.ru/solutions/pigs/> (дата обращения 22.02.2024).
8. Электронный ресурс. Режим доступа: https://vk.com/video-211697282_456239049?t=16s (дата обращения 22.02.2024).
9. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://sibmolteh.ru/about/> (дата обращения 22.02.2024).
10. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://sibmolteh.ru/products/oborudovanie/upravlenie-ferмой/programmnoe-obespechenie> (дата обращения 22.02.2024).

© Верезубова Наталья Афанасьевна (nverez@mail.ru); Яковлева Ольга Анатольевна; Петракова Наталья Васильевна
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

DIGITAL TRANSFORMATION AND AUTOMATION OF INDUSTRIAL ENTERPRISES IN THE CONTEXT OF THE NATIONAL ECONOMY

A. Goncharov
A. Korotkij

Summary. In recent years, one of the most relevant trends in the national economy has been digital transformation, which has affected enterprises in all sectors, including industry. With the support of the state, programs are being implemented in the field of digitalization of industrial enterprises in order to increase their competitiveness, both in the external and domestic markets, as well as, as a result, increase the competitiveness of the entire Russian economy. The article examines the concept of digital transformation of industrial enterprises, modern methods of digitalization and automation of industrial enterprises, features of digitalization of industrial enterprises in Russia, identifies problems and prospects of digital transformation of industrial enterprises in Russia. The paper considers such methods of automation of industrial enterprises as process control and management, robotics, production management information systems (MES, ERP), enterprise management systems (PLM), real-time data collection and production process management systems (SCADA and HMI), automatic identification systems, data analysis and Big Data., the concept of «smart manufacturing» combining physical and digital technologies (Internet of Things (IoT), cloud technologies, artificial intelligence (AI) and machine learning) to create automated and self-organizing systems, digital twins, energy management, additive manufacturing (3D printing), platforms for collaboration and remote work. Digitalization of industrial enterprises requires an integrated approach, including strategy development, selection of appropriate technologies, adaptation of business processes and staff training.

Keywords: digital transformation, digitalization, automation, digitalization of industry, automation of industry, digital technologies.

Гончаров Андрей Витальевич

Кандидат технических наук, доцент,
Московский государственный университет технологий
и управления имени К.Г. Разумовского
a.goncharov@mgutm.ru

Короткий Андрей Александрович

Старший преподаватель, Московский государственный
университет технологий и управления
имени К.Г. Разумовского
a.korotky@mgutm.ru

Аннотация. В последние годы одной из наиболее актуальных тенденций национальной экономики является цифровая трансформация, которая отразилась на предприятиях всех отраслей, в том числе и промышленности. При поддержке государства реализуются программы в области цифровизации промышленных предприятий [1, 2] с целью повышения их конкурентоспособности, как на внешнем, так и внутреннем рынке, а так же, как следствие, повышения конкурентоспособности всей российской экономики. В статье рассмотрено понятие цифровой трансформации промышленных предприятий, современные способы цифровизации и автоматизации промышленных предприятий в России, выявлены проблемы и перспективы цифровой трансформации промышленных предприятий в России. В работе рассмотрены такие способы автоматизации промышленных предприятий, как контроль и управление процессами, робототехника, информационные системы управления производством (MES, ERP), системы управления предприятиями (PLM), системы сбора данных и управления производственными процессами в реальном времени (SCADA и HMI), системы автоматической идентификации, анализ данных и Big Data., концепция «умного производства», объединяющая физические и цифровые технологии (Интернет вещей (IoT), облачные технологии, искусственный интеллект (AI) и машинное обучение) для создания автоматизированных и самоорганизующихся систем, цифровые двойники, энергоменеджмент, аддитивное производство (3D печать), платформы для сотрудничества и удаленной работы. Цифровизация промышленных предприятий требует комплексного подхода, включающего в себя разработку стратегии, подбор подходящих технологий, адаптацию бизнес-процессов и обучение персонала.

Ключевые слова: цифровая трансформация, цифровизация, автоматизация, цифровизация промышленности, автоматизация промышленности, цифровые технологии.

Цифровая трансформация промышленных предприятий является ключевым фактором повышения их конкурентоспособности в современных условиях. Россия, как страна с развитой промышленной базой, сталкивается с рядом проблем в процессе внедрения цифровых технологий, но в то же время имеет значительные перспективы в данной области.

Обзор источников [2, 5, 6, 8, 9, 10] показал, что под цифровой трансформацией промышленных предприятий следует понимать процесс внедрения цифровых технологий во все аспекты деятельности промышленного предприятия с целью ее оптимизации, а также предоставления дополнительной ценности клиентам. Это глубокое преобразование может включать в себя следующие аспекты [2, 4, 5, 7].

1. Автоматизация производства — это использование роботов, систем управления (например, MES — Manufacturing Execution Systems), IoT (Интернет вещей) для сбора данных в реальном времени, что позволяет автоматизировать производственные процессы и увеличить их эффективность.
2. Интеллектуальное производство — это внедрение технологий, таких как машинное обучение и искусственный интеллект, для анализа больших данных (big data), прогнозирования технического обслуживания оборудования и оптимизации цепочек поставок.
3. Цифровая интеграция — это создание интегрированных систем, которые соединяют различные функциональные области предприятия, от снабжения до производства и дистрибуции, для обеспечения бесперебойной передачи данных и информации.
4. Применение концепций четвертой промышленной революции Индустрия 4.0, включая киберфизические системы, интернет вещей, облачные вычисления и когнитивные вычисления для создания более гибких и адаптивных производственных систем.
5. Цифровые двойники — это создание виртуальных копий физических объектов или систем, что позволяет протестировать изменения и оптимизацию в виртуальном пространстве перед тем, как применить их в реальной среде.
6. Удаленное управление и мониторинг — это развертывание систем для удаленного мониторинга и управления производственными процессами, что может снизить необходимость в постоянном физическом присутствии персонала на производственных площадках.
7. Персонализация продукции — это использование цифровых технологий для создания индивидуализированных продуктов, что позволяет предприятиям быстро адаптироваться к меняющимся требованиям клиентов.
8. Обучение и развитие персонала — это внедрение цифровых инструментов для обучения сотрудников, включая виртуальную и дополненную реальность, для повышения их компетенций и эффективности работы.

Наиболее распространенным и требующим большего внимания способом цифровизации промышленных предприятий является автоматизация производственных и других процессов.

Автоматизация промышленных предприятий — это применение различных технологических решений и компьютерных систем для управления производственными процессами с минимальным участием человека,

что приводит к повышению эффективности производства и улучшению качества продукции [4, 7]. Существуют следующие способы автоматизации промышленных предприятий [3, 4, 5, 12]:

1. Контроль и управление процессами. Процессный контроль подразумевает использование датчиков, контроллеров и исполнительных механизмов для автоматического управления различными параметрами производства. Они способны контролировать машины и процессы, реагируя на различные входные сигналы и выполняя заранее заданные инструкции для управления выходными устройствами.
2. Робототехника. Роботы широко используются во всех отраслях промышленности для автоматизации повторяющихся и опасных задач, таких как сварка, покраска, сборка, упаковка и погрузочно-разгрузочные работы. Они повышают производительность и снижают вероятность ошибок и травматизма.
3. Информационные системы управления производством (MES, ERP) позволяют интегрировать все уровни управления предприятием от планирования производства до контроля качества и учета финансов. Эти системы обеспечивают управление производственными процессами в реальном времени, отслеживание эффективности оборудования, качества продукции, управление материалами и рабочей силой.
4. SCADA и HMI системы — системы сбора данных и управления производственными процессами в реальном времени, позволяющие операторам отслеживать и вмешиваться в процесс через графические интерфейсы. Они позволяют операторам наблюдать за процессами в реальном времени и управлять ими из централизованных контрольных комнат.
5. Системы управления предприятиями (PLM) — технологии для управления всем жизненным циклом продукта, от концепции до вывода из эксплуатации.
6. Системы автоматической идентификации включают в себя технологии штрихкодирования, радиочастотную идентификацию (RFID) для отслеживания материалов, полуфабрикатов и готовой продукции на складах и на производстве.
7. Анализ данных и Big Data. Применение аналитических методов и алгоритмов обработки больших данных позволяет оптимизировать процессы, предугадывать обслуживание оборудования и повышать качество продукции. С помощью данных технологий возможно выявление скрытых закономерностей, прогнозирование трендов и поддержка принятия обоснованных решений.
8. Концепция «умного производства», объединяющая физические и цифровые технологии, такие как Интернет вещей (IoT), облачные технологии,

искусственный интеллект (AI) и машинное обучение для создания автоматизированных и самоорганизующихся систем. Соединение производственного оборудования с интернетом позволяет собирать большое количество данных, которые могут быть использованы для анализа и оптимизации процессов. IoT также позволяет реализовать концепцию «умного завода» с высокой степенью автоматизации и самоорганизации производственных процессов. Облачные технологии позволяют осуществлять перемещение данных и производственных приложений в облако для обеспечения гибкости, масштабируемости и сокращения затрат на инфраструктуру. Алгоритмы искусственного интеллекта и машинного обучения применяются для анализа данных, прогнозирования отказов оборудования, оптимизации процессов и управления качеством [7, 12].

9. Цифровые двойники — создание виртуальных копий физических объектов или систем для симуляции, анализа и оптимизации производственных процессов. Виртуальные копии физических систем позволяют моделировать и анализировать производственные процессы в цифровой форме перед их реализацией в реальности, что способствует более эффективному планированию и сокращению рисков [3].
10. Энергоменеджмент на основе интеграции систем автоматизации с системами энергосбережения и контроля потребления энергоресурсов.
11. Аддитивное производство (3D печать) используется для быстрого создания прототипов, а также

для производства готовых изделий или их частей с высокой точностью и сложностью форм. 3D печать применяется для создания сложных компонентов с высокой степенью персонализации, сокращения запасов и оптимизации логистики.

12. Платформы для сотрудничества и удаленной работы включают в себя внедрение инструментов для совместной работы и удаленного доступа к производственным системам, что особенно важно в условиях глобализации и распределенных команд.

При этом следует отметить, что автоматизация может затрагивать различные уровни предприятия, от производственных линий до стратегического планирования, и может быть реализована в рамках широкого спектра проектов — от мелкомасштабных задач, касающихся одного рабочего места, до масштабных систем, охватывающих все аспекты предприятия. Эффективность автоматизации зависит от качества используемых технологий, компетенций персонала и грамотного подхода к интеграции систем.

Автоматизация промышленных предприятий в России имеет ряд особенностей, обусловленных историческими, экономическими и технологическими факторами.

Во-первых, особенности автоматизации промышленных предприятий обусловлены отраслевой спецификой. Российская промышленность включает разнообразные отрасли, такие как нефтегазовая, металлургическая, химическая, машиностроительная, энергетическая и дру-



Рис. 1. Особенности автоматизации промышленных предприятий в России

Источник: составлено автором

гие. Каждая отрасль имеет свои требования к автоматизации, что определяет выбор технологий и подходов.

Исходный уровень автоматизации также определяет особенности автоматизации российских предприятий. В целом, российская промышленность испытывает некоторое отставание от ведущих мировых тенденций в области автоматизации из-за ограничений в инвестициях и доступе к современным технологиям. Однако в последние годы наблюдается тенденция к ускорению внедрения инноваций.

Также особенности автоматизации промышленных предприятий в России обусловлены происходящими в последние годы процессами импортозамещения. В ответ на санкции и стремление к снижению зависимости от импорта промышленного оборудования, в России активно развивается производство отечественных технологий в области автоматизации [10, 11].

Однако большинство российских промышленных предприятий имеют долгую историю и используют оборудование, введенное в эксплуатацию еще в советские времена. Интеграция новых систем автоматизации с устаревшим оборудованием может представлять собой сложную задачу. Кроме того, в условиях экономических трудностей многие российские предприятия имеют проблемы с получением финансирования на модернизацию и автоматизацию производства. Вместе с тем, несмотря на развитие профессионального образования и подготовки специалистов в области автоматизации, российским предприятиям зачастую крайне сложно найти высококвалифицированных сотрудников для работы с современными автоматизированными системами. Нехватка специалистов, способных работать в условиях цифровой экономики, затрудняет процесс трансформации [11].

Следовательно, автоматизация промышленности в России продолжает развиваться, а промышленные предприятия ищут пути оптимизации своих процессов в условиях национальной экономики. Поэтому цифровизация промышленных предприятий в России имеет положительные перспективы, что обусловлено следующими факторами.

Российское правительство предпринимает шаги по поддержке цифровой трансформации промышленности, в том числе через создание специальных экономических зон и предоставление налоговых льгот. Продолжается активное развертывание широкополосного интернета и модернизация телекоммуникационных сетей, что создает основу для эффективного внедрения цифровых технологий на производстве [2]. Российские компании все чаще становятся участниками международных промышленных и технологических проектов, что способствует обмену опытом и технологиями.

Развитие образовательных программ, направленных на подготовку кадров для цифровой экономики, помогает решить проблему дефицита квалифицированных специалистов. Формирование инновационных кластеров и технопарков способствует концентрации усилий предприятий, научных организаций и образовательных учреждений в области разработки и внедрения новых технологий. Развитие цифровых технологий в таких сферах, как логистика, финансы и маркетинг, создает дополнительные возможности для оптимизации производственных процессов.

Таким образом, цифровая трансформация может привести к значительному увеличению эффективности, сокращению затрат и улучшению качества продукции промышленного предприятия. Однако это требует значительных инвестиций в технологии, обучение персонала, изменение корпоративной культуры и переосмысление бизнес-процессов. Цифровизация промышленных предприятий требует комплексного подхода, включающего в себя разработку стратегии, подбор подходящих технологий, адаптацию бизнес-процессов и обучение персонала. Это позволяет предприятиям не только повысить эффективность, но и создать основу для инноваций и дальнейшего развития. Цифровая трансформация промышленных предприятий в России сталкивается с рядом серьезных проблем, однако перспективы данного процесса остаются весьма обнадеживающими. С учетом поддержки со стороны государства, развития инфраструктуры и образовательных инициатив, российская промышленность имеет все шансы успешно адаптироваться к требованиям цифровой экономики. Важным фактором успеха является также сотрудничество предприятий с международными партнерами и интеграция в глобальные цепочки создания ценности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Указ Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 // СЗ РФ. 2017. № 20. Ст. 2901 «Об утверждении Стратегии развития информационного общества в РФ на 2017-2030 годы».
2. Протокол заседания президиума Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам от 4 июня 2019 г. № 7 «Об утверждении Паспорта Национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации».
3. Арифалин, Н.А. Технология «цифровых двойников» и ее применение в процессе автоматизации основных процессов промышленного предприятия // Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet». — 2022. — №1. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-tsifrovyyh-dvoynikov-i-ee-primeneniye-v-protseste-avtomatizatsii-osnovnyh-protsessov-promyshlennogo-predpriyatiya> (дата обращения: 17.02.2024).

4. Бояркин, А. Автоматизация в промышленности: технологии, виды, этапы внедрения. — URL: <https://sales-generator.ru/blog/avtomatizatsiya-v-promyshlennosti/?ysclid=lsps37uo7r683827715> (дата обращения: 17.02.2024).
5. Капустин, Д.А. Современные технологии цифровой трансформации // Вестник науки и образования. — 2022. — №4. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tehnologii-tsifrovoy-transformatsii>(дата обращения: 17.02.2024).
6. Китова, О.В., Брускин С.Н. Цифровая трансформация бизнеса // Цифровая экономика. — 2018. — №2. — С. 20–22.
7. Романов И.Г., Трушин Н.Н. Проблемы и перспективы автоматизированного проектирования в производственных процессах // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2023. — №1. — С. 448–452.
8. Саматова, А.И. Цифровая трансформация деятельности промышленных предприятий / А.И. Саматова, А.В. Михайловская // Коммуникации. Общество. Духовность — 2023: Материалы XXIII Международной научно-практической конференции, Ухта, 18–19 мая 2023 года. — Ухта: Ухтинский государственный технический университет, 2023. — С. 370–374.
9. Сатунин, А. Цифровизация: Практические рекомендации по переводу бизнеса на цифровые технологии / перевод с английского А. Сатунин. — Москва: Альпина Паблицер, 2019. — 252 с. — ISBN 978-5-9614-2849-0.
10. Стахеева, Л.М., Царева С.В., Шарاپова В.М., Фетисова А.В., Батракова С.И. Цифровая трансформация или цифровизация предприятия // Образование и право. — 2022. — №10. — С. 128–133.
11. Ширинкина Е.В. Факторы, влияющие на уровень цифровизации предприятий // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». — 2020. — №1. — С. 139–141.
12. Weng, C.T., Manjit S.S. Review of RFID and IoT integration in supply chain management // Operations research perspectives. — 2022. — №9. — pp. 75–79.

© Гончаров Андрей Витальевич (a.goncharov@mgutm.ru); Короткий Андрей Александрович (a.korotky@mgutm.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИНЦИПЫ И СПОСОБЫ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ

Дощик Константин Викторович

Аспирант, ФГБОУ ВО «Калининградский
государственный технический университет»
kostya.doshik@gmail.com

PRINCIPLES AND METHODS OF DEVELOPING INFORMATION MODELS IN SYSTEMS DESIGN

K. Doshchik

Summary. In conditions of fierce competition in the information technology market, in particular software, requirements are imposed on systems that determine the consumer qualities of the product. An important part of the set of requirements is the requirements for information support. A viable information system must process input data in optimal ways and produce results to the user. To do this, a systems engineer needs to competently design an information model of the future system. The information model is the basis for constructing the object and logical structure of the system. The database is designed on its basis, and the databases of modern applications must be well structured and thought out. The purpose of this article is to consider the methodology for developing information models of information systems. The article discusses object and functional approaches using various methodologies (UML, SADT, Requirements Engineering). As a result, recommendations are given on the order and sequence of developing information models.

Keywords: information model, information system, engineering, system analysis, logical structure, database, conceptual model, UML, DFD.

Современные бизнес-приложения должны соответствовать высоким требованиям конечного пользователя по надежности и сохранности информации, которой оперирует (создает, изменяет, обрабатывает) приложение. При всем этом современные бизнес-приложения в большинстве своем имеют распределенную архитектуру, зачастую используются «тонкие» клиенты, источники и хранилища данных размещаются на удаленных серверах. Основная задача большинства современных систем — оперирование информацией: обработка входных данных и создание выходных информационных продуктов: результатов поиска, документов и т. д. Совокупность информации, которую использует или создает приложение, называется информационным обеспечением системы. Проектирование логической структуры приложений невозможно без учета особенностей информационного обеспечения системы. Основу информационного обеспечения систем составляют:

- входные документы, на основе которых в систему вводится информация;

Аннотация. В условиях жесткой конкуренции на рынке информационных технологий, в частности, программного обеспечения, к системам предъявляются требования, которые определяют потребительские качества продукта. Немаловажным в комплексе требований являются требования к информационному обеспечению. Жизнеспособная информационная система должна оптимальными способами обрабатывать входные данные и выдавать пользователю результат. Для этого системному инженеру необходимо грамотно спроектировать информационную модель будущей системы. Информационная модель является основой для построения объектной и логической структуры системы. На ее основе проектируется база данных, а базы данных современных приложений должны быть хорошо структурированы и продуманы. Целью настоящей статьи является рассмотрение методики порядка разработки информационных моделей информационных систем. В статье рассмотрены объектный и функциональный подходы с использованием различных методологий (UML, SADT, Requirements Engineering). В результате даны рекомендации по порядку и последовательности разработки информационных моделей.

Ключевые слова: информационная модель, информационная система, инжиниринг, системный анализ, логическая структура, база данных, концептуальная модель, UML, DFD.

- массивы, полученные в ходе информационного обмена с другими приложениями (могут иметь собственный, не понятный для человека, формат);
- информационные сигналы физического уровня (например, токовый сигнал 4–20 мА для программируемого логического контроллера);
- базы данных (реляционного или другого типа);
- файлы, размещенные на компьютере или в сети;
- создаваемые документы в любой форме: форматированный файл, текстовый отчет, инфографика, специальный файл и т. д.).

Таким образом, очевидно, что информационная модель будущей системы должна составляться на первых стадиях проектирования системы. Информационная модель системы представляет собой формально описанные (как правило, в виде визуальных схем в одной из графических нотаций) принципы, по которым система будет оперировать входной информацией и на ее основе создавать выходную информацию. Информационными моделями системы могут являться:

- диаграмма потоков данных;
- диаграмма концептуальных классов;
- информационно-логическая или даталогическая модель, схема базы данных;
- формализованное описание в нотациях EPC, BPMN и т. п.

Как правило, информационная модель системы представляется не единственной диаграммой, а комплексом различных моделей, связанных друг с другом и дополняющих друг друга по ходу процесса проектирования [3]. Так или иначе, основа информационной модели закладывается исходя из понимания процессов предметной области, идентификации основных ее информационных объектов (сущностей), определения их атрибутов, установления схем и взаимодействия этих сущностей. Результатами описания предметной области на данном этапе становятся:

- диаграмма «сущность-связь», например, в нотации Питера-Чена;
- схема объектной модели системы в виде диаграммы концептуальных классов.

Существуют различные методики идентификации объектов: разработка диаграмм потоков данных (ДПД) с выделением внешних сущностей, текстовый анализ [1]. Последняя методология является наиболее интересной. Она заключается в анализе текстового описания предметной области (например, со слов заказчика или из функционального описания объекта автоматизации в техническом задании) и выделении различных частей речи. Так, существительные могут быть потенциальными классами объектной модели (или их атрибутами), а глаголы могут описывать отношения между этими объектами. Некоторые CASE-системы содержат специальные инструменты, облегчающие текстовый анализ. Так, например, на рисунке 1 приведен фрагмент экрана подсистемы текстового анализа (Textural Analysis) CASE-системы Visual Paradigm for UML [5].

На данном этапе могут быть выявлены концептуальные классы с атрибутами, описывающие структурную модель разрабатываемой информационной системы.

Далее с помощью выбранных методологий проектируются остальные модели системы: прецедентов, последовательности, состояний. На основании этих моделей уточняются параметры, атрибуты и архитектура концептуальных классов — появляется новая модель — проектных классов. Модель проектных классов описывает конечную логическую структуру информационной системы. При этом, как правило, диаграмма проектных классов максимально повторяет информационную модель [2]. На данном этапе уже можно выполнять логическое проектирование базы данных системы — определять ключевые атрибуты, описывать реализацию

ограничения целостности данных, которая должна быть предусмотрена в системе (средствами приложения или средствами СУБД). Если уже известно, какая будет использоваться СУБД в информационной системе, то на этом этапе также строится физическая модель данных системы, где описываются реквизитные составы таблиц БД, выполняется реализация ограничений предметной области, устанавливаются необходимые триггеры, индексы и процедуры. На этом этапе важно назначить ответственность за реализацию каждого ограничения предметной области: на СУБД или на прикладное приложение. Так, например, в СУБД можно создать триггеры и хранимые процедуры, корректирующие вводимые данные в систему, создать счетчики с автоинкрементом для идентификации справочных данных и т.д. Средствами прикладного программного обеспечения можно выполнять:

- ограничения на длину текстовых сообщений;
- ограничения на выбор из списков справочных данных;
- ограничения на максимальное и минимальное значения числовых данных как средствами компонентов пользовательского интерфейса (например, NumericUpDown с заданными свойствами MinValue и MaxValue), так и в программном коде.

Все эти ограничения необходимо явно описывать в соответствующих спецификациях с обязательным указанием, какими средствами они должны быть реализованы.

Помимо базы данных, в состав информационной модели входят также формы документов / отчетов, которые будет создавать система. На моделях это может быть отражено следующими способами:

- на диаграмме классов — с помощью создания соответствующих классов и методов (например, класс ReportGenerator с потомками «ConcreteReportGenerator_1», «ConcreteReportGenerator_2» и т.д.) — в этом случае на этапе построения программной архитектурной модели следует выбрать подходящий паттерн проектирования;
- на диаграмме потоков данных для обозначения документов используют соответствующие потоки и обозначения;
- на диаграммах базы данных в большинстве случаев документы не отображаются, поскольку состав документа есть не что иное, как сложная агрегация данных из нескольких таблиц, однако, можно составить SQL-запросы к БД, которые будут эту агрегацию выполнять для получения массива данных, на основе которого будет составляться документ;
- в нотациях BPMN [4], FlowChart, eEPC и многих других для обозначения документа есть соответствующие символьные обозначения.

No.	Extracted Text	Type
22	4.3. Кладовщик должен иметь доступ к...	Generated Model...
23	4.4. Администратор должен иметь полн...	Generated Model...
24	4.5. Администратор должен быть наде...	Generated Model...
25	4.6. К каждому запросу и выдаче долн...	Generated Model...
26	5.1. Программа должна проверять корр...	Generated Model...
27	5.2. Программа должна проверять возм...	Generated Model...
28	1.4. Обеспечить стабильную бесперебо...	Generated Model...
29	1.5. Программа должна работать стаби...	Generated Model...
30	1.6. Программа не должна превышать вр...	Generated Model...
31	6.1. Реализовать на платформе .NET с...	Generated Model...
32	6.2. Оставлять краткие комментарии в...	Generated Model...
33	6.3. Исходные коды программы должн...	Generated Model...
34	6.4. Необходимо разработать краткое...	Generated Model...
35	сборщик	Generated Model...
36	Администратор	Generated Model...
37	Кладовщик	Generated Model...

Рис. 1. Текстовый анализ документа «Требования заказчика»

Подводя краткий итог можно определить следующую последовательность в разработке информационной модели системы:

- описание предметной области в терминах ее информационных объектов, их свойств и связей между ними;
- разработка концептуальной объектной модели;
- описание отношений между информационными объектами в виде диаграммы «сущность-связь»;
- преобразование диаграммы «сущность-связь» в логическую модель данных, в которой опреде-

ляются домены атрибутов объектов, устанавливаются ключевые атрибуты, описываются ограничения;

- выполняется нормализация логической модели и разрабатывается физическая схема данных, сопровождаемая спецификацией таблиц базы данных;
- описываются требования, с помощью которых будут выполняться ограничения предметной области в СУБД и средствами прикладного программного обеспечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арлоу, Д. UML 2.0 и Унифицированный процесс. Практический объектно-ориентированный анализ и проектирование: пер. с англ. / Д. Арлоу, И. Нейштадт. — 2-е изд. — СПб.: Символ-Плюс, 2012. — 624 с.
2. Вейцман, В.М. Проектирование информационных систем / Учебное пособие. — М.: — Лань, 2019. — 316 с.
3. Остроух, А.В. Проектирование информационных систем / А.В. Остроух, Н.Е. Суркова, Учебное пособие. — М.: — Лань, 2021. — 164 с.
4. Object Management Group Inc., Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0.2 Infrastructure Specification: OMG Document number: formal/2013-12-09 URL: <https://www.omg.org/spec/BPMN>. — December, 2013. — 532 p.
5. Visual Paradigm for UML 15: [электронный документ] Software documentation. — user's manual, Aug., 2016. — 1485 p.

© Дошик Константин Викторович (kostya.doshik@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОБ ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ МЕТОДАМИ УГОЛОВНОГО ПРАВА¹

ON ENSURING THE SECURITY OF CRITICAL INFORMATION INFRASTRUCTURE BY METHODS OF CRIMINAL LAW

V. Elin
A. Tsaregorodtsev

Summary. The article reveals the features of ensuring the security of the critical information infrastructure of the Russian Federation and the need to improve the current Russian criminal legislation in this area, taking into account the requirements of the law in the interests of implementing public-private partnerships and ensuring interaction between the subject of the critical information infrastructure, the State system for detecting, preventing and eliminating the consequences of computer attacks (GosSOPKA) and the National Coordination Center for Computer Incidents (NKЦКИ).

Keywords: information security, incident, critical infrastructure security, public-private partnership.

Елин Владимир Михайлович

Кандидат педагогических наук, доцент,
Финансовый университет при Правительстве
Российской Федерации, Москва;
Доцент, Московский университет МВД России
имени В.Я. Кикотя, Москва
elin_vt@mail.ru

Царегородцев Анатолий Валерьевич

Доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник, Финансовый университет
при Правительстве Российской Федерации, Москва
academic_tsar@mail.ru

Аннотация. В статье раскрываются особенности обеспечения безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации и необходимость совершенствования действующего российского уголовного законодательства в данной сфере с учетом требований законодательства в интересах осуществления государственно-частного партнерства и обеспечения взаимодействия между субъектом критической информационной инфраструктуры, Государственной системой обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак (ГосСОПКА) и Национальным координационным центром по компьютерным инцидентам (НКЦКИ).

Ключевые слова: информационная безопасность, инцидент, безопасность критической инфраструктуры, государственно-частное партнерство.

Введение

С момента вступления в силу Федерального закона «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации»¹ встал вопрос о возможности практического обеспечения комплекса организационных и технических мер, направленных на практическое воплощение нормативных требований [1,2]. Ряд аспектов государственно-частного партнерства в сфере обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак и реагирования на киберинциденты со стороны государства раскрывается особенностями функционирования Гос-

СОПКИ² в качестве SIEM-системы и Национального координационного центра по компьютерным инцидентам (далее: НКЦКИ) в качестве SOC-центра. Другим участником данного правоотношения выступают субъекты критической информационной инфраструктуры, к признакам которых относятся как владение информационными системами и сетями, так и принадлежность к установленным Законом сферам (например: здравоохранение, топливно-энергетический комплекс, связь), в отношении которых субъектам критической информационной инфраструктуры следует осуществить комплекс мероприятий (например: категорирование, информирование, содействие и др).

¹ Федеральный закон «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» от 26.07.2017 № 187-ФЗ// СЗ РФ, 31.07.2017, № 31 (Часть I), ст. 4736

² Указ Президента РФ от 22.12.2017 № 620 «О совершенствовании государственной системы обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак на информационные ресурсы Российской Федерации» // СПС Консультант плюс

¹ Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финиуниверситета.

Вышеизложенный закон затрагивает госорганы и государственные учреждения, юридические лица и индивидуальных предпринимателей, которым на праве собственности или аренды принадлежат объекты критической информационной инфраструктуры. В случае нарушения законодательства начинает работать правовая норма, предусмотренная ст. 274.1 УК РФ и предусматривающая уголовную ответственность за неправомерное воздействие на критическую информационную инфраструктуру (Далее: «КИИ») Российской Федерации³.

Общая характеристика запретительных требований

По своей сути содержание ст. 274-1 УК РФ представляет собой переработанные диспозиции ст. 272-274 УК РФ, предполагая в качестве материальных последствий преступления наступление вредоносного воздействия и причинения вреда критической информационной инфраструктуре Российской Федерации.

Применяемые инструменты уголовного правового реагирования определяют, что уголовная ответственность наступает за деяния, связанные с противоправными действиями в отношении объектов КИИ Российской Федерации. При этом следует иметь в виду, что уголовно-правовой охране подлежат не только информационные системы и автоматизированные системы управления технологическими процессами, но также информационно-телекоммуникационные сети и сети электросвязи.

Уголовная ответственность наступает вследствие неправомерного доступа к содержащейся в КИИ Российской Федерации охраняемой компьютерной информации; либо причинения вреда КИИ Российской Федерации путем создания, распространения или использования заведомо вредоносных компьютерных программ. В части защиты информационных систем уголовная ответственность наступает вследствие нарушения правил, касающихся доступа и эксплуатации средств хранения, обработки или передачи охраняемой компьютерной информации, либо КИИ Российской Федерации в целом. В результате применения указанного подхода ряд авторов выдвигает требования о необходимости учета характеристик информации при установлении отраслевой, структурной либо политической значимости [4].

Квалифицирующими признаками выступает совершение преступлений группой лиц по предварительному сговору или организованной группой, или лицом с ис-

³ Федеральный закон «О внесении изменений в Уголовный кодекс Российской Федерации и статью 151 Уголовно-процессуального кодекса Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» от 26.07.2017 № 194-ФЗ (последняя редакция)// СПС «Консультант плюс»

пользованием своего служебного положения, либо наступление в результате совершения преступления особо тяжких последствий.

Подход законодателя к построению указанной правовой нормы представляется не совсем оправданным поскольку вступает в противоречие с требованиями Закона «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» (далее: Закон «О безопасности КИИ»), направленного на обеспечение правового регулирования общественных отношений в области обеспечения безопасности КИИ. Безопасность КИИ Российской Федерации, по мнению законодателя, должна находиться в состоянии защищенности, что предполагает устойчивое функционирование КИИ Российской Федерации при проведении в отношении ее компьютерных атак.

Компьютерная атака как ключевой элемент воздействия на критическую информационную инфраструктуру

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что в диспозиции уголовно-правовой нормы отсутствуют такие ключевые понятия как: «компьютерная атака» в качестве результата инцидента.

Между тем, понятие «компьютерной атаки» предполагает, с одной стороны, использование программного или программно-аппаратного инструментария при целенаправленном воздействии на КИИ РФ, с другой стороны, целью представленного воздействия наступает как нарушение или прекращение функционирования КИИ, так и возникновение угрозы безопасности информации, обработка которой производится на объектах КИИ Российской Федерации. При этом факт наступления указанных материальных последствий, в том числе произошедший в результате компьютерной атаки, законодатель определяет в качестве «компьютерного инцидента».

Таким образом, Закон «О безопасности КИИ» в качестве объекта вредоносного воздействия рассматривает объекты КИИ Российской Федерации и используемые для организации взаимодействия объектов КИИ сети электросвязи⁴. При этом информационные системы, информационно-телекоммуникационные сети, а также автоматизированные системы управления субъектов КИИ, представляют собой объекты КИИ Российской Федерации.

⁴ Постановление Правительства РФ от 08.06.2019 № 743 «Об утверждении Правил подготовки и использования ресурсов единой сети электросвязи Российской Федерации для обеспечения функционирования значимых объектов критической информационной инфраструктуры»//СПС Консультант плюс

Раскрывая понятие субъектов КИИ законодатель выделяет 2 категории субъектов, первая из которых должна отвечать ряду признаков:

- организационно-правовая форма: государственные органы, государственные учреждения, российские юридические лица и (или) индивидуальные предприниматели;
- имущественные отношения: право собственности, аренды или наличие иного законного основания принадлежности объектов КИИ Российской Федерации;
- сфера народного хозяйства, в котором осуществляют свою деятельность субъекты КИИ: здравоохранение, наука, транспорт, связь, энергетика, банковская сфера и иные сферы финансового рынка, топливно-энергетический комплекс, атомная энергетика, оборонная, ракетно-космическая, горнодобывающая, металлургическая и химическая промышленности.

Вторая категория субъектов включает российских юридических лиц или индивидуальных предпринимателей, обеспечивающих взаимодействие объектов КИИ Российской Федерации.

Как следует из раскрываемых определений, Закон «О безопасности КИИ» содержит исчерпывающий перечень противоправных деяний, определяемых в качестве компьютерных атак, и возможных наступлений материальных последствий, определяемых в качестве компьютерных инцидентов. Представляется, что нормы уголовного законодательства, представленные в ч.1 и ч.2 ст. 274.1 УК РФ, достаточно слабо коррелируют с положениями Закона «О безопасности КИИ» и направлены в первую очередь на обеспечение безопасности информации, но не на обеспечение безопасности объектов КИИ.

В том, что касается возможности наступления сформулированной в ч.3 ст. 274.1 УК РФ уголовной ответственности за нарушение комплекса организационных мероприятий и норм технического регулирования, следует учитывать следующие обстоятельства: сформулированные в Законе «О безопасности КИИ» принципы обеспечения безопасности критической информационной инфраструктуры включают законность, приоритет предотвращения компьютерных атак, а также непрерывность и комплексность обеспечения безопасности КИИ, достигаемые в том числе за счет взаимодействия уполномоченных федеральных органов исполнительной власти (далее: ФОИВ) и субъектов КИИ.

Особенности государственно-частного партнерства при обеспечении безопасности критической информационной инфраструктуры РФ

В основе взаимодействия ФОИВ положены основные направления государственной политики в области обе-

спечения безопасности КИИ, установленные полномочиями Президента Российской Федерации в указанной сфере правового регулирования.

Правительство Российской Федерации устанавливает правила, связанные с процессом категорирования объектов КИИ и осуществления государственного контроля в области безопасности значимых объектов КИИ; подготовки и использования ресурсов единой сети электросвязи Российской Федерации для обеспечения функционирования значимых объектов КИИ. Правительство Российской Федерации также устанавливает показатели критериев значимости объектов КИИ и их значения, порядок и сроки их категорирования⁵.

Взаимодействие ФОИВ связано, прежде всего, с деятельностью двух категорий уполномоченных: в области обеспечения безопасности КИИ Российской Федерации (осуществляет ФСТЭК РФ) и в области обеспечения функционирования государственной системы обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак на информационные ресурсы Российской Федерации (осуществляет ФСБ РФ).

Таким образом, в настоящее время практическая деятельность по обеспечению безопасности критической информационной инфраструктуры осуществляется совместно Федеральной службой безопасности (ФСБ РФ), Федеральной службой по техническому и экспертному контролю (ФСТЭК РФ) и Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Именно указанные ФОИВ осуществляют комплекс организационно-технических и правовых мер, направленных на обеспечение безопасности КИИ РФ.

Инструментом взаимодействия уполномоченных ФОИВ и субъектов КИИ выступает Государственная система обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак на информационные ресурсы Российской Федерации (далее: ГосСОПКА) и национальный координационный центр по компьютерным инцидентам (далее: НКЦКИ). Следует также отметить, что наряду с осуществлением взаимодействия в рамках государственно-частного партнерства, ФОИВ осуществляют значительный объем дополнительных функций, связанных с установлением требований, порядков, перечней, осуществлением контроля и т.д.

ГосСОПКА, находящаяся в подчинении ФСБ России в рамках осуществления государственно-частного пар-

⁵ Постановление Правительства РФ от 08.02.2018 № 127 (ред. от 20.12.2022) «Об утверждении Правил категорирования объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации, а также перечня показателей критериев значимости объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации и их значений»

тнерства, выступает в качестве структуры SIEM в сфере обеспечения безопасности КИИ.

Деятельность в сфере SIEM (Security Information and Event Management) связана с необходимостью осуществления двух категорий операций: управления информационной безопасностью (Security Information Management (SIM)) и управление событиями безопасности (Security Event Management (SEM)). По мнению авторов концепции, деятельность SIEM-систем включает инструменты управления идентификацией и доступом, уязвимостями и базами данных и приложений. Функционирование системы направлено на сбор, анализ и представление информации из сетевых устройств и устройств безопасности [5].

Национальный координационный центр по компьютерным инцидентам (НКЦКИ)⁶, который координирует деятельность субъектов КИИ и чья техническая инфраструктура используется для функционирования системы НКЦКИ представляет собой Центр SOC (Security Operation Center) в государственном масштабе.

SOC (Security Operations Center), что в буквальном переводе с английского означает «Центр операций по безопасности», в русскоязычной литературе часто переводится как Ситуационный центр информационной безопасности, либо Центр мониторинга кибербезопасности, либо Центр обеспечения компьютерной безопасности. В англоязычной литературе также встречается термин CSOC — CyberSecurity Operations Center. Отечественные специалисты по информационной безопасности также используют в качестве акронима «СОК». В любом случае, SOC представляет собой структурное подразделение, осуществляющее мониторинг работы систем защиты информации и реагирующее на инциденты информационной безопасности, включающее группу специалистов по защите информации, которые непрерывно осуществляют контроль за сообщениями, поступающими от технических средств, для того чтобы как можно оперативнее устранить угрозу информационной безопасности.

Основная задача SOC-Центра — это обеспечение реагирования на инциденты информационной безопасности в рамках соглашения о качестве оказываемых услуг SLA (Service Level Agreement). Предварительно также обговариваются задаваемые критерии, ключевые показатели эффективности KPI (Key Performance Indicators) для команд реагирования SOC-Центров и определенные типы шагов по реагированию на кибератаки, их сдержи-

⁶ Приказ ФСБ России от 24.07.2018 № 366 «О Национальном координационном центре по компьютерным инцидентам» (вместе с «Положением о Национальном координационном центре по компьютерным инцидентам») (Зарегистрировано в Минюсте России 06.09.2018 N 52109) // СПС Консультант плюс

ванию, локализации и нейтрализации угроз информационной безопасности, которые будут предприниматься командой SOC в рамках обработки инцидентов.

Субъектов ГосСОПКА можно разделить на несколько видов, у каждого из которых свои основания участия в ГосСОПКА, участие органов власти представляется обязательным на основании распоряжения Правительства. Государственные корпорации создают центры ГосСОПКА по решению своего основного акционера — государства. Прочие организации, относящиеся к критической информационной инфраструктуре, имеют право с согласия ФСБ России создавать центры ГосСОПКА и становиться участниками системы. Это решение принимается добровольно: централизация мер защиты целесообразна экономически и позволяет использовать ограниченное количество специалистов для обеспечения защиты большого количества информационных систем. Юридические лица и индивидуальные предприниматели, имеющие лицензии ФСТЭК России и ФСБ России, также имеют право создавать центры ГосСОПКА, подключаться к ГосСОПКА и оказывать услуги по противодействию компьютерным атакам в рамках этой системы. Указанный подход позволяет распространить деятельность ГосСОПКА на субъекты КИИ, неспособные самостоятельно обеспечить противодействие компьютерным атакам в объеме, предусмотренном нормативными документами ФСБ РФ.

Центры ГосСОПКА могут быть как ведомственными, так и корпоративными: ведомственные защищают информацию органов государственной власти, а корпоративные — расследуют инциденты в своих системах и могут предоставлять такие услуги на коммерческой основе. Центры ГосСОПКА — это, упрощенно говоря, еще один пример государственного Центра SOC, по аналогии с НКЦКИ. Сразу отметим, что создание своего корпоративного Центра ГосСОПКА потребует не только закупки средств защиты (например, систем SIEM и IRP) и найма специалистов-аналитиков ИБ, но и получения лицензии ФСТЭК России на осуществление деятельности по мониторингу информационной безопасности, а также налаживания взаимодействия с НКЦКИ для обмена информацией об инцидентах КИИ.

Определение угроз безопасности в объектах КИИ можно осуществлять в соответствии с методическим документом ФСТЭК России в рамках деятельности по выполнению работ и разработки моделей угроз безопасности⁷.

Заключение

Таким образом, в настоящее время возникает потребность более тщательного подхода к формирова-

⁷ Методический документ «Методика оценки угроз безопасности информации». Утвержден ФСТЭК России 5 февраля 2021 г. // СПС Консультант плюс

нию системы уголовного-правового инструментария, направленного на обеспечение безопасности КИИ Российской Федерации, прежде всего, на противодействие компьютерным атакам или компьютерным инцидентам.

В основу подхода следует положить необходимость предупреждения и наказания за совершение компьютерных атак на объекты КИИ с учетом разработок ФОИВ осуществляющих деятельность в данной сфере.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лобач Д.В., Смирнова Е.А. Состояние кибербезопасности в России на современном этапе цифровой трансформации общества и становление национальной системы противодействия киберугрозам // Территория новых возможностей. Вестник ВГУЭС. 2019. № 4. С. 24–32.
2. Баянова Ю.А. Критическая информационная инфраструктура как объект обеспечения безопасности // Инновационная наука. 2021. № 10-2. С. 62–65.
3. Горелик В.Ю., Безус М.Ю. О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации // «StudNet»: 2020. № 9. С. 1435–1448.
4. Дремлюга Р.И., Зотов С.С., Павлинская В.Ю. Критическая информационная инфраструктура как предмет преступного посягательства // Азиатско-тихоокеанский регион: экономика, политика, право. 2019. № 2. С. 130–139.
5. Построение центра ГосСОПКА. Комплексное решение для создания центра ГосСОПКА и взаимодействия с НКЦКИ. // <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/solutions/center-gossopka/>
6. Ахметов, Р., SOC (Security Operation Center): что это такое и зачем используется? Центры мониторинга информационной безопасности // <https://www.securityvision.ru/blog/soc-cto-eto/>

© Елин Владимир Михайлович (elin_vm@mail.ru); Царегородцев Анатолий Валерьевич (academic_tsar@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДОВ ФОРСАЙТА В ЦЕЛЯХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА СРЕДНЕСРОЧНЫЙ ПЕРИОД¹

ON THE USE OF FORESIGHT METHODS IN ORDER TO PREDICT THREATS TO INFORMATION SECURITY IN THE MEDIUM TERM

V. Elin
A. Tsaregorodtsev

Summary. The article reveals the features of constructing medium-term and long-term forecasts, the formation of risks and threats to information security based on the use of the foresight method based on the combination of expert knowledge using feedback and validation, followed by discussion, study and evaluation by experts. During implementation, threat identification at medium-term stages occurs in priority areas that carry out the transfer of content; consideration of the situation from the point of view of the viability of threats and vulnerabilities. The highest-rated schemes are presented in this article.

Keywords: information security, risks and threats to information security, computer attacks, cyber threats.

Введение

В настоящей статье анализируется зарубежный опыт построения среднесрочных прогнозов в области информационной безопасности на основании форсайтных методов выявления угроз информационной безопасности и возможность применения представленного опыта в современных российских реалиях.

Вопрос выявления угроз информационной безопасности приобретает особую актуальность с началом практической деятельности по обеспечению безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации¹. Ряд российских ученых неоднократно высказывался о взаимосвязи атак, угроз, уязвимостей и инцидентов, и их опасности для защищаемых

¹ Федеральный закон «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» от 26.07.2017 № 187-ФЗ // https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_220885/

Елин Владимир Михайлович

Кандидат педагогических наук, доцент,
Финансовый университет при Правительстве
Российской Федерации; Москва
Доцент, Московский университет МВД России
имени В.Я. Кикотя, Москва
elin_vm@mail.ru

Царегородцев Анатолий Валерьевич

Доктор технических наук, профессор, главный научный
сотрудник, Финансовый университет
при Правительстве Российской Федерации, Москва
academic_tsar@mail.ru

Аннотация. В статье раскрываются особенности построения среднесрочных и долгосрочных прогнозов формирования высокорейтинговых сценариев рисков и угроз информационной безопасности на основе применения методов форсайта в результате объединения экспертных знаний с использованием обратной связи и валидации с последующим обсуждением, изучением и оценкой экспертами. По итогам исследования осуществляется выявление угроз на среднесрочных этапах на основе сценариев по приоритетным направлениям, которые выступают средством передачи содержания; рассмотрение ситуации с точки зрения состоятельности угроз и уязвимостей.

Ключевые слова: информационная безопасность, риски и угрозы информационной безопасности, компьютерные атаки, киберугрозы.

информационных технологий². При этом под угрозой безопасности информации (Information security threat) следует понимать совокупность условий и факторов, создающих потенциальную или реально существующую опасность нарушения безопасности информации³.

² Жарова, А. К. Правовое обеспечение атрибуции компьютерных атак / А. К. Жарова // Партнерство государства, бизнеса и гражданского общества при обеспечении международной информационной безопасности : Сборник докладов участников XVII международного форума, Москва, 18–20 сентября 2023 года. — Москва: Национальная Ассоциация международной информационной безопасности, 2023. — С. 74–78; Другаль, А. О. Обоснование необходимости разработки экспертной системы оценки угроз информационной безопасности / А. О. Другаль, А. В. Царегородцев // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2023. — № 6-2. — С. 68–73. — DOI 10.37882/2223-2982.2023.6-2.13.

³ ГОСТ Р 53114-2008 Защита информации. Обеспечение информационной безопасности в организации. Основные термины и определения / ГОСТ Р № 53114-2008.

¹ Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансового университета.

Документами стратегического планирования Российской Федерации установлено, что государственная политика обеспечения информационной безопасности формируется в интересах построения безопасной среды достоверной информации, защищенной системы функционирования информационной инфраструктуры в результате развития системы прогнозирования, выявления и предупреждения угроз информационной безопасности, определения источников угроз и оперативной ликвидации последствий угроз⁴.

В нашей стране нормативной документацией установлено, что актуальные угрозы безопасности информации оцениваются для функционирующих систем и сетей с заданной архитектурой в целях выявления негативных последствий от реализации угроз; инвентаризации систем и сетей и определения возможных объектов подвергающихся воздействию; оценки способов реализации (возникновения) угроз безопасности и сценариев реализации угроз безопасности информации в системах и сетях⁵.

Методологическая база прогнозирования вызовов и угроз информационной безопасности ENISA

В странах Евросоюза применяемая методологическая база прогнозирования вызовов и угроз информационной безопасности ENISA⁶ разработана в 2021 году на основании форсайтных исследований, в результате взаимодействия футурологов, социологов, промышленников и предпринимателей, а также специалистов в сфере информационной безопасности. Методика планируется к использованию для построения среднесрочных прогнозов на период до 2030 года. Методика включает в себя 4 этапа исследований: сбор информации (объединение экспертных знаний с использованием обратной связи и валидации), обсуждение, изучение и оценка экспертами («семинары по групповому прогнозированию»), выявление угроз на среднесрочных (до 10 лет) этапах на основе сценариев по приоритетным направлениям, которые выступают средством передачи содержания; рассмотрение ситуации с точки зрения состоятельности угроз и уязвимостей.

Исследование предлагает к рассмотрению 4 категории нарушителей: субъекты, спонсируемые другими

⁴ Указ Президента РФ от 02.07.2021 № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации»// https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/

⁵ Методика оценки угроз безопасности информации: Методический документ. Утвержден ФСТЭК России 5 февраля 2021 г.// <https://fstec.ru/dokumenty/vse-dokumenty/spetsialnye-normativnye-dokumenty/metodicheskij-dokument-ot-5-fevralya-2021-g>

⁶ Foresight on Emerging and Future Cybersecurity Challenges, ENISA, Ad-Hoc Working Group on Foresight On Emerging And Future Cybersecurity Challenges, 2021.

государствами, киберпреступниками, хакеры по найму и хактивисты. Указанный подход в целом соответствует российской методике, подразделяющей нарушителей на лиц, обладающих базовыми, базовыми повышенными, средними и высокими возможностями.

Использовавшиеся сценарии предполагали акцентировать внимание на наиболее взыскорейтинговые (по мнению ENISA) угрозы⁷: физическая атака (преднамеренная); непреднамеренный ущерб/потеря информации или ИТ-активов; стихийное бедствие; сбой/неисправности в работе; перебои в работе; подслушивание/ перехват; вредоносная деятельность/злоупотребление. В свою очередь, для определения источника угрозы, производилась имплементация каждой угроз с одним или несколькими сценариями, что позволило определить взаимосвязь между сценарием и тенденциями, представленную в таблице 1.

В результате проведенного исследования представлен ряд потенциальных угроз, информационной безопасности, которые рассмотрим далее.

Нарушение цепочки поставок вследствие дефектов программного обеспечения, связанное с использованием библиотек программ с открытым исходным кодом, что приведет к появлению новых и непредвиденных уязвимостей, создавая больше возможностей для злоумышленников скомпрометировать цепочку поставок со стороны поставщика и заказчика. При этом осуществляется реализация 2 и 4 сценариев, в качестве злоумышленников могут выступать спонсируемые государствами группы, а также преступные лица и организации с целями саботажа функционирования информационных систем и хищения значимой компьютерной информации. В качестве примера предлагается сценарий, когда спонсируемые государством субъекты внедряют бэкдор в хорошо известное и популярное онлайн-хранилище кода библиотеки с открытым исходным кодом в целях проникновения в информацию большинства крупных европейских корпораций и используют эту информацию для шантажа лидеров, шпионажа или иного инициирования сбоев в работе по всему ЕС.

Расширенные операции по дезинформации (операции по внедрению (Influence Operations (IO)), включающие в себя расширенные (с возможным использованием технологий искусственного интеллекта) возможности преступных группировок, хакеров и правительственных структур с целью манипулирования сообществами с использованием поддельных идентификационных данных на геополитическом уровне. Инструментами таких воздействий, возможно, будут выступать: мошенничество, несанкционированный доступ, перехват сеанса, кража личных данных, идентификации подделок, злоупотребление личными данными.

⁷ Threat Landscape Report//ENISA, Threat Landscape Report, 2022

Таблица 1.

Диаграмма взаимосвязи сценария и тенденции

Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3	Сценарий 4	Сценарий 5
Более широкое использование новых технологий при дистанционном обслуживании	Снижение количества пресной воды	Усложнение доступа правоохранительных органов к данным, хранящимся в (зашифрованных) сетях, и использовании собранных данных	Растущая зависимость от автоматизации и подключения для устойчивого производства энергии	Растущее внедрение (технического) законодательства в Европе
Использование технологий распределенных реестров	Растущее геополитическое влияние провайдеров связи	Растет число устройств, которые не подвергаются (или не могут подвергаться) регулярному исправлению	Популярность нетрадиционных форм работы, таких как фриланс («gig economy»)	Инфраструктура спутникового управления становится все более важной
Развитие технологии глубокой фальсификации	Возросшая политическая власть негосударственных субъектов	Принятие решений все чаще основывается на автоматизированном анализе данных	Растет популярность спроса и предложения «все как услуга» (XaaS)	Системы на основе искусственного интеллекта все чаще внедряются с предвзятостью или проблемами, влияющими на инклюзивность, безопасность, этику, конфиденциальность, надежность и объяснимость
Возрастает значимость кибербезопасности на выборах	Растет сбор и анализ данных для оценки поведения пользователей, особенно в частном секторе	Проблемы общественного здравоохранения, возникающие из-за проблем с психическим здоровьем жертв кибербезопасности	Автоматизация сельскохозяйственных навыков и рабочей силы	Рост цифрового авторитаризма
Расширение и усовершенствование возможностей подключения нелегального бизнеса	Развитие умных городов	Способность контролировать данные о себе (отдельном лице, компании или государстве) становится все более желательной и технически сложной	Промышленный переход с ископаемого топлива на водород или электричество (спрос)	Массовое вымирание и утрата биоразнообразия продолжаются

Рост авторитаризма в области цифрового наблюдения (потеря конфиденциальности) следует связать с возможностями информационных технологий в сборе персональных данных, таких как сведения о геоданных, потоки данных с камер наблюдения и технологий по распознаванию лиц. Аналитики полагают, что в дальнейшем свободы личности в Европе могут быть ограничены в целях обеспечения безопасности вследствие усиления цифровой слежки на интернет-платформах или внедрения цифровых удостоверений личности. Центры обработки указанной категории данных могут послужить мишенью для атаки преступных групп, также в связи с тем, что частные корпорации не обеспечивают требования защиты данных и безопасности. Представленная угроза имеет особую значимость для правительственных и частных организаций (включая правоохранительные органы) в рамках государственно-частного партнерства, обрабатывающие биометрические данные, и влечет за собой злоупотребление собранными данными правоохранительными органами или сообществами онлайн-линчевателей для отслеживания потенциальных преступников.

Человеческие ошибки в процессе эксплуатации устаревших элементов в киберфизических системах следует

связывать с тем, что с 2030 года Интернет вещей проникнет в значительную часть транспортной, энергетической и водопроводной сетей, а также промышленной инфраструктуры⁸ в целях повышения эффективности и совершенствования процесса принятия решений, что повлечет увеличение значимости смарт-устройств, а также систем управления и контроля интернета вещей. Быстрое внедрение Интернета вещей и продолжающаяся нехватка квалифицированных кадров приведут к недостатку знаний, подготовки и понимания киберфизической экосистемы к 2030 году, что приведет к проблемам с обеспечением безопасности, возникающим вследствие неправильной настройки, несвоевременного обслуживания и неадекватной поддержки по окончании срока службы снятого с производства программного обеспечения Интернета вещей. В дополнение к этим проблемам субъекты угроз могут осуществлять интеллектуальные атаки с использованием таких

⁸ Указанные категории народного хозяйства в странах Евросоюза формируют элементы критической информационной инфраструктуры согласно положениям "Directive (EU) 2016/1148 of the European Parliament and of the Council of 6 July 2016 on measures to ensure a high general level of security for network and information systems in the Union territory." Euro Lex. July 19, 2016. Retrieved April 26, 2018.

методов, как генеративные состязательные сети (GAN), выражающиеся в использовании уязвимостей серверов с целью срыва запланированных обновлений. Особое значение следует уделять тому обстоятельству, что со стороны конечного пользователя устройствами Интернета вещей часто управляют мобильные устройства с установленными ОС iOS или Android. Конечные пользователи общаются через свои мобильные приложения с интеллектуальных устройств, выступающих частью жилого помещения или транспорта, что дает возможность злоумышленникам получить первоначальный доступ к мобильным устройствам.

Целевые атаки с использованием данных интеллектуальных устройств — при составлении прогноза постулируется возрастание объема данных, характеризующих поведенческие реакции субъектов с использованием интеллектуальных устройств, будут собираться различные категории данных, что позволит составить точный и уникальный поведенческий профиль каждого пользователя. Собранные с применением онлайн платформ данные могут содержать данные о состоянии здоровья, поступающие от носимых устройств и медицинского оборудования или устройств Интернета вещей в умных домах (информацию о поведении дома, данные о передвижении или поведении).

Незаконный доступ к массивам данных позволяет адаптировать атаки социальной инженерии с учетом профиля поведения пользователя. Уровень сложности таких атак социальной инженерии потребует находить новые способы противодействия методам социальной инженерии и улучшения аутентификации.

Недостаточный анализ и контроль инфраструктуры и объектов космического базирования. При построении модели следует исходить из того, что в будущем космический сектор преобразится еще больше благодаря увеличению инвестиций частных субъектов, партнерским отношениям между частными компаниями и правительствами и усилению геополитической и коммерческой конкуренции в космосе. Рынки стимулируют частные компании быстрее внедрять инновации и снижать затраты за счет кибербезопасности. Частные компании могут попытаться использовать это для саботажа конкурентов; правительства могут попытаться использовать уязвимости для создания конкурентного геополитического преимущества в космосе; а преступные группы будут использовать уязвимости для вымогательства у компаний финансовых выгод и создания хаоса. Поскольку правительства и общества в значительной степени зависят от спутников (например, GPS), спонсируемые государством злоумышленники и хакеры по найму будут пытаться получить доступ и к оборудованию наземных узлов, включая базовые станции (т.е. приемопередатчики, которые соединяют спутники и на-

земные станции в единую сеть) с использованием атак типа «отказ в поддержании обслуживания». Злоумышленники будут использовать доступные методы для обхода механизмов защиты и обнаружения, но останутся бездействующими до тех пор, пока не осуществят свой эксплойт стратегически, например, во время конфликта как средство ведения гибридной войны. Внедрение оружия космического базирования может изменить геополитическую парадигму.

Рост числа продвинутых гибридных угроз. К 2030 году кибератаки станут более изощренными и будут сочетаться с физическими атаками. Методы проведения атак постоянно развиваются и часто комбинируются. При новом способе работы инструментам обнаружения потребуются более широкие возможности корреляции, включая соединение, казалось бы, несвязанных событий. Поэтому они представляют собой растущую проблему как для правительств, компаний, так и для граждан. В прошлом гибридные атаки в основном осуществлялись государственными субъектами как комбинация традиционной и кибервойны. При осуществлении гибридных атак применяются новые технологии и различные типы эксплойтов, чтобы обойти существующие системы реагирования (в т.ч. искусственный интеллект). Злоумышленники будут использовать одновременную комбинацию методов для получения первоначального доступа, включая сбор больших данных для адаптации своих фишинговых кампаний, машинное обучение для интерпретации данных, разработку новых инструментов для обхода защитных механизмов и сочетание физического и виртуального доступа для выполнения своих атак. С ростом числа интеллектуальных устройств, использованием облачных технологий, увеличением количества онлайн-идентификаций и социальных платформ, а также цифровых удостоверений личности, выдаваемых правительствами, у злоумышленников появится множество новых сфер для использования и комбинирования для создания креативных векторов атак.

Нехватка навыков связана с тем, что уже в настоящее время недостаток соответствующих компетенций способствует большинству нарушений информационной безопасности, нанося серьезный урон предприятиям, правительствам и гражданам. К 2030 году проблема нехватки квалифицированных кадров не будет решена. В то время как рост числа незаполненных рабочих мест в сфере кибербезопасности будет по-прежнему представлять значительный риск для общества и правительств. Этот риск будет усугубляться взаимодействием между новыми и устаревшими технологиями, для которых рабочая сила не была подготовлена, поскольку знания об устаревших технологиях передаются недостаточно быстро, чтобы управлять рисками в 2030 году. Преступные группы будут нацеливаться на организации, учреждения и компании, которые имеют большое коли-

чество незаполненных рабочих мест в области информационной безопасности, чтобы находить уязвимости и использовать их для получения финансовой выгоды. Публичные объявления о вакансиях часто содержат подробную информацию о том, каких навыков в настоящее время не хватает в компании или государственном учреждении, что дает злоумышленникам представление о возможных направлениях для атак.

Функционирование трансграничных поставщиков услуг ИКТ, как основание формирования единой точки отказа, следует связывать с тем, что по мере развития информационных технологий граница между физическими процессами и их представлением в киберпространстве будет размыва, поскольку инфраструктурные секторы, такие как транспорт, здравоохранение, электросети и промышленность, все больше полагаются на поставщиков услуг ИКТ для подключения к Интернету и управления коммуникациями между устройствами. Поставщики услуг ИКТ и их инфраструктура — включая спутниковые технологии — являются основой общества и поэтому могут стать единственной точкой отказа. Следовательно, эти поставщики услуг станут мишенью

правительств, террористов и преступных группировок. Использование уязвимостей в их инфраструктура, использующая гибридные атаки для получения доступа к их сетям, конечным точкам, центрам обработки данных или другим физическим компонентам инфраструктуры ИКТ, может нанести ущерб городам и целым регионам.

Злоупотребление искусственным интеллектом. Искусственным интеллектом можно манипулировать с момента его создания и на протяжении всего жизненного цикла.

Заключение

Таким образом можно сделать вывод о том, что используемая в странах Евросоюза методика ENISA по применению методов форсайта для выявления потенциальных угроз информационной безопасности с горизонтом планирования около 10 лет является вполне работоспособной и может получить применение при осуществлении практической деятельности в части разработки методического инструментария обеспечения безопасности информационных технологий в России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» от 26.07.2017 № 187-ФЗ // https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_220885/
2. Жарова, А.К. Правовое обеспечение атрибуции компьютерных атак / А.К. Жарова // Партнерство государства, бизнеса и гражданского общества при обеспечении международной информационной безопасности: Сборник докладов участников XVII международного форума, Москва, 18–20 сентября 2023 года. — Москва: Национальная Ассоциация международной информационной безопасности, 2023. — С. 74–78.
3. Другаль, А.О. Обоснование необходимости разработки экспертной системы оценки угроз информационной безопасности / А.О. Другаль, А.В. Царегородцев // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2023. — № 6-2. — С. 68–73. — DOI 10.37882/2223-2982.2023.6-2.13.
4. ГОСТ Р 53114-2008 Защита информации. Обеспечение информационной безопасности в организации. Основные термины и определения / ГОСТ Р № 53114-2008.
5. Указ Президента РФ от 02.07.2021 № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» // https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/
6. Методика оценки угроз безопасности информации: Методический документ. Утвержден ФСТЭК России 5 февраля 2021 г. // <https://fstec.ru/dokumenty/vse-dokumenty/spetsialnye-normativnye-dokumenty/metodicheskij-dokument-ot-5-fevralya-2021-g>
7. Foresight on Emerging and Future Cybersecurity Challenges // ENISA, Ad-Hoc Working Group on Foresight On Emerging And Future Cybersecurity Challenges, 2021.
8. Threat Landscape Report//ENISA, Threat Landscape Report, 2022.

© Елин Владимир Михайлович (elin_vm@mail.ru); Царегородцев Анатолий Валерьевич (academic_tsar@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СИСТЕМНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ РАДИОПЕЛЕНГАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ШУМОВ

SYSTEM-ANALYTICAL APPROACH TO THE SELECTION OF RADIO DIRECTION FINDING METHODS AND ALGORITHMS UNDER INFLUENCE OF NOISE

**Gburi Osamah Qasim Abd Zaid
Kareem Mohammed Hakeem Kareem**

Summary. Global demand for radar systems is growing rapidly, with the market expected to reach US\$46.8 billion by 2030. The growth rate is 4.5 % per year. Angular coordinates are key parameters for accurately determining the location of the signal source. System analysis of current super-resolution angular position determination algorithms, such as MUSIC, ROOT MUSIC, MVDR and ESPRIT, helps establish relationships between radar system performance and application requirements. The choice between algorithms depends on the specific application requirements, operating environment, available resources, and other factors. The article provides a comprehensive analysis of these methods with an emphasis on their performance characteristics in various conditions. The dependence of the choice of algorithm on specific operating conditions, navigation requirements and resource limitations highlights the importance of a systematic approach to optimizing the direction finding process. At high interference levels, MVDR and ROOT-MUSIC demonstrate better reliability, while in less demanding conditions MUSIC remains preferred due to its efficiency and ease of implementation.

Keywords: system analysis, direction finding methods, super-resolution, digital signal processing, MUSIC, ROOT MUSIC, MVDR, ESPRIT algorithms.

Жбури Осамэ Касим Абд Заид

Аспирант, Саратовский государственный
технический университет имени Гагарина Ю.А.

Osamaalj@pore89@gmail.com

Карим Мохаммед Хаким Карим

Аспирант, Саратовский государственный технический
университет имени Гагарина Ю.А.

Mohammedhakeem22@gmail.com

Аннотация. Глобальный спрос на радиолокационные системы быстро возрастает, ожидается, что этот рынок достигнет 46,8 миллиарда долларов США к 2030 году. Темпы роста составляют 4,5 % в год. Угловые координаты являются ключевыми параметрами для точного определения местоположения источника сигнала. Системный анализ текущих алгоритмов определения угловых координат с суперразрешением, таких как MUSIC, ROOT MUSIC, MVDR и ESPRIT, помогает установить зависимости между характеристиками радиолокационных систем и требованиями прикладных задач. Выбор между алгоритмами зависит от специфических требований приложения, условий рабочей среды, доступных ресурсов и других факторов. В статье произведен комплексный анализ этих методов с акцентом на их эксплуатационные характеристики в различных условиях. Зависимость выбора алгоритма от специфических условий эксплуатации, навигационных требований и ограничений ресурсов подчеркивает важность системного подхода для оптимизации процесса пеленгации. При высоких уровнях помех MVDR и ROOT-MUSIC демонстрируют лучшую надежность, в то время как в менее требовательных условиях MUSIC остается предпочтительным за счет своей эффективности и простоты в реализации.

Ключевые слова: системный анализ, методы пеленгации, суперразрешение, цифровая обработка сигналов, алгоритмы MUSIC, ROOT MUSIC, MVDR, ESPRIT.

Введение

Глобальный спрос на радиолокационные системы в 2022 г. оценивался в 33,0 миллиарда долларов США. Согласно отчету компании Research and Markets (Ирландия) ожидается, что этот рынок достигнет 46,8 миллиарда долларов США к 2030 году [1]. Общий тренд на рынке связан с повышением эффективности, точности и стабильности навигационных систем, которые зависят от методов вычисления угловых координат источников радиопередачи с учетом шумов. Как ожидается, этот рынок будет продолжать расти высокими темпами (среднегодовой темп роста составит 4,5 % за анализируемый период 2022–2030 гг.) вместе с развитием новых технологий и расширением применения в разных отраслях.

Военные и гражданские радары, а также системы мониторинга и обнаружения источников излучения (ИИ), применяют различные методы вычисления угловых координат для определения положения и скорости целей. Поэтому исследование методов вычисления угловых координат источников радиопередачи с учетом шумов имеет высокую актуальность. Угловые координаты являются ключевыми параметрами для точного определения местоположения источника сигнала. В реальных условиях сигналы обычно сопровождаются шумами, которые могут исказить точность вычисления угловых координат. Поэтому разработка новых методов, способных эффективно справляться с шумами и обеспечивать высокую точность и скорость вычислений, является актуальной задачей. Улучшение точности вычисления угловых координат источников радиопередачи с учетом шумов позволяет оптимизировать радиосвязь, по-

высить надежность систем радионавигации и улучшить качество радиолокационных систем.

Большинство задач в радиолокации и пеленгации решается с использованием антенных решеток (АР). Прямоугольная антенная решетка (Rectangular Antenna Array) — это особый тип антенной системы, состоящий из регулярного прямоугольного массива множества антенн, расположенных на равных расстояниях друг от друга в виде сетки. Каждая антенна в решетке является активной точкой приема или передачи сигналов. Принцип действия прямоугольной антенной решетки основан на комбинировании сигналов, полученных от каждой антенны в массиве. Путем управления фазой и амплитудой сигнала на каждой антенне можно формировать и настраивать направленные лучи сигнала. Каждая антенна в решетке синхронизирована по фазе и также расположена в строго определенных пространственных координатах. Это позволяет антеннам взаимодействовать друг с другом и формировать усиленный направленный луч. За счет изменения фазы (и амплитуды) сигналов на каждой антенне в массиве можно контролировать фазовое распределение в пространстве, что приводит к формированию желаемого направленного луча. Используя информацию о фазовых различиях между сигналами, полученными от разных антенн в решетке, можно определить угловые координаты источника сигнала. Большое число антенн в решетке позволяет получить высокую пространственную разрешающую способность, что помогает локализовать источник сигнала с высокой точностью.

Методы последовательной и параллельной пеленгации источников излучения

Известные методы углового сверхразрешения, способные обеспечить высокую точность определения координат источников излучения (ИИ) можно разбить на два больших класса: параллельные и последовательные.

Методы последовательной пеленгации: метод неискаженного отклика с наименьшей дисперсией (MVDR — Minimum Variance Distortionless Response) или метод Кейпона (J. Capon), метод классификации множественных сигналов (MUSIC — Multiple Signal Classification) и другие. При последовательной направленной пеленгации ИИ используется последовательная компенсация сигнала, полученного от каждого источника, и сравнение его с пределом обнаружения. Эти методы применяются для поиска источников излучения в конкретном направлении, используя непосредственную информацию о направлении отраженных сигналов. К недостаткам этих методов можно отнести: длительное время обработки сигнала, так как требуется последовательное позиционирование источников, а также снижение точности

в определении положения источников из-за ограниченной информации о направлении отраженных сигналов.

Методы параллельной пеленгации: метод ROOT-MUSIC, метод Писаренко, метод параллельного обзора пространства (ESPRIT — Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariance Techniques) и другие. При параллельной пеленгации происходит совместное обнаружение ИИ во всех направлениях (определяются относительные мощности и направления сигналов, полученных с нескольких антенн, установленных в различных местах). Однако, эти методы требуют более высоких вычислительных ресурсов и мощности, особенно при обработке большого количества данных с нескольких антенн одновременно. Кроме того, при параллельной пеленгации требуется точная синхронизация антенн. Несовместимость или неточность синхронизации антенн может негативно сказаться на результате позиционирования.

Характеристики методов определения координат источников излучения с высоким разрешением

Рассмотрим преимущества и недостатки наиболее известных методов пеленгации:

1. Метод и алгоритмы многофакторного анализа сигнала MUSIC (Multiple Signal Classification) — последовательный метод обзора пространства, т.е. последовательное направление пеленгации источника излучения (ИИ) [2,3,4].

Преимущества: хорошая разрешающая способность в условиях малого шума, высокая точность определения направления источника сигнала, возможность обработки нескольких источников одновременно.

Ограничения: чувствительность к высокому уровню соотношения сигнал/шум, что влияет на точность определения угловых координат, когда источники близко расположены друг к другу. Кроме того, для организации вычислений требуется априорная информация о предполагаемом количестве источников и их угловых координатах.

2. Метод неискаженного отклика с наименьшей дисперсией (MVDR — Minimum Variance Distortionless Response) или метод Кейпона, основан на минимизации дисперсии сигнала с сохранением его неискаженности [5,6].

Преимущества метода: высокая разрешающая способность при небольшом уровне шума или искажении волнового фронта, возможность учета пространственной корреляции сигналов.

Ограничения: метод не позволяет разделять сколь угодно близкие источники при точно известной корреляционной матрице сигнала, требуется сравнительно большой объем вычислений, снижена чувствительность к высоким уровням шума, что может привести к неправильному определению угловых координат.

3. Метод ESPRIT (Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariance Techniques) — метод параллельного обзора пространства, т.е. параллельная пеленгация источников излучения [7, 8, 9, 10]. Для функционирования ESPRIT необходима AP состоящая из двух одинаковых или одинаково ориентированных подрешеток. Это численный метод, позволяющий оценить параметры суммы синусоид на фоне шумов по серии измерений расчетным путем, без поиска локальных максимумов по координатам. При этом обеспечивается высокая надежность и точность.

Преимущества метода: высокая разрешающая способность по различению близко находящихся источников при низком уровне шума, возможность обработки нескольких сигналов одновременно.

Ограничения: потребность в априорной информации о количестве источников и их угловых координатах, возникновение ошибок при наличии коррелированного шума.

4. Метод ROOT-MUSIC для нахождения угловых координат ИИ использует ортогональность собственных сигнальных и шумовых векторов и применяется для линейных антенных решеток [11,12]. Создается матрица ковариации, отражающая статистическую корреляцию между сигналами, полученными на разных антеннах. Затем проводится анализ собственных векторов корреляционной матрицы. Отличительной особенностью метода является более высокая точность оценивания угловых координат даже в условиях помех и интерференции.

К достоинствам метода Root-MUSIC можно отнести независимость от количества ИИ, высокую скорость сканирования и хорошую разрешающую способность при определении направлений ИИ даже в условиях сложных помеховых и шумовых сигналов. Более того, возможно подавление помех и нежелательных сигналов, что дополнительно увеличивает точность пеленгации. Root-MUSIC обладает низкой вычислительной сложностью, что делает его практичным для использования в реальном времени.

Недостатки метода Root-MUSIC: чувствительность к передвижению ИИ, применимость только к линейной геометрии антенной решетки.

Сравнительный системный анализ методов пеленгации источников сигналов

Алгоритмы MUSIC, Root-MUSIC, ESPRIT и MVDR являются наиболее распространенными методами для пеленгации источников сигналов. При сравнении этих алгоритмов можно использовать следующие численные показатели:

Разрешающая способность (Angular resolution), т.е. способность алгоритма различать источники сигнала, находящиеся близко друг к другу в пространстве. Более высокое значение разрешающей способности говорит о возможности более точного разделения источников сигнала.

Пространственная спектральная разделяемость (Spatial spectral separation) — способность алгоритма отделять разные источники сигнала только на основе их направлений. Более высокое значение спектральной разделяемости указывает на более эффективное разделение источников сигналов.

Устойчивость к помехам (Resistance to noise) — характеризует способность алгоритма обрабатывать сигналы в условиях шума и помех. Более высокая устойчивость к помехам означает более эффективное подавление шума и помех, что приводит к более точным результатам пеленгации.

Вычислительная сложность (Computational complexity) для реализации алгоритма (чем ниже этот показатель, тем более быстро и эффективно обрабатывается сигнал в реальном времени).

Таким образом, высокая разрешающая способность и пространственная спектральная разделяемость гарантируют точность определения направлений источников сигнала. Устойчивость к помехам — ключевой фактор надежности системы в реальных условиях. Низкая вычислительная сложность обеспечивает скорость обработки сигналов без необходимости использования значительных вычислительных ресурсов.

На основании обзора литературы и диссертационных исследований [13, 14, 15] была проведена экспертная оценка этих показателей (табл. 1). Оценка производилась экспертно в баллах (от 1 до 10, где 10 — наивысшая оценка).

Выводы

1. Методы MUSIC, ROOT-MUSIC и ESPRIT интенсивно исследуются как в России, так и за рубежом. В научно-технической литературе предложено большое количество модификаций этих методов.

Таблица 1.
Сравнительный системный анализ характеристик методов пеленгации ИИ

Показатель	MUSIC	MVDR	ESPRIT	Root-MUSIC
Разрешающая способность	8	7	9	10
Чувствительность к помехам (по соотношению сигнал/шум)	8	9	7	9
Пространственная спектральная разделяемость	7	10	8	9
Вычислительная сложность	6	7	9	9

2. Разрешающая способность методов параллельной пеленгации (ROOT-MUSIC и ESPRIT) больше разрешающей способности методов последовательной пеленгации (MUSIC и MVDR), однако методы с параллельной обработкой данных требуют

больших вычислительных ресурсов и временных затрат.

3. MVDR имеет высокую устойчивость к помехам и шуму. Он использует модель ковариационной матрицы, что позволяет эффективно подавлять помехи и улучшать качество сигнала. Это делает MVDR надежным и стабильным алгоритмом даже в условиях сильного шума.
4. Выбор между алгоритмами зависит от специфических требований приложения, условий рабочей среды, доступных ресурсов и других факторов. При наличии помех или необходимости работы в сложных условиях, алгоритмы MVDR и ROOT-MUSIC более предпочтительны для достижения более надежной и точной пеленгации. Однако, в простых условиях среднего и низкого уровня шума, алгоритм MUSIC может быть более применимым и достаточным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Radar Systems — Global Strategic Business Report, ID: 4805409, URL: https://www.researchandmarkets.com/report/radar-systems?utm_source=GNE&utm_medium=PressRelease&utm_code=jqlhgp&utm_campaign=1908376+--+Global+Radar+Systems+Market+Report+2023%3a+Players+Include+Raytheon%2c+Reutech+Radar+Systems%2c+Rheinmetall+and+Rockwell+Collins&utm_exec=jamu273prd, (дата обращения 02.12.2023)
2. Сухов И.А., Акимов В.П. Метод повышения разрешающей способности пеленгатора с кольцевой антенной решеткой при использовании алгоритма MUSIC // Информатика, телекоммуникации и управление. 2013. №3 (174). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-povysheniya-razreshayushey-sposobnosti-pelengatora-s-koltzovoy-antennoy-reshetkoy-pri-ispolzovanii-algoritma-music> (дата обращения: 02.12.2023).
3. Schmidt R.O. Multiple emitter location and signal parameter estimation // IEEE Transactions on Antennas Propagation. — 1986. — Vol. AP-34. — № 3. — P. 271–280.
4. MUSIC and improved MUSIC algorithm to estimate direction of arrival / Gupta S. K. P. [et al] // SPACES-2015, Dept of ECE, K L UNIVERSITY, 2015. — P. 309–313.
5. Capon, Jack. «High-resolution frequency-wavenumber spectrum analysis.» Proceedings of the IEEE 57, no. 8 (1969): 1408–1418.
6. Чистяков, В.А. Сравнительный анализ разрешающей способности методов сверхразрешения MVDR и MUSIC / В.А. Чистяков. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 16 (306). — С. 165–168. — URL: <https://moluch.ru/archive/306/68978/> (дата обращения: 02.12.2023).
7. R. Roy and T. Kailath, ESPRIT—Estimation of signal parameters via rotational invariance techniques, IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, vol. ASSP-37, pp. 984–995, 1989.
8. Петров В.П., Шаурман А.К. Спектральные способы оценки направления источников сигналов в адаптивных антенных решётках // Вестник СибГУТИ. 2011. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/spektralnye-sposoby-otsenki-napravleniya-istochnikov-signalov-v-adaptivnyh-antennyh-reshyotkah> (дата обращения: 02.12.2023).
9. Shevchenko M. & Gorovoy, A. & Balashov, V. & Solovoyov, S. (2021). Features of application of ESPRIT method for different configurations of antenna arrays. Issues of radio electronics. 30-37. 10.21778/2218-5453-2020-12-30-37.
10. Fulton, C., Salazar J.L., Zhang Y. et al. Cylindrical Polarimetric Phased Array Radar: Beamforming and Calibration for Weather Applications // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. — 2017. — Vol. 55. — № 5. — P. 2827–2841.
11. Москалец Н.В. Сравнительный анализ методов оценки направления прихода сигналов / Н.В. Москалец // Радиотехника: Всеукраинский межведомственный науч.-техн. сборник № 188 / Харьков, 2017.
12. Duy-Thai Nguyen, Thanh-Hai Le, Van-Sang Doan, Van-Phuc Hoang, UNet-rootMUSIC: A high accuracy direction of arrival estimation method under array imperfection, AEU — International Journal of Electronics and Communications, V.173, 2024, 155008, <https://doi.org/10.1016/j.aeu.2023.155008>.
13. Сафонова А.В. Эффективные алгоритмы оценивания угловых координат источников радиоизлучения, [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.12.04 и 05.12.14: защищена 10.02.2016 / Автор Сафонова А.В. — Рязань, 2016. — 113 с.
14. Шмонин О.А. Разработка методов двумерного углового разрешения источников излучения в адаптивных антенных системах [Текст]: дис. канд. физ.-мат. наук: 1.3.4.: защищена 28.09.2022 / Автор Шмонин О.А. — Нижний Новгород, 2022. — 141 с.
15. Макаров Е.С. Анализ углового сверхразрешения источников электромагнитного поля в многоканальных системах с малой апертурой, [Текст]: дис. канд. физ.-мат. наук: 01.04.03.: защищена 19.03.2009 / Автор Макаров Е.С. — Воронеж, 2009. — 164 с.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ЦИФРОВЫХ СЕРВИСОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УНИВЕРСАЛЬНОГО АЛГОРИТМА

DEVELOPMENT OF MODELS OF DIGITAL SERVICES IN MECHANICAL ENGINEERING USING A UNIVERSAL ALGORITHM

D. Kilyakov
V. Petrov

Summary. Digital services offer many advantages over traditional solutions, including ease of use, high data processing speed and extensive scaling capabilities. Due to their versatility and functionality, they have become an integral part of the daily life of a modern person, providing access to information and providing various services at any time and place convenient for the user.

At the stage of designing a digital service model, it is extremely important to take into account possible limitations and difficulties that may arise at the stage of its scaling and integration with other information systems. This approach minimizes the risks and financial costs of eliminating potential problems in the future, thereby ensuring the successful implementation and operation of the service.

One of the key stages in the process of designing a digital service is the development of an algorithm that ensures quality control of the model of the service being designed. This algorithm should have high flexibility and adaptability, allowing it to take into account all possible changes and new requirements in the process of developing and using the service. This guarantees the successful implementation of the project and the satisfaction of the needs of all stakeholders.

Keywords: digitalization, digital services, modeling, standardization, mechanical engineering.

Киляков Данил Александрович

Аспирант, ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет «Станкин»
den1997@rambler.ru

Петров Валерий Евгеньевич

к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет «Станкин»
cu58@mail.ru

Аннотация. Цифровые сервисы предлагают множество преимуществ по сравнению с традиционными решениями, включая удобство использования, высокую скорость обработки данных и широкие возможности масштабирования. Благодаря своей универсальности и функциональности, они стали неотъемлемой частью повседневной жизни современного человека, обеспечивая доступ к информации и предоставляя различные услуги в любое удобное для пользователя время и месте.

На этапе проектирования модели цифрового сервиса крайне важно учесть возможные ограничения и сложности, которые могут возникнуть на этапе его масштабирования и интеграции с другими информационными системами. Такой подход позволяет минимизировать риски и финансовые затраты на устранение потенциальных проблем в будущем, обеспечивая тем самым успешное внедрение и эксплуатацию сервиса.

Одним из ключевых этапов в процессе проектирования цифрового сервиса является разработка алгоритма, обеспечивающего контроль качества модели проектируемого сервиса. Данный алгоритм должен обладать высокой гибкостью и адаптивностью, позволяющими ему учитывать все возможные изменения и новые требования в процессе разработки и использования сервиса. Это гарантирует успешную реализацию проекта и удовлетворение потребностей всех заинтересованных сторон.

Ключевые слова: цифровизация, цифровые сервисы, моделирование, стандартизация, машиностроение.

Введение

Цифровой сервис представляет собой интегрированную систему, основанную на использовании цифровых технологий, которая предназначена для значительного улучшения или ускорения основных процессов, обеспечивающих жизнедеятельность человека, включая организационные и бизнес-процессы, а также производственные процессы. Цифровые сервисы обладают рядом преимуществ перед классическими решениями, такими как удобство, более высокая скорость обслуживания и гибкость, позволяющая легко адаптировать систему под конкретные нужды.

Разработка цифровых сервисов предполагает предварительное проектирование модели, что позволяет

предотвратить возможные ограничения при масштабировании и интеграции с другими системами. Это особенно важно, поскольку устранение таких ограничений впоследствии может повлечь за собой значительные финансовые и временные затраты, которых можно было бы избежать, проведя тщательное планирование и проектирование на начальном этапе. Таким образом, грамотное проектирование является ключевым фактором, обеспечивающим эффективность и успешность цифрового сервиса в долгосрочной перспективе.

Последствия ошибок моделирования

Ошибки моделирования цифровых сервисов могут привести к различным негативным последствиям, таким как:

- Снижение эффективности бизнес-процессов: Неправильное моделирование цифрового сервиса может привести к тому, что он не будет выполнять свои функции должным образом, что в свою очередь может снизить эффективность работы компании.
- Увеличение затрат на разработку и внедрение: Ошибки в моделировании могут привести к необходимости переделки или доработки сервиса, что может потребовать дополнительных затрат.
- Ухудшение репутации компании: Если цифровой сервис не работает должным образом или вызывает проблемы у пользователей, это может негативно сказаться на репутации компании.

Чтобы избежать этих проблем, необходимо тщательно подходить к процессу моделирования цифровых сервисов, использовать качественные инструменты и методы моделирования, а также проводить тестирование и отладку моделей.

Сроки, сложность и стоимость разработки могут увеличиваться из-за ошибок в моделировании и постановке задачи, ниже приведены примеры таких ошибок:

1. Рассмотрим сервис, который отображает геолокацию товара или услуги на карте при помощи API Яндекс или Google карт. Архитектура сервиса априори завязана на сторонние решения. При возникновении специфических требований, которые сторонние сервисы не предоставляют, возникла необходимость в дополнительных действиях: нужно установить движок карты, сменить базу данных, сконвертировать данные, написать нужные формулы, адаптировать старый код под возможности модуля карт. Это повлечет за собой временные и денежные затраты.
2. Имеем неправильно смоделированную базу данных, необходимо добавить несколько полей и изменить программный код.
3. Неправильно составлено техническое задание: необходимо полное переписывание.
4. Неправильно выбраны технологии для разработки: при реализации многозадачного многопоточного приложения с использованием технологии, которая для этого не предназначена, в выбранном фреймворке нет необходимых возможностей.

Последствиями ошибок проектирования как правило становятся — увеличение расходов, вплоть до 100 % от изначального времени разработки и бюджета и даже, превышать 100 %. Для того, чтобы модель учитывала все нюансы, необходим алгоритм, который позволит гарантировать качество модели проектируемого сервиса.

Существующие решения для избежания потерь при моделировании

Различные специалисты и IT-компании пытаются решить задачи при возникновении таких проблем.

Одним из решений можно рассмотреть концепцию, используемую компанией AvitoTech — PaaS (платформа как сервис).

Этот подход предлагает следующее:

- Максимальная автоматизация;
- Построение продукта, который закрывает реальные потребности разработчиков;
- Низкий порог входа и максимальная концентрация на скорости доставки фич;
- Нулевой перерасход интеграции с инфраструктурой.

В PaaS для разработчиков от Avito, реализованы и прописаны следующие этапы:

1. Создание сервиса;
2. Разработка сервиса;
3. Тестирование;
4. Доставка сервиса;
5. Эксплуатирование сервиса.

Наиболее подробно предлагается рассмотреть проблематику этапа № 2. Несмотря на то, что подход, описанный выше, позволяет структурировать разработку сервисов и сделать их унифицированными, во многом он касается лишь части, связанной с разработчиками.

В итоге, получаются сервисы *от разработчиков для разработчиков*.

Но, остается проблема, как заранее оценить их трудоемкость, какой уровень проработки интерфейса у них должен быть и согласен ли с итоговой оценкой заказчик.

Отчасти, данная проблема решается прохождением по всем этапам абстракции, как это описано в книге Роберта Мартина «Чистая архитектура»[8]. Р. Мартин предлагает: ввести метрики, полностью основанные на том, как модули системы связаны между собой.

Цель этих метрик — определить, насколько масштабируема и удобна в обслуживании система.

Алгоритм моделирования цифровых сервисов

Алгоритм моделирования цифрового сервиса включает в себя несколько этапов, каждый из которых имеет свои особенности. Первым этапом является определение требований к конечному результату — цифровому сервису. На этом этапе необходимо понять, какие функции и возможности должен предоставлять сервис, какие задачи он должен решать и для каких пользователей он предназначен.

Далее следует этап разработки структуры цифрового сервиса. Этот этап включает в себя определение состава

ва микросервисов и их взаимодействия, определение ролей пользователей и схемы отказоустойчивости сервиса. Также на этом этапе разрабатывается предполагаемая метрика для оценки качества работы сервиса.

Наконец, последним этапом является оценка трудоемкости разработки цифрового сервиса. На основе детальной проработки составных частей сервиса определяется объем работы, необходимый для его создания, и оценивается стоимость разработки.

Преимущества алгоритма моделирования цифровых сервисов заключаются в его универсальности и полноте.

Предлагаемый алгоритм должен соответствовать следующим условиям:

1. Должен быть «Универсальным», применяться для любого вида цифрового сервиса;
2. Включает проектирование модели бизнес-процесса сервиса и ПО;
3. Итерационный, который будет позволять контролировать детализацию итоговой модели;
4. Итоговая модель, должна соответствовать, современным требованиям к ПО и бизнес-процессам;
5. Гарантировать качество итоговой модели, с контролируемым процентом (%) ошибок проектирования, в зависимости, от детализации итоговой модели.

Опираясь на предъявленные к алгоритму требования, был разработан алгоритм, описанный ниже:

Шаг 1

«Сформулировать бизнес-цель цифрового сервиса» — является самым важным и основным во всем процессе. Определение итоговой цели цифрового сервиса влияет на все аспекты моделирования. Результатом выполнения данного этапа должно являться четкое описание решаемой задачи.

Шаг 2

«Разбиение сервиса на микросервисы». Основой для данного этапа является «Принцип единственной ответственности» методологии SOLID [8]. Микросервисы, решающие единственную задачу, позволяют выполнять эту задачу максимально эффективно, а также не влиять на реализацию других. Благодаря этому принципу, итоговый цифровой сервис, будет масштабируемым и прост в отладке.

Шаг 3

«Оценка компетенции пользователя и анализ сценария его работы». На этом этапе осуществляет сбор информации о каждом пользователе, который будет взаимодействовать с сервисом, в разрезе каждого микросервиса. Важность данного этапа заключается

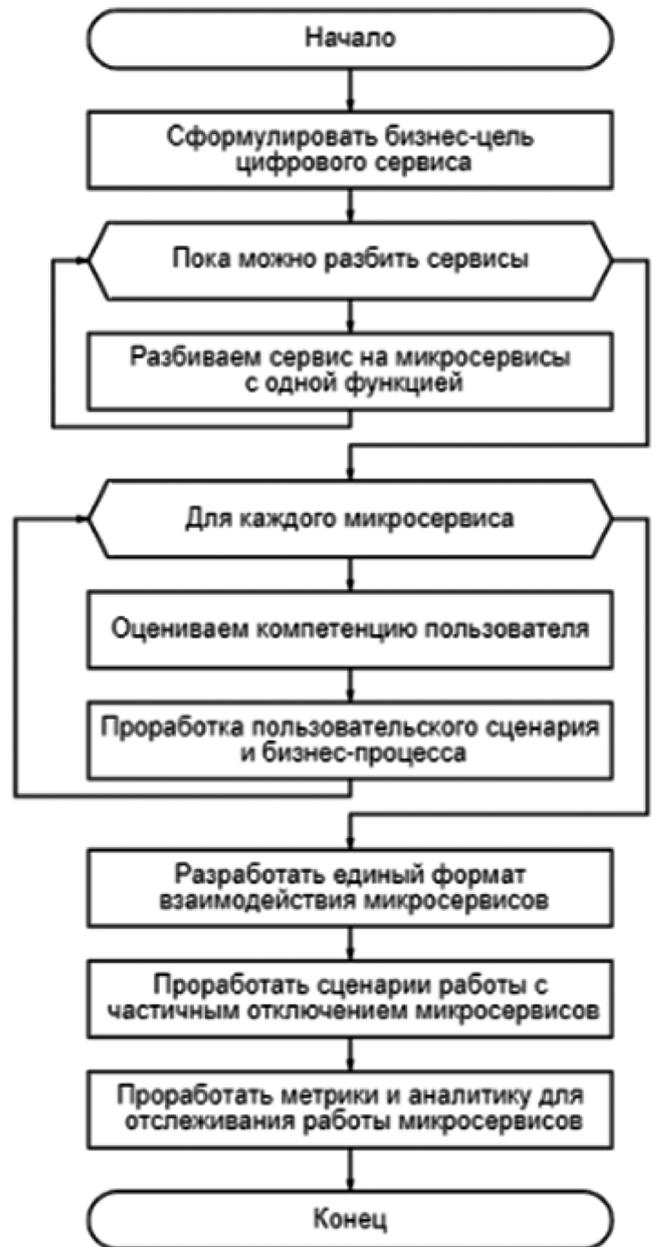


Рис. 1. Блок-схема алгоритма

в том, чтобы пользователь мог эффективно и полно использовать предполагаемый функционал, не возникало трудностей с пониманием интерфейсов и пониманием доступных возможностей. При моделировании сервиса без оценки пользователей, во многих случаях возникает сложность с использованием конечного сервиса или же отсутствием у пользователей необходимых компетенций. В случае, если для сервиса требуется компетенция, которая на текущий момент отсутствует у пользователей, необходимо заложить его обучение.

Шаг 4

«Разработать единый формат взаимодействия микросервисов». Ценность этапа заключается в унифика-

ции всех взаимодействий между микросервисами, что позволяет избежать расхождений и ошибок в обменах данными. В зависимости от сложности конечного сервиса, описание формата, может быть различным. Формат, может включать в себя несколько вариантов, в зависимости от требуемых задач, но порядок их использования, должен быть четко завязан на конкретные условия.

Шаг 5

«Проработать сценарии работы с частичным отключением микросервисов». Во время реальной эксплуатации, возможны сбои и отключения. При проектировании цифровых сервисов важно учитывать возможность частичного отключения отдельных модулей системы. На данном этапе, мы поочередно моделируем отключение каждого из микросервисов и описываем поведение остальных микросервисов. Если отключение одного из микросервисов невозможно заменить или перенаправить данные, то для такого микросервиса требуется обеспечить высокую степень отказоустойчивости и дублирование.

Шаг 6

«Проработать метрики и аналитику для мониторинга работы микросервисов». Для оценки потребления ресурсов, наличия ошибок и другой информации об итоговом сервисе, необходимо проработать полную метрику по каждому из микросервисов. Описание данной метрики, должно включать в себя, как показатели этой метрики, так и их крайние и нормальные значения. За основу этого этапа, взяты подходы SLI и SLO. [9]

Для проверки работы алгоритма, предлагается смоделировать работу цифрового сервиса сбора и хранения данных. Сервисы сбора и хранения, отвечают, за сбор производственных данных с локальных систем автоматизации, обработку потоков и пакетов данных, хранение временных рядов, событий и неструктурированных данных.

Для этого выполним пошагово алгоритм, последовательно с небольшим количеством итераций и рассмотрим итоговую модель сервиса и сравним ее с реализацией одного из существующих.

Шаг 1. Необходим сервис, который будет отвечать за сбор входящей информации с производственных линий, а также сохранять полученные данные в реляционную БД.

Шаг 2. Итерация 1. Сервисы: сбор данных, хранение данных.

Шаг 2. Итерация 2. Сервисы: сбор данных сборочных линий, сбор данных линий станков с ЧПУ, сбор данных

упаковочных линий, хранение входных данных линии, хранение выходных данных линии.

Для примера 2-ух итераций достаточно, но для более качественной модели цифрового сервиса количество итераций может быть больше.

Шаг 3. Микросервисы сбора данных сборочных линий, сбора данных линий станков с ЧПУ, сбора данных упаковочных линий:

Пользователь аналитик: умеет читать таблицы. Будет наблюдать за данными, проходящими через сервис для выявления узких мест

Пользователь тех. специалист: умеет читать таблицы, пользоваться консолью для включения/выключения сервиса и его настройки, настраивать интеграция сервиса и производственного оборудования. Технический специалист отвечает за обслуживание сервиса

Микросервисы хранения входных данных линии, хранения выходных данных линии.

Пользователь аналитик: умеет читать таблицы, работать с файлами для выгрузки таблиц для других систем. Отвечает за анализ накопленных данных, а также их выгрузку и обработку в других системах.

Пользователь технический специалист: умеет читать таблицы, пользоваться консолью для включения/выключения сервиса и его настройки, интеграцию загрузки данных из других микросервисов. Тех. Специалист отвечает за обслуживание сервиса

Шаг 4. Единым форматом обмена между сервиса будут выступать csv таблицы с данными.

Шаг 5. В случае частичного отключения микросервиса сбора данных, в сервисах хранения данных должна включаться возможность ручного ввода данных. В случае если перестает работать один из сервисов хранения, данные начинают получать второй сервис хранения до тех пор, пока не будет восстановлена работа первого.

Шаг 6. Все сервисы должны быть подключены к сервисам отслеживания количества входящих и исходящих записей сервисов. В случае если сервис не принимает или не отдает записи, это будет сигнализировать об ошибке.

Заключение

Рассмотренный алгоритм, позволил нам, смоделировать структуру технического сервиса, а также пользовательские возможности, требуемые для использования моделируемого сервиса. В итоге, получена полная мо-

дель, в которой присутствуют требования к конечному сервису и становится возможным оценить трудоемкость разработки, за счет детальной проработки его составных частей.

Если рассмотреть подробнее, мы имеем следующее:

- Список реализуемых микросервисов;
- Структуру взаимодействия микросервисов;
- Список предполагаемых ролей пользователей;
- Схему отказоустойчивости в случае сбоев;

— Предполагаемую метрику сервиса.

Таким образом, используя алгоритм, предложенный ранее, мы покрываем все аспекты моделирования цифрового сервиса, описанные выше.

Можно сделать вывод, что предложенный алгоритм, является полным, включающим в себя все этапы моделирования и в то же время, универсальным, для различных цифровых сервисов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кияков Д.А., Цифровые сервисы в машиностроении — Сборник научных трудов XXIII Международной научно-практической конференции НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ, ООО «1С-Пабблишинг» Москва, том 1, тезисы, 2023 г.
2. Ковригин Е.А., Интеграция современных цифровых технологий в систему менеджмента качества высокотехнологичных предприятия, Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, 2020 г.
3. Прохоров А., Коник Л. Цифровая трансформация. Анализ, тренды, мировой опыт. М.: Издательские решения, 2018. 460 с.
4. Цифровая трансформация: ожидания и реальность: докл. к XXIII Ясинской (Апрельской) междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 2022 г. [Текст] / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишневецкий, М.А. Гершман, Л.М. Гохберг и др.; рук. авт. кол. П.Б. Рудник; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2022. — 221 с. — ISBN 978-5-7598—2658-3 (в обл.). — ISBN 978-5-7598-2468-8 (e-book)
5. Блог компании AvitoTech. Платформа как сервис в Авито: как это устроено. [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/companies/avito/articles/527400/> (Дата обращения: 01.05.2023)
6. Чистая архитектура на PHP. Как её измерять и контролировать? [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/articles/504590/> (Дата обращения: 04.04.2023)
7. Метрики для улучшения архитектуры ПО [Электронный ресурс]. URL: <https://medium.com/nuances-of-programming/метрики-для-улучшения-архитектуры-по-e27daa3e8634> (Дата обращения: 05.04.2023)
8. Мартин Р. Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения. — СПб.: Питер, 2021. — 352 с.: ил. — (Серия «Библиотека программиста»).
9. Блог компании AvitoTech. Как измерить надёжность вашего приложения [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/companies/avito/articles/742960/> (Дата обращения: 13.09.2023)

© Кияков Данил Александрович (den1997@rambler.ru); Петров Валерий Евгеньевич (cu58@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ

Конузель Екатерина Андреевна

Аспирант, Байкальский Государственный Университет
kkonuzel@mail.ru

INNOVATIVE DEVELOPMENT OF DECISION-MAKING SYSTEMS AND PROSPECTS FOR THEIR DEVELOPMENT

E. Konuzel

Summary. At the present stage of society's development, making informed and effective management decisions plays a huge role. In the context of growing uncertainty and complexity of the external environment, the task of rapid response to changing conditions is becoming key for organizations of any scale and profile. In this regard, the importance of innovative development of decision-making systems increases, allowing timely response to challenges, reducing decision-making time and increasing their quality.

The purpose of this study is to analyze the current state and prospects for the development of innovative approaches to the design and operation of decision-making systems. The following aspects are considered: the use of artificial intelligence methods, neural networks, blockchain technologies, big data analytics, the Internet of things, augmented and virtual reality. The impact of innovations on the speed, quality, transparency and adaptability of decision-making processes is assessed.

The results of the study allow us to draw conclusions about the prospects for the transformation of decision-making systems under the influence of digital technologies, as well as about the most important directions for further development of this area.

Keywords: decision-making system, innovations, digital technologies, artificial intelligence, neural networks, big data, Internet of things.

Аннотация. На современном этапе развития общества принятие обоснованных и эффективных управленческих решений играет огромную роль. В условиях растущей неопределенности и сложности внешней среды задача оперативного реагирования на меняющиеся условия становится ключевой для организаций любого масштаба и профиля. В связи с этим повышается значимость инновационного развития систем принятия решений, позволяющих своевременно реагировать на вызовы, сокращать время принятия решений и увеличивать их качество.

Цель данного исследования заключается в анализе современного состояния и перспектив развития инновационных подходов к проектированию и функционированию систем принятия решений. При этом рассматриваются следующие аспекты: использование методов искусственного интеллекта, нейронных сетей, блокчейн-технологий, big data-аналитики, интернета вещей, дополненной и виртуальной реальности. Оценивается влияние инноваций на скорость, качество, прозрачность и адаптивность процессов принятия решений.

Результаты исследования позволяют сделать выводы о перспективах трансформации систем принятия решений под влиянием цифровых технологий, а также о важнейших направлениях дальнейшего развития данной области.

Ключевые слова: система принятия решений, инновации, цифровые технологии, искусственный интеллект, нейронные сети, биг-дата, интернет вещей.

Введение

Процесс принятия решений всегда был одним из основополагающих для любой организации, однако в условиях цифровой трансформации масштабов и скорости бизнеса значение эффективных систем поддержки принятия решений растёт в геометрической прогрессии. По данным исследований ведущих аналитических агентств, в ближайшие пять лет инвестиции в развитие данного направления могут вырасти более чем в 3 раза и составить свыше 350 миллиардов долларов ежегодно.

Такой взрывной рост интереса к инновационным решениям в сфере принятия решений обусловлен целым рядом факторов. Во-первых, распространение цифровых технологий порождает огромные массивы данных,

анализ которых требует применения сложных алгоритмов искусственного интеллекта. Во-вторых, растёт значимость оперативности реагирования на изменения внешней среды, а традиционные подходы к принятию решений уже не могут обеспечить необходимую гибкость и скорость. В-третьих, повышаются требования к прозрачности и объективности процедур принятия решений.

В таких условиях задача инновационного развития систем поддержки управленческих решений приобретает стратегическое значение. Перспективы данного направления весьма многообещающи, однако существует и ряд вызовов, связанных с необходимостью согласования интересов различных стейкхолдеров, интеграции разнородных технологических решений, обеспечением безопасности и этичности.

Одним из наиболее перспективных направлений инновационного развития систем принятия решений является использование принципов искусственного интеллекта, в частности нейронных сетей и глубокого обучения. Данные технологии позволяют во много раз повысить эффективность анализа больших массивов структурированных и неструктурированных данных, выявляя в них скрытые закономерности и взаимосвязи.

Материалы и методы исследования

Для комплексной оценки существующего состояния и перспектив развития инновационных подходов к проектированию систем принятия решений в рамках данного исследования был проведен анализ научной и специальной литературы, посвященной рассматриваемой проблематике. При этом основное внимание уделялось работам, выполненным в последние 3–5 лет, что позволило оценить наиболее актуальные тенденции в данной области.

В качестве источников информации использовались публикации, размещенные в ведущих рецензируемых научных журналах по тематике искусственного интеллекта, математического моделирования, системной техники и теории принятия решений. Кроме того, привлекались материалы международных конференций и симпозиумов по данной проблематике.

Важным методом исследования стал анализ отчетов ведущих консалтинговых компаний (McKinsey, Boston Consulting Group, Deloitte и др.), занимающихся прогнозированием развития рынков цифровых технологий и их внедрением в практику бизнеса. Это позволило оценить масштабы инвестиций и темпы распространения инновационных подходов к проектированию систем принятия решений. Также были проанализированы данные статистических наблюдений за внедрением тех или иных инновационных решений в крупнейших мировых компаниях. При этом изучались как количественные показатели объемов инвестиций и охвата персонала, так и качественные оценки влияния инноваций на эффективность деятельности компаний.

Особое внимание уделялось изучению практики применения нейронных сетей, блокчейн-технологий, биг-дата аналитики и других перспективных подходов для целей автоматизации процессов поддержки принятия решений. Анализировались задачи, для решения которых применялись те или иные инструменты, достигаемые результаты, проблемы и перспективы дальнейшего совершенствования.

Результаты исследования

Использование инструментов искусственного интеллекта в сфере принятия решений уже демонстрирует

положительную динамику. Как показали статистические исследования [5, с. 100], около 60 % компаний Fortune 500 задействовали нейронные сети и методы глубокого обучения для автоматизированного анализа данных и разработки рекомендаций в рамках своих систем поддержки принятия решений.

Помимо очевидных преимуществ в виде существенного сокращения временных затрат и повышения эффективности оценок, использование нейронных сетей позволило в некоторых случаях добиться качественно скачка в эффективности принимаемых управленческих решений [8, с. 86]. Так, в одной из крупнейших IT-компаний применение глубокого обучения для анализа статистических данных о продажах и технической поддержке позволило выявить ранее не очевидные взаимосвязи, что привело к росту выручки на 7 %.

Вместе с тем, по результатам опросов экспертов [3, с. 12; 10, с. 35], наиболее значимым для дальнейшего прогресса является вопрос обеспечения качества и достоверности данных, используемых для обучения нейронных сетей. В ряде случаев, даже несмотря на большие масштабы сбора информации, ее структуризация и нормализация остаются недостаточными для разработки универсальных моделей [4, с. 2132].

Одним из возможных направлений преодоления данной проблемы может стать разработка гибридных подходов, сочетающих машинное обучение с экспертным анализом [11, с. 79]. В частности, предлагается предварительно «подготовить» данные с привлечением специалистов, которые выделяют бы наиболее значимые признаки и предусмотрели бы исключения из-за особенностей конкретных ситуаций. Такая комбинация автоматизации и ручной обработки позволила бы существенно повысить точность прогнозов.

Исследования также подтвердили высокий потенциал использования блокчейн-технологий для обмена данными между организациями и разработки распределенных моделей принятия решений [7, с. 239; 12, с. 262]. Например, предлагается формировать единый базис статистики отказов и дефектов различных приборов и устройств, доступ к которому был бы открыт для всех производителей и сервисных компаний. Это позволило бы значительно повысить скорость выявления причин неисправностей и разработки мер по их предупреждению.

Подтверждением высокого потенциала глубокого обучения в данной сфере являются результаты исследования ведущей консалтинговой компании [9, с. 241], проведенного на примере 15 крупнейших мировых банков. В результате внедрения на основе нейронных сетей унифицированной системы анализа кредитных рисков

и поддержки принятия решений по заявкам клиентов удалось добиться значительного снижения уровня неоправданного кредитного риска. Так, доля просроченной задолженности в портфеле выданных кредитов за первый год их действия сократилась в среднем на 13,4 % (с 5,72 % до 4,96 %). При этом объем выданных кредитов вырос на 5,8 %. За счет снижения неоправданных рискованных операций сократились издержки на формирование резервов под сомнительные долги и снижение стоимости портфеля проблемных кредитов.

Расчеты показали, что экономия составила порядка 1,2 млрд долларов в год за счет снижения издержек на формирование резервов на 14,7 % и уменьшения объема проблемных активов на 8,3 %. При этом рентабельность капитала возросла в среднем на 2,1 п.п. Учитывая масштабы операций крупнейших банков, потенциальная ежегодная экономия от глобального внедрения подобных систем может превысить 15 млрд долларов.

Сопоставимые положительные результаты были получены при использовании методов нейронных сетей для анализа текущих трендов на финансовых рынках и оптимизации инвестиционной стратегии в одном из крупнейших пенсионных фондов Канады [6, с. 45]. Благодаря повышению точности прогнозов на 2–3 % удалось увеличить доходность инвестиционного портфеля на 0,6 % в год при сохранении прежнего уровня рисков, что в перерасчете на общий объем активов в 10 млрд долларов составило 60 млн долларов дополнительной прибыли.

Дальнейшее распространение инновационных подходов подтверждают результаты исследования рынка внедрения систем искусственного интеллекта, проведенного аналитической компанией Technavio [13, с. 72]. Согласно прогнозам, объем рынка разработки и внедрения программных решений на базе нейронных сетей и машинного обучения для целей поддержки принятия решений к 2024 году вырастет до 35,2 млрд долларов, показав среднегодовые темпы роста в 22 %.

При этом основная доля рынка будет приходиться на сектор финансовых услуг (20,5 млрд долларов к 2024 году), где компании активно используют анализ больших данных для оценки кредитоспособности, выявления мошенничества и управления финансовыми рисками. Второе место займет сектор здравоохранения (6,3 млрд долларов), где нейронные сети помогают в диагностике заболеваний и подборе персонализированных схем лечения.

Крупнейшими игроками на данном рынке являются компании IBM (27 % рынка), Microsoft (19 %) и Amazon Web Services (11 %). Однако высокие темпы роста демонстрируют более мелкие стартапы, специализирующиеся

на отдельных нишах, таких как прогнозирование продаж, оптимизация логистических цепочек и анализ текстовых данных. Так, объемы инвестиций в стартапы, работающие в сфере искусственного интеллекта, выросли в 2020 году на 55 % по сравнению с предыдущим годом и составили более 9 млрд долларов.

Дальнейшее развитие систем поддержки принятия решений на основе искусственного интеллекта будет в значительной степени зависеть от совершенствования методов обработки неструктурированных данных. По оценкам Gartner [14, с. 107], на них приходится более 80 % всей цифровой информации, однако сегодня эффективно используется менее 0,5 % таких данных.

Важным шагом в решении этой задачи может стать развитие подходов, основанных на представлении текстов в виде «векторных пространств». Например, метод Word2vec позволяет анализировать контекст слов и получать их векторные представления, отражающие смысловую близость. Уже сейчас компании Google и Microsoft добились значительных успехов в обработке естественного языка благодаря применению подобных алгоритмов.

Однако дальнейшее совершенствование требует внедрения глубоких нейронных сетей, способных учитывать грамматическую структуру предложений и логику текстов в целом. Первые опыты с применением трансформерных моделей BERT и ELMO показали более чем 35 %-ное повышение точности синтаксического анализа и тематической классификации по сравнению с традиционными подходами [15, с. 80]. Эксперты прогнозируют, что в ближайшие 3–5 лет методы представления текстов в виде «векторных отпечатков» позволят довести эффективность анализа неструктурированных данных до уровня структурированных. Это может обеспечить дополнительный рыночный потенциал для разработчиков систем искусственного интеллекта в размере более 15 млрд долларов ежегодно.

Перспективы дальнейшего развития данного направления тесно связаны с обеспечением кибербезопасности и этичности применения методов искусственного интеллекта. Согласно исследованию Ponemon Institute [15, с. 87], в 2020 году инциденты, связанные с нарушениями конфиденциальности или целостности данных в системах искусственного интеллекта, привели к средним убыткам организаций в размере 5,5 млн долларов.

Для их предотвращения необходимо разработать комплекс стандартов кибербезопасности, учитывающих специфику функционирования нейронных сетей и основанных на методах разграничения доступа, защиты от подмены и недопустимого использования персональных данных. По оценкам, объем рынка программных

и аппаратных средств для обеспечения безопасности AI вырастет с 13,3 млрд долларов в 2020 году до 32,6 млрд в 2026 [1, с. 73].

Не менее важным является вопрос обеспечения прозрачности и этичности принимаемых рекомендаций. Например, разработка стандартов объяснения логики выводов нейронных сетей позволит исключить их подверженность предубеждениям в отношении личностных характеристик людей. Согласно прогнозам PwC, расходы компаний на соблюдение этических стандартов искусственного интеллекта вырастут с 1 млрд долларов в 2020 году до 6 млрд в 2030.

Таким образом, активное решение проблем кибербезопасности и прозрачности является ключевым условием, определяющим дальнейшие темпы развития систем принятия решений на основе искусственного интеллекта.

Одной из стран, активно внедряющих инновационные подходы в сферу принятия решений, является Россия. Так, по данным Министерства цифрового развития, за 2020–2021 годы более 35 % организаций госсектора начали использовать элементы искусственного интеллекта для решения задач оптимизации процессов и анализа данных.

Одним из ключевых направлений стало внедрение нейронных сетей в сфере здравоохранения. Так, в Институте хирургии им. А.В. Вишневского применение глубокого обучения для анализа медицинских изображений (КТ, МРТ) позволило повысить точность диагностики онкологических заболеваний на 12–15 %. Это дало возможность сократить количество ложноположительных результатов биопсий с 8 % до 2,4 %. В целях оптимизации управления госзакупками Федеральная антимонопольная служба разработала систему мониторинга и анализа данных на базе нейронных сетей. Ее применение позволило выявить более 13000 случаев возможных коррупционных схем и сэкономить почти 5 млрд рублей за счет аннулирования сомнительных тендеров. В сфере образования инструменты искусственного интеллекта активно используются для анализа результатов ЕГЭ и разработки индивидуальных образовательных траекторий школьников. В МГУ им. М.В. Ломоносова такой подход позволил на 20 % сократить время выбора студентами индивидуальных образовательных программ.

Перспективы дальнейшего роста рынка данных технологий в России, по прогнозам экспертов, составляют 25–30 % ежегодно. Это обусловлено расширением сфер применения ИИ и формированием отечественных компетенций в данной области.

Обсуждение

Проведенное исследование позволило проанализировать современное состояние и перспективы при-

менения инновационных подходов, основанных на методах искусственного интеллекта, для развития систем поддержки принятия решений. Полученные результаты свидетельствуют о высоком потенциале данного направления, а также нарастающих темпах его внедрения в практике ведущих компаний различных секторов экономики.

Так, использование нейронных сетей и глубокого обучения для анализа больших данных уже позволило ряду организаций добиться существенного снижения издержек и повышения доходности благодаря более точному прогнозированию и принятию обоснованных решений. При этом прогнозируемый объем рынка подобных решений к 2024 году превысит 35 миллиардов долларов. Вместе с тем, дальнейшее развитие данного направления находится в тесной зависимости от решения ряда задач, таких как обеспечение качества и достоверности исходных данных, обработка неструктурированной информации, разработка стандартов прозрачности и этичности функционирования систем искусственного интеллекта. Также необходимо учитывать специфику отраслевых и национальных подходов к реализации соответствующих проектов. При этом перспективным направлением является создание гибридных моделей, сочетающих машинное обучение с экспертным анализом данных. Успешное решение указанных вызовов позволит обеспечить дальнейший экспоненциальный рост данного рынка и сделает возможным широкомасштабное внедрение перспективных инновационных решений в практику принятия решений практически во всех сферах деятельности.

Проведенное исследование позволило выявить ряд важных особенностей развития инновационных подходов к проектированию систем поддержки принятия решений. В числе наиболее перспективных направлений, безусловно, следует выделить использование методов глубокого обучения.

Нейронные сети демонстрируют высокий потенциал для решения широкого спектра задач — от анализа структурированных данных и распознавания образов до обработки естественного языка. При этом их эффективность во многих случаях превосходит традиционные подходы, что позволяет значительно сокращать издержки и повышать качество принимаемых решений.

Вместе с тем необходимо признать, что существенным ограничением широкомасштабного внедрения нейронных сетей по-прежнему остается недостаточное понимание принципов их функционирования. Хотя первые работы, направленные на разработку методик объяснимости и интерпретации выводов глубоких сетей, внушают определенный оптимизм, полноценная прозрачность нейронных моделей пока представляется нерешенной задачей.

С другой стороны, именно это обстоятельство порождает потребность в развитии гибридных подходов, сочетающих данные мощности машинного обучения с экспертным анализом результатов. Такая интеграция, вероятно, позволит не только повысить интерпретируемость рекомендаций, но и учесть тонкости конкретных предметных областей.

Очевидно также, что наиболее быстрый прогресс можно ожидать в тех направлениях, где уже накоплен большой объем репрезентативных данных. В то же время важнейшим заданием для дальнейшего развития остается создание открытых образовательных и научных ресурсов.

Заключение

Подводя итоги проведенного исследования, можно сделать ряд заключений относительно перспектив инновационного развития систем принятия решений на основе цифровых технологий.

Во-первых, доказан высокий потенциал использования методов искусственного интеллекта, в частности

нейронных сетей и глубокого обучения, для анализа больших данных и автоматизации этапов подготовки решений. Как показали результаты внедрения в ведущих компаниях различных секторов, это позволяет снизить издержки и повысить эффективность как минимум на 5–15 %.

Во-вторых, прогнозируемый объем рынка соответствующих программных решений к 2024 году превысит 35 миллиардов долларов. Ожидается ежегодный рост данного рынка в 20–25 % за счет расширения сфер применения искусственного интеллекта.

В-третьих, ключевым условием его дальнейшего успешного развития является совершенствование методов обработки неструктурированных данных, обеспечение кибербезопасности и прозрачности рекомендаций нейронных сетей.

Таким образом, инновационные подходы к разработке систем поддержки принятия решений, несомненно, обладают высоким потенциалом и будут активно внедряться в ближайшие годы с ожидаемыми значительными экономическими эффектами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев П.Н. Проблемы и перспективы применения информационных технологий в деятельности органов военного управления. // Военная мысль. 2021. — № 11. — С. 73.
2. Баркалов С.А. Механизмы принятия решений в цифровой экономике / С.А. Баркалов, В.Н. Бурков В.Н., О.С. Первалова, Т.А. Аверина // В сборнике: Тенденции развития интернет и цифровой экономики. Труды III Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. — 2020. — С. 12–16.
3. Батоев В.Б. «Большие данные (big data)» и предиктивная аналитика в оперативно-разыскной деятельности: проблемы использования и пути решения // Вестник Волгоградской академии МВД России. 2020. № 1 (52). С. 11–17.
4. Боркова Е.А. Цифровая трансформация строительной отрасли в условиях макроэкономического шока COVID-19 / Е.А. Боркова, А.Г. Изотова, Изотова, Н.А. Литвинова // Вопросы инновационной экономики. — Том 10, Номер 4, Октябрь-декабрь. — 2020. — С. 2129–2140
5. Горошко И.В. Цифровизация — современный тренд развития правоохранительных органов // Научно-аналитический журнал Обозреватель — Observer. 2022. № 2. С. 94–106.
6. Звонарева А.Ю. Документационное обеспечение управления в органах внутренних дел Российской Федерации: проблемы и перспективы развития // Труды Академии управления МВД России. 2020. № 1 (53). С. 40–47.
7. Коношев В.В., Кубасов И.А., Шапкин А.В. МВД России: Дорога к искусственному интеллекту // Искусственный интеллект (большие данные) на службе полиции: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. Москва: Академия управления МВД России, 2020. С. 236–243.
8. Миронов С.Б., Миронова Т.Б. Единая автоматизированная информационная система контроля, учета и координации оперативно-розыскных действий правоохранительных органов: необходимость или излишество? // Сибирские уголовно-процессуальные и криминалистические чтения. 2016. № 2 (10). С. 94–100.
9. Молохович М.В. Предпосылки и критерии выбора формы корпоративного взаимодействия хозяйствующих субъектов // Проблемы прогнозирования и государственного регулирования социально-экономического развития: материалы XXII Междунар. науч. конф., Минск, 21–22 окт. 2021 г.: в 3 т. / НИЭИ М-ва экономики Респ. Беларусь; редкол.: Ю.А. Медведева [и др.]. — Минск, 2021. — Т. 2. — С. 241–242.
10. Полоник С.С., Молохович М.В. Приоритетные направления инновационной деятельности организаций реального сектора экономики Республики Беларусь // Новая экономика. — 2020. — № 1(75). — С. 33–40.
11. Полтерович В.М. К общей теории социально-экономического развития. Часть 2. Эволюция механизмов координации // Вопросы экономики. 2018. № 12. С. 77–102. EDN: <https://elibrary.ru/yphcxz>. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2018-12-77-102>
12. Сливичкий Б.А., Сливичкий А.Б. Вопросы моделирования актора и акцептора новых научных идей (личностно-психологический аспект) // Коэволюция техники и общества в контексте цифровой эпохи. Сборник докладов. Под общ. ред. А.Л. Андреева, З.К. Селивановой, В.И. Герасимова. — М., 2020. — С. 259–263.
13. Сливичкий Б.А., Сливичкий А.Б. Теоретико-методологические основания анализа социально-экономических систем // Материалы Афанасьевских чтений. 2022. — № 1 (38). — С. 72.
14. Фальшина Н.А. Основные приоритеты правовой политики Российской Федерации в сфере цифровизации // Философия права. 2022. № 1 (100). С. 106–110.
15. Шкарупета Е.В. Сценарии инновационного экосистемного развития в условиях глобальной пандемии / Е.В. Шкарупета, О.Г. Шальнев, М.А. Повалюхина // Экономика и управление: проблемы, решения. — 2020. — Т. 3. — № 1. — С. 86–89.

© Конузель Екатерина Андреевна (kkonuzel@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБМЕНА ДАННЫМИ МЕЖДУ ПРОГРАММНЫМИ ПРОДУКТАМИ ПОСРЕДСТВОМ ИНТЕГРАЦИОННЫХ ШИН

MODELING OF DATA EXCHANGE PROCESSES BETWEEN SOFTWARE PRODUCTS USING INTEGRATION BUSES

D. Kornienko
D. Popov

Summary. Within the framework of the presented article, the relevance and necessity of solving this problem through the use of an integration bus is substantiated. It was revealed that the main obstacle to the implementation of this task is the lack of a unified approach to modeling the implementation of data exchange when implementing an integration bus. The author has identified the main goal, which is the need to develop a unified algorithmic approach to modeling the data exchange problem. As a result of the work, examples of implementation of the integration bus were considered and a general form of the problem of modeling data exchange processes was identified. The main tasks have been identified, the solution of which is necessary to be able to model and implement an effective data exchange system when using an integration bus. Attention is focused on the need to take into account all the features and initial goals when implementing the integration bus, as well as constant monitoring and optimization of integrated solutions. The main result of the work was the presentation of a universal algorithmic model that can be used in the implementation of data exchange processes between software products in any enterprise. The work additionally highlights the main stages aimed at introducing the integration bus. The information base for the study was formed on official materials and open publications of authors on relevant topics, who considered in their works issues regarding the modeling of data exchange processes between software products.

Keywords: automation, informatization, software product, 1С, integration bus, data exchange.

Корниенко Дмитрий Васильевич

Кандидат физ.-мат. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Елецкий
государственный университет им. И.А. Бунина»
dmkornienko@mail.ru

Попов Дмитрий Иванович

Аспирант, ФГБОУ ВО «Елецкий государственный
университет им. И.А. Бунина»
diman-pm@mail.ru

Аннотация. В рамках представленной статьи обосновывается актуальность и необходимость решения данной задачи за счет использования интеграционной шины. Выявлено, что основным препятствием реализации данной задачи является отсутствие унифицированного подхода к моделированию реализации обмена данными при реализации интеграционной шины. Автором определена основная цель, заключающаяся в необходимости разработки единого алгоритмического подхода к моделированию задачи обмена данными. В результате работы рассмотрены примеры реализации интеграционной шины и выявлен общий вид задачи моделирования процессов обмена данными. Выявлены основные задачи, решение которых необходимо для возможности моделирования и реализации эффективной системы обмена данными при использовании интеграционной шины. Внимание акцентируется на необходимости учета всех особенностей и исходных целей при реализации интеграционной шины, а также постоянного мониторинга и оптимизации интегрированных решений. Основным результатом работы стало представление универсальной алгоритмической модели, имеющей возможность своего использования при реализации процессов обмена данными между программными продуктами на любом предприятии. В работе дополнительно отмечены основные этапы, направленные на внедрение интеграционной шины. Информационная база для исследования сформирована на официальных материалах и открытых публикациях авторов по соответствующей тематике, рассматривавших в своих работах вопросы относительно моделирования процессов обмена данными между программными продуктами.

Ключевые слова: автоматизация, информатизация, программный продукт, 1С, интеграционная шина, обмен данными.

Введение

Представители бизнеса должны учитывать современные тренды, связанные с повсеместной интеграцией информационных технологий и различных программных продуктов, примерами которых являются информационные системы, программные комплексы и иные средства автоматизации [1]. Основной задачей при интеграции рассматриваемых решений является повышение качества, эффективности и оптимизация функционирования предприятий. В качестве одного

из наиболее распространенных и показывающих наиболее эффективные результаты при своем использовании программных продуктов является 1С.

Интеграция 1С на современных предприятиях позволяет автоматизировать работу практически каждого подразделения в каждой определенной организации. Так, в результате внедрения данного инструмента представляется возможным автоматизировать деятельность бухгалтерии (1С:Бухгалтерия), повысить эффективность по работе с персоналом (1С:Зарплата и управление пер-



Рис. 1. Программные решения 1С для предприятия

соналом), а также оптимизировать расходы и повысить экономическую эффективность предприятия. Основной проблемой является необходимость обеспечения эффективного обмена данными между данными программными продуктами, основной целью чего и является представление результатов текущей статьи (рис. 1).

Задача моделирования процессов обмена данными между программными продуктами имеет широкую огласку среди современных исследователей. Так, в работе авторов А.В. Кучниский, В.Н. Гутковский и И.И. Пилецкий более подробно был рассмотрен вопрос относительно использования интеграционной шины для обработки больших данных [2]. Авторами подтверждена значительная актуальность и необходимость использования данного инструмента при решении задачи по оптимизации и повышению эффективности взаимодействия между бизнес-процессами. Основным недостатком при практической реализации данной интеграции стало отсутствие учета изначальных потребностей и требований к интеграции. В связи с этим, ее применимость актуальна только для узкого круга предприятий, имеющих небольшое количество взаимодействующих подразделений.

Исследователями В.А. Штерензон, Д.Б. Шадрин и А.А. Калиниченко решена задача обмена данными между системой «1С Предприятие» и LMS Moodle [2]. Представленное решение также имеет широкую возможность своего использования. В частности, реализация интеграционной шины оптимальна для решения задачи взаимодействия не более, чем с двумя основными подразделениями, как пример, при реализации дистанционного обучения.

В связи с этим, основными задачами представленной работы становится определение полного набора требований и факторов, учет которых необходим для возможности реализации обмена данными между широким набором подразделений на предприятии. Важным аспектом при реализации такого подхода должна стать универсальность и наличие учета всех изначальных целей и задач продукта. Для достижения поставленной цели в основе работы использованы такие методы научного исследования, как анализ, синтез, моделирование и обобщение. Автором производится систематизации основных факторов, влияющих на реализацию эффективного решения по обмену данными между программными продуктами на основе использования интеграционной шины. Представленные результаты могут быть применимы вне зависимости от количества подразделений и деятельности самого предприятия.

Результаты и обсуждение

Обмен данными между программными продуктами необходим для обеспечения эффективной работы и взаимодействия между различными подразделениями предприятия [3–4]. Интеграция возможности обмена данными позволяет автоматизировать процессы, связанные с передачей информации между различными программами и исключить необходимость вручную вводить данные в каждую систему [5–6]. Это способно упростить и значительно ускорить работу с данными, а также снизить вероятность ошибок при ручном вводе. Важным преимуществом решения исходной задачи является обеспечение централизованного хранения данных [7–8]. Так, обмен данными позволяет собирать и хранить информацию в одном месте, что значительно облегчает

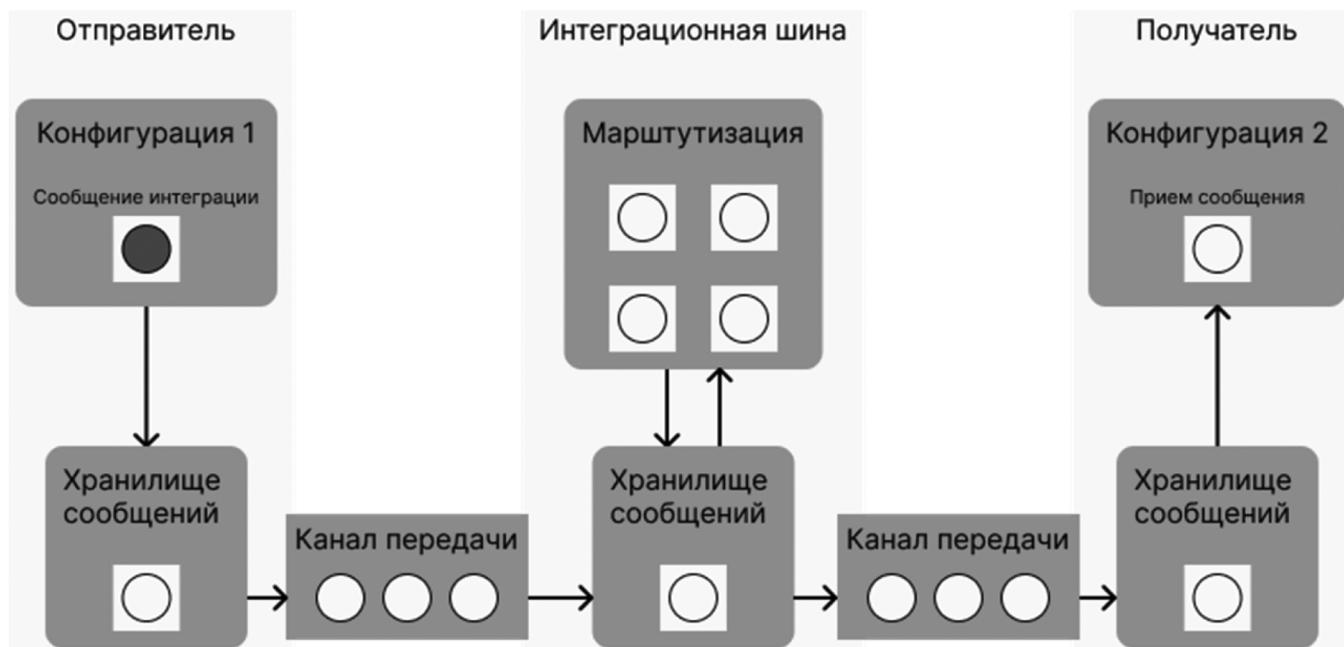


Рис. 2. Схема передачи сообщений посредством интеграционной шины

задачи по ее обработке и анализу [9–10]. Совместное использование данных между программными продуктами 1С на предприятии также позволяет улучшить качество и достоверность информации, так как изменения в одной системе автоматически отражаются в других.

Одним из вариантов решения задачи обмена данными является использование интеграционной шины «1С:Шина» [11]. Основными задачами использования данного продукта являются маршрутизация, трансформация и обеспечение гарантии доставки сообщений. На рис. 2 представлен принцип работы интеграционной шины на примере задачи по передаче сообщений:

Общая задача моделирования процессов обмена данными имеет следующий вид:

- предприятие (организация) осуществляет деятельность, которая включает в себя необходимость непрерывного обмена информацией о заказах между подразделениями для формирования стоимости продукта, анализа текущего состояния, прогнозирования плана работ и ряд иных задач, присущих современному бизнесу;
- определение целей и задач моделирования процессов обмена данными;
- анализ и сбор информации о процессах обмена данными, включая их структуру, последовательность действий, условия выполнения и используемые данные;
- разработка модели процессов обмена данными, включающей определение взаимодействующих компонентов, описание их поведения и взаимодействия, а также алгоритмы и правила выполнения действий;

— интеграция, оптимизация и обновление программных модулей.

Промежуточные этапы должны включать в себя выбор следующих элементов: определение бизнес-процессов (анализ и определение бизнес-процессов, которые необходимо автоматизировать или интегрировать); выбор интеграционной шины (выбор шины, подходящей для реализации обмена данными между программными продуктами 1С [12–13]). Некоторые популярные интеграционные шины, используемые с 1С, включают Microsoft BizTalk Server, MuleSoft Anypoint Platform, SAP PI/PO и иные).

Помимо этого, должен быть решен ряд следующих задач: моделирование потоков данных (разработка модели потоков данных, которая описывает и определяет источники данных, преобразования и передачу данных между программными продуктами) [14]; разработка интеграционных сценариев (определяют конкретные шаги и логику обмена данными между программными продуктами); настройка интеграционной шины и программных продуктов 1С для обмена данными в соответствии с разработанными сценариями; тестирование и отладка; управление и мониторинг.

Немаловажным вопросом является поддержка и сопровождение, которые обеспечивают работоспособность интеграционной шины, включая обновление сценариев в соответствии с изменениями в бизнес-процессах и программных продуктов [15]. Учитывая представленные компоненты, элементы и факторы, складывается необходимость построения универсальной модели, применимой для моделирования процессов

обмена данными между программными продуктами 1С посредством интеграционных шин вне зависимости от вида деятельности предприятия. На рис. 3 представлена авторская алгоритмическая модель, включающая в себя основные задачи, реализация которых необходима для обеспечения качественного и эффективного обмена данными между программными продуктами 1С.

При реализации основных этапов из представленной алгоритмической модели может быть обеспечено эффективное управление и обмен данными между программными продуктами на предприятии, учитывающее все особенности, исходные цели, а также мониторинг и оптимизацию интегрированных решений в результате его деятельности. Для реализации интеграционной шины 1С для подключения нескольких подразделений предприятия, можно использовать комплекс программ:

&НаКлиенте

Процедура ПодключитьПодразделение(ИмяПодразделения)

ПутьКБазе = «ПутьКБазе» + ИмяПодразделения + «.1CD»

База = Новый БазаЗнаний(ПутьКБазе)

ПодключитьСобытия(База)

КонецПроцедуры

&НаКлиенте

Процедура ПодключитьСобытия(База)

ОбработчикСобытия = Новый ОбработчикСобытия(База)

ГлобальныйКонтекст.ПодписатьНаСобытие(«Событие1», ОбработчикСобытия)

ГлобальныйКонтекст.ПодписатьНаСобытие(«Событие2», ОбработчикСобытия)

' Подписка на другие события

КонецПроцедуры

&НаКлиенте

Объявление

ОбработчикСобытия

КонецОбъявления

&НаКлиенте

ОбработчикСобытия = Функция(Параметры)

' Код обработчика события

КонецФункции

В данном примере предполагается, что уже есть базы данных 1С для каждого подразделения предприятия, и хранятся они в отдельных файлах с расширением .1CD.

Функция «ПодключитьПодразделение» принимает имя подразделения и создает объекты «БазаЗнаний» для соответствующей базы данных. Затем вызывается процедура «ПодключитьСобытия», которая подписывается на необходимые события в подключенной базе данных. В процедуре «ПодключитьСобытия» создается объект

«Обработчик-События», который содержит код для обработки событий. Затем происходит подписка на события из базы данных с помощью метода «ГлобальныйКонтекст.ПодписатьНаСобытие». Код обработчика события доступен в функции «Обработчик-События», где вы можете писать свою логику обработки событий. Данный код предназначен для выполнения на клиентской стороне 1С:Предприятия. При этом код для подключения подразделений предприятия к единой интеграционной шине 1С будет выглядеть следующим образом:

Подключение к интеграционной шине

Шина = Новый УправлениеТорговлейЗапросыИТТТР();

Установка параметров подключения к шине

Шина.URL = «http://интеграционная.шина.адрес/api»;

Шина.ИмяПользователя = «Пользователь»;

Шина.Пароль = «Пароль»;

Получение объекта предприятия

Предприятие = Константы.ПередачаДанных.ИТТТР.ПолучитьОбъект();

Заполнение данных объекта предприятия

Предприятие.URL = «http://предприятие.адрес/api»;

Предприятие.ИмяПользователя = «Пользователь»;

Предприятие.Пароль = «Пароль»;

Подключение объектов предприятия к интеграционной шине

Шина.ДобавитьОбъект(Предприятие);

Отправка данных на интеграционную шину

Шина.ОтправитьДанные();

В данном примере используется объект «УправлениеТорговлей-ЗапросыИТТТР» для подключения к интеграционной шине и объект «ПередачаДанных» для получения объекта предприятия. После установки параметров подключения, объект предприятия добавляется к интеграционной шине и данные отправляются на шину с помощью метода «ОтправитьДанные()». Важно отметить, что данный код является универсальным, а его использование при изменении соответствующих параметров и функций подойдет при реализации интеграционной шины для любого предприятия.

На рис. 4 представлен пример внедрения интеграционной шины для обмена сообщениями между программными продуктами предприятия:

При этом основными этапами внедрения интеграционной шины 1С должны стать:

1. Моделирование процессов обмена данными между программными продуктами;
2. Проработка маршрутизации и трансформации данных между информационными системами;

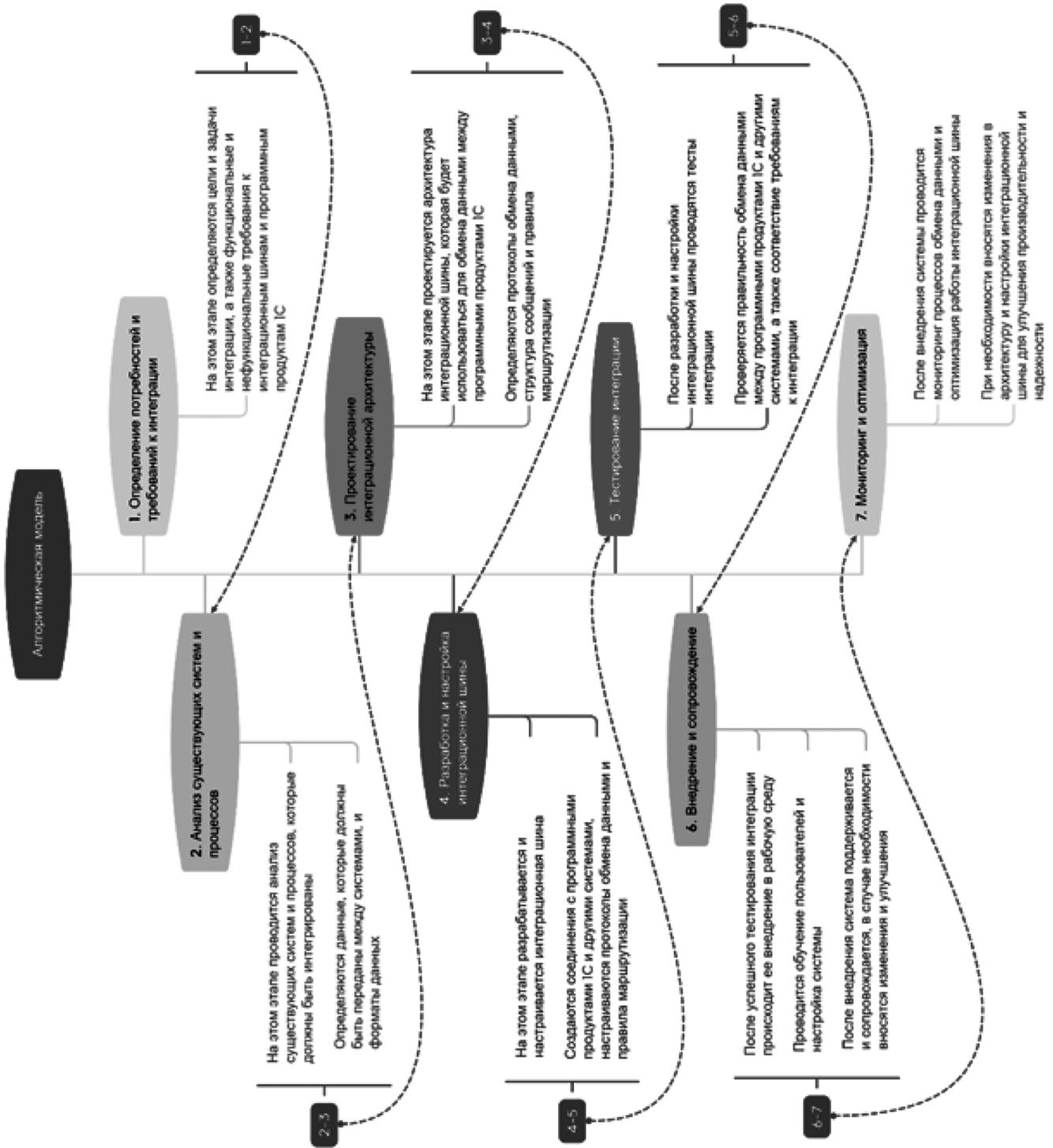


Рис. 3. Алгоритмическое моделирование реализации обмена данными между ИС посредством интеграционных шин



Рис. 4. Обмен сообщений посредством интеграционной шины

3. Написание кода для обработки и отправки сообщений и присвоение значений параметрам;
4. Полное тестирование готовой системы в результате выполнения подготовительных этапов и моделирования;
5. Введение в эксплуатацию на предприятии с дальнейшим обучением пользователей.

Заключение

Таким образом, основной целью представленной статьи являлась разработка алгоритмической модели по внедрению интеграционной шины для обмена данными между программными продуктами 1С на предприятии. В результате выполнения работы определена актуальность использования программных продуктов

1С на предприятиях (организациях), а также необходимость решения задачи по разработке универсального алгоритма, определяющего основные этапы моделирования процессов обмена данными между программными продуктами.

Автором представлено уникальное руководство, использование которого позволит руководству современных предприятий настроить и получить эффективный инструмент для обмена данными между своими подразделениями. В заключение необходимо отметить, что использование представленных результатов должно стать основой при реализации на предприятии задач, связанных с повышением качества и эффективности их функционирования, а также оптимизации процессов и повышения экономической выгоды при их функционировании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Толоконников И.Г., Дзампаев А., Ардасенов Г. Программная интеграция современных интернет-магазинов с платформой 1С // Форум молодых ученых. — 2017. — № 5(9). — С. 2104–2107.
2. Кучинский А.В., Гутковский В.Н., Пилецкий И.И. Интеграционная шина для обработки больших данных // Big Data and Advanced Analytics. — 2020. — № 6-2. — С. 86–92.
3. Штерензон В.А., Штерензон В.А., Шадрин Д.Б., Калиниченко А.А. Программная реализация механизма обмена данными между системой «1С Предприятие» и LMS Moodle // Интеграция наук. — 2018. — № 6(21). — С. 64–67.
4. Шабанов Е.Э., Фахрисламов И.И., Чекулаев П.Н. Оптимизация информационных процессов на предприятии. «интеграционная шина ESB» // Информационные технологии в проектировании и производстве. — 2021. — № 1(181). — С. 38–41.
5. Клопова А.В. Интеграционная шина предприятия // Вестник науки и образования. — 2020. — № 13-2(91). — С. 21–23.
6. Бывайков М.Е. Резервирование сетевых программных каналов обмена данными в больших системах управления для АСУ ТП АЭС // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2022). 2022. — С. 1035–1042.
7. Иванова Н.А., Свентицкий П.И. Автоматизация обмена данными между 1С и сервером УКМ // Вестник образовательного консорциума Среднерусский университет. Информационные технологии. — 2019. — № 1(13). — С. 38–1.
8. Ананьев Л.С., Федурин Н.И. Обмен данными для интеграции с цифровыми сервисами в информационной системе «1С: Университет ПРОФ» // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК. 2023. — С. 480–485.
9. Mikheyenkova M.A. On the Role of Argumentation in Opinion Analysis // Pattern Recognition and Image Analysis. Advances in Mathematical Theory and Applications. — 2023. — Vol. 33, No. 3. — P. 407–412.

10. Емельянов И.Д., Пимонов А.Г. Критерии выбора способа интеграции программных систем // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте. 2019. — С. 39–40.
11. Волков И.А., Радченко Г.И., Черных А.Н. Организация обмена данными в рамках платформы мобильной медицины // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика. — 2021. — Т. 10, № 4. — С. 37–59.
12. Khubaev T.A. Functional Model and Architecture of a Single Digital Platform for Promoting the Tourism Potential of the North Caucasus Federal District in the Russian and International Markets // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. — 2022. — Vol. 56, No. 6. — P. 295–305.
13. Янаева М.В., Керопова А.С., Харченко А.С. Методы и подходы к интеграции данных, проблемы интеграции информационных систем // Оригинальные исследования. — 2022. — Т. 12, № 8. — С. 38–46.
14. Крикуха Л.Р., Шевелева О.Г. Некоторые аспекты конвертации данных при смене информационной системы на решениях 1С // Системы управления, информационные технологии и математическое моделирование. 2022. — С. 185–190.
15. Serov N.V. Information Model of Quantization in a Periodic System // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. — 2022. — Vol. 56, No. 6. — P. 316–319.
16. Артемов И.Ю. Использование параллельной обработки данных для оптимизации работы программного обеспечения // Программные продукты и системы. — 2020. — № 3. — С. 471–475.
17. Савельев Д.В., Лебедев С.А. Реализация задач обмена данными между приложениями системы «1С: Предприятие 8» в процессе их интеграции на «1С: ERP» в агрохолдинге // Новые информационные технологии в образовании. 2022. — С. 53–54.
18. Корниенко Д.В. Организация взаимодействия информационных систем при автоматизации бизнес-процессов предприятия // Техничко-технологические проблемы сервиса. — 2021. — № 2(56). — С. 48–54.
19. Mishina S.V. Setting up data exchange between information systems that automate accounting at the enterprise / S.V. Mishina, D.V. Kornienko // Journal of Physics: Conference Series, Krasnoyarsk, Russia, 24 сентября — 03 2021 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. Volume 2094. — Krasnoyarsk, Russia: IOP Publishing Ltd, 2021. — P. 32018. — DOI 10.1088/1742-6596/2094/3/032018.

© Корниенко Дмитрий Васильевич (dmkornienko@mail.ru); Попов Дмитрий Иванович (diman-pm@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЛАСТЕЙ ВНЕДРЕНИЯ ЧАТ-БОТОВ В БАНКОВСКИХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

METHODS AND APPROACHES TO IDENTIFYING DOMAINS FOR CHATBOT IMPLEMENTATION IN BANKS

D. Litvinov

Summary. Recent studies indicate that the share of banks that initiated digital transformation programs reached 90 % and total IT investments in 2023 only in retail banking are about to hit \$250 bln threshold. Intelligent chatbot is one of the most popular digital technologies included into digital transformation programs. Although the technology is mature, and companies have invested heavily in its development over the last decade, new academic papers point out that utilization of complex anthropomorphic bots lead to negative customer experience. Thus, implementation of expensive and cutting-edge technologies is not a silver bullet guaranteeing maximum value for an organization. This paper addresses the results of chatbot development for various business processes in banking organizations and identifying key criteria influencing the choice of chatbot technology for specific domains of process automation.

Keywords: architecture, bank, digital technologies.

Литвинов Дмитрий Михайлович
Аспирант, Российский Экономический
Университет им. Г.В. Плеханова
litvinovdmm@yandex.ru

Аннотация. Недавние исследования указывают, что количество банков, которые инициировали программы цифровой трансформации к концу 2022 года достигло 90 %, а общие инвестиции в ИТ только в розничной банковской отрасли составили более \$250 млрд в 2023-м году. Одной из наиболее распространённых цифровых технологий, включаемых к внедрению в бизнес-процессы в рамках программ трансформации, является интеллектуальный чат-бот. Несмотря на зрелость данной технологии и многолетние инвестиции последние работы в академической среде указывают, что усложнение ботов и попытки приведения их к антропоморфному образу могут вести к негативному клиентскому восприятию. Таким образом совершенство технологии и внедрение сложных и дорогостоящих решений не всегда обеспечивает максимальную ценность для организации. В данной работе будут рассмотрены результаты исследования внедрения чат-ботов в двух банковских организациях в различных бизнес-процессах и выделены ключевые факторы влияющие на выбор технологии для конкретных классов задач автоматизации.

Ключевые слова: банк, цифровая трансформация, чат-бот.

Недавние исследования указывают, что количество банков, которые инициировали программы цифровой трансформации к концу 2022 году достигло 90 % [2], а общие инвестиции в ИТ только в розничной банковской отрасли составили более \$250 млрд в 2023-м году [3]. Одной из наиболее распространённых цифровых технологий, включаемых к внедрению в бизнес-процессы в рамках программ трансформации, является интеллектуальный чат-бот. Несмотря на зрелость данной технологии и многолетние инвестиции последние работы в академической среде указывают, что усложнение ботов и попытки приведения их к антропоморфному образу могут вести к негативному клиентскому восприятию [4, с. 140]. Таким образом совершенство технологии и внедрение сложных и дорогостоящих решений не всегда обеспечивает максимальную ценность для организации. В данной работе будут рассмотрены результаты исследования внедрения чат-ботов в двух банковских организациях в различных бизнес-процессах и выделены ключевые факторы влияющие на выбор технологии для конкретных классов задач автоматизации.

Теоретические основы

Чат-бот является образцом интеллектуального помощника, построенного на базе технологий искус-

ственного интеллекта, и представляет из себя систему, предназначенную для симуляции общения с человеком по средствам естественных языков [5]. Выделяют две крупные группы чат-ботов:

1. Целеориентированные диалоговые системы
2. Чат-ориентированные диалоговые системы

Целеориентированные диалоговые системы представляют из себя программное обеспечение, которое помогает пользователям выполнять конкретные задачи с использованием естественного языка. Примерами таких систем могут служить чат-боты, выполняющие бронирование билетов, навигацию по услугам и сервисам финансовых организаций или резервирование столиков в ресторане. Системы данной группы строятся из следующих компонент:

1. Блок распознавания естественного языка — Natural language understanding (NLU)
2. Менеджер диалогов — Dialog manager (DM)
3. Модуль выполнения действий и извлечения данных — Integration and action implementation manager
4. База знаний — Knowledge base (KB)
5. Блок генерации естественного языка — Natural language generation (NLG)

Блок распознавания естественного языка отвечает за анализ поступающего от пользователя текста, выделение тематики обращения, намерения и основных сущностей. Далее на основании проанализированного текста Менеджер диалогов выбирает ответ пользователю или действие, которое необходимо выполнить. Модуль выполнения действий и извлечения данных отвечает за поиск подходящего ответа в базе знаний или взаимодействие с внешними API (application programming interface) для выполнения действия, например, внесения записи о резервировании столика в системе управления рестораном. Для предоставления ответа пользователю Блок генерации естественного языка формирует текст сообщения. Общая схема работы целеориентированной диалоговой системы представлена на рисунке 1.

Чат-ориентированные диалоговые системы в свою очередь стремятся имитировать полноценный диалог с пользователем во всех его аспектах. При общении с идеальной системой человек должен быть не способен определить, что взаимодействует с программой. Ключевыми блоками в чат-ориентированной диалоговой системе являются Модули распознавания и генерации естественного языка, которые обеспечивают правильную интерпретацию входящих запросов от пользователя, с учетом всех особенностей человеческого общения, и «очеловечивание» ответов программы в соответствии с предлагаемыми вариантами решения запросов. После первичной обработки запроса от пользователя при достаточности данных требуется определить намерение пользователя для поиска решения или ответа по базе данных и формирования запросов к внешним источникам данных для поиска информации или выполнения запроса. Принципиальная схема работы чат-ориентированной диалоговой системы представлена на рисунке 2.

Области применения чат-ботов в финансовых организациях

В банковской организации традиционно выделяют три основных домена бизнес-процессов: фронт-офис и каналы взаимодействия, мидл-офис и бэк-офис [1, с. 110]. Для каждого домена можно выделить специфические требования как к автоматизации и цифровизации процесс в целом, так и к применению технологий чат-ботов. Например, при взаимодействии с клиентами важно, чтобы история коммуникации была доступна во всех каналах и взаимодействие, инициированное в одном канале, можно с легкостью было продолжить в другом. В свою очередь при цифровизации бэк-офисных рутин важна простота и минимизация зависимости от человеческих действий с целью снижения операционных рисков ошибок. В рамках данной работы были проведены обследования двух коммерческих банков:

1. Банк А — крупный универсальный банк из группы топ 10 по размерам активов
2. Банк Б — небольшой банк, специализирующийся на обслуживании индивидуальных предпринимателей и предприятий малого и среднего бизнеса.

Наиболее очевидными доменами применения чат-ботов являются фронт-офис и каналы взаимодействия с клиентами. В Банке А, активно работающим с физическими лицами, чат-боты применяются как для предоставления консультаций по услугам и продуктам, так и для предложения клиентам новых продуктов и решения типовых запросов в рамках банковских сервисов. В Банке Б чат-боты не применяются в каналах коммуникации с клиентами, т.к. в стратегии организации предоставление клиентам сервисов поддержки только силами операторов контакт центра зафиксировано в качестве одного из конкурентных преимуществ.



Рис. 1. Схема целеориентированной диалоговой системы

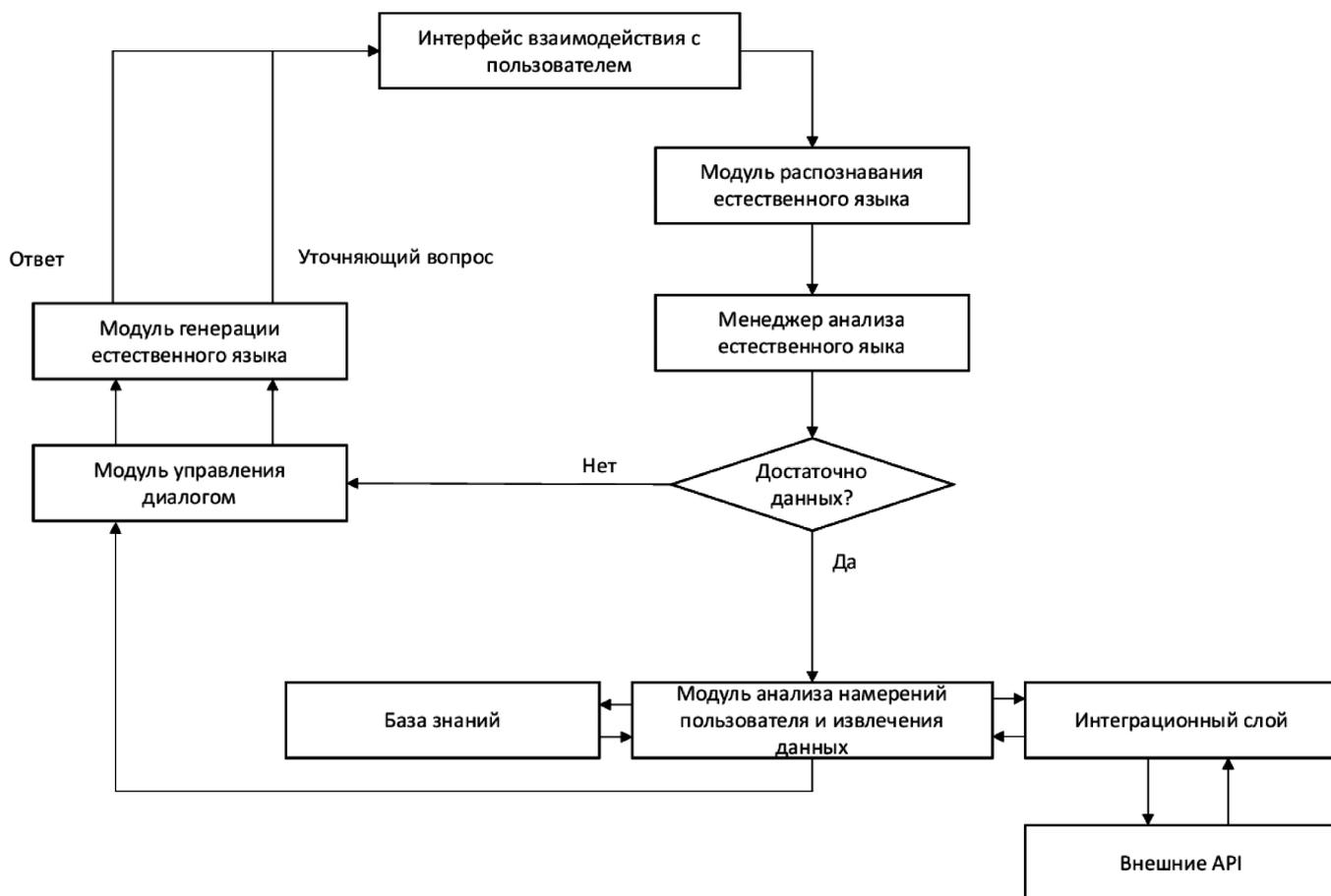


Рис. 2. Схема чат-ориентированной диалоговой системы

В процессах мидл-офиса и бэк-офиса в обеих организациях функции чат-ботов используются для автоматизации рутинных запросов и операций и упрощают пользовательские пути сотрудников. Например, в Банке А чат-боты встроенные во внутрикорпоративные средства текстовых коммуникаций позволяют в автоматическом режиме решать запросы сотрудников по HR-процедурам: оформление отпусков, получение льгот, подача документов о больничных, получать статус о подборе на вакансии; инициировать задачи в рамках ИТ-рутин: создавать заявки на выполнение инфраструктурных изменений, запрашивать выполнение регламентных работ с офисной техникой; запрашивать исполнение типовых задач административно-хозяйственной деятельности (АХД): выполнять заказы канцелярских товаров, заказывать уборку офисных пространств или мелкий ремонт помещений. В банке Б чат-боты используются для управления тестовым средой: созданием и обновлением сред, автоматическим развертыванием серверов в заданных сегментах сети. В обоих банках реализованы чат-боты для оптимизации типовых тестовых сценариев: отправки уведомлений через различные каналы коммуникации, выполнения стандартных банковских операций в различных информационных системах.

На рисунке 3 представлены результаты категоризации выявленных в рамках исследования бизнес-процессов, в которых применяются чат-боты.

Критерии для выбора технологии чат-ботов

Как уже отмечалось ранее, требования к чат-ботам сильно зависят от области применения технологии. Для типовых задач, в которых пользователь ожидает выполнение конкретных операций отлично подходят простые скриптовые боты, представляющие собой разновидность целеориентированных диалоговых систем. В определенных сценариях основные потребности пользователей могут быть закрыты даже ботом с предварительно настроенным меню, например, для управления средой или подачи типовых заявок на ИТ-услуги. Фактически бот заменяет интерфейс веб-приложения или мобильного приложения и запускает выполнение тех или иных операций через канал текстовых сообщений. Так же эффективно могут применяться и диалоговые системы с распознаванием ключевых слов, однако усложнение технологии не позволит значительно повысить эффективность чат-бота. Аналогичным образом, при внедрении чат-ботов в процессы обработки типовых пользовательских запросов в направлении HR-процессов и процессов АХД выделяются наиболее типичные

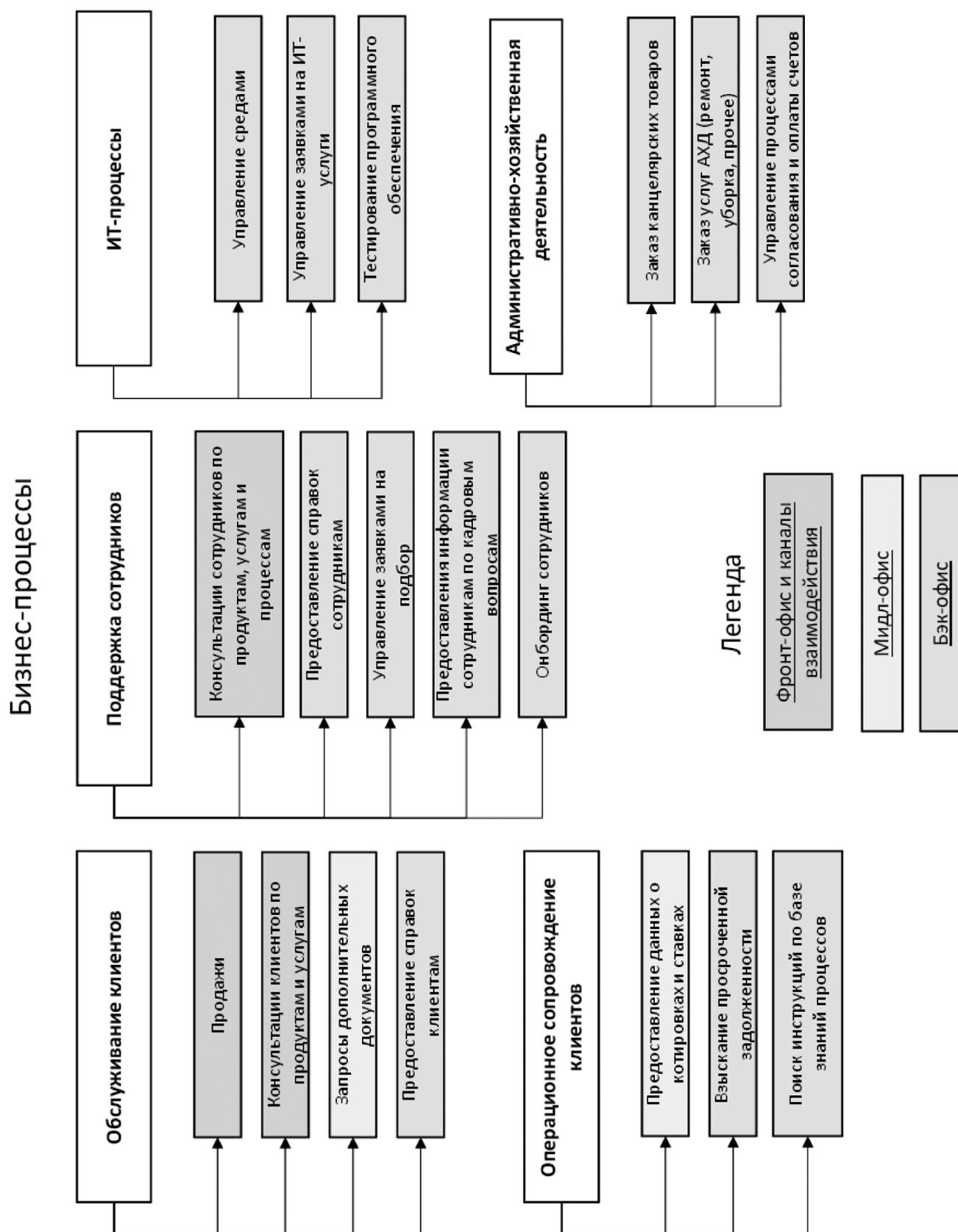


Рис. 3. Области применения чат-ботов банках

вые запросы и трансформируются в скрипты обработки текстовых запросов или текстовые меню.

По мере усложнения задач простые сценарии становятся не удобными для работы пользователей, что приводит к неэффективности простых целеориентированных диалоговых систем для их решения. Типовая база знаний в банке содержит от нескольких сотен до тысяч документов с информацией о продуктах и услугах или регламентами и инструкциями по выполнению тех или иных операций. Для возможности поиска информации в базах знаний таких размеров сценарий поиска для пользователя с помощью меню будет слишком длительным и неудобным. Наиболее подходящей технологией в таком случае будет являться целеориентированная диалоговая система с полноценным модулем распознавания естественного языка. Применения подхода, в рамках которого пользователю будет предлагаться описать в свободном формате какая информация ему требуется, значительно упростит для него взаимодействие с ботом. Далее выделение ключевых слов и поиск по ним в базе знаний позволит определить основные разделы или конечные документы, которые необходимы пользователю. В Банке А выделили, что именно сокращение времени поиска информации являлось ключевым требованием при проектировании чат-бота для взаимодействия с базой знаний, особенно для документов, связанных с обслуживанием клиентов в отделениях.

По результатам интервью с владельцами бизнес-процессов были выделены основные критерии, оказывающие влияние на выбор технологии для автоматизации конкретной задачи. Далее ответы были перекодированы в числовые значения и на основе массива полученных данных выполнен регрессионный анализ. Подтверждение влияния фактора получило код 1, отсутствие влияния — 0. Применение в автоматизации процесса чат-ориентированной диалоговой системы было закодировано как 2, целеориентированной как 1.

Полученная регрессия указывает на то, что основными факторами при выборе технологии являются необходимость взаимодействия чат-бота с клиентами банка ($K1 = 0,818$) и наличие зафиксированного списка сервисов и услуг ($K2 = -0,545$). При этом качество выявленной зависимости подтверждается значением $R^2 = 88\%$. Критерии и примененные для процессов технологии чат-ботов приведены в Приложении 1, список критериев и результаты регрессионного анализа приведены в Таблице 1.

Выводы и дальнейшие направления исследований

Приведенные в данной работе результаты указывают на то, что основным критерием при выборе тех-

Таблица 1.

Результаты регрессионного анализа

Код	Критерий	Вес	p-значение
K1	Типовые запросы пользователей	0	<0,001
K2	Требуется имитация общения с человеком	0,818	<0,001
K3	Зафиксирован список сервисов\услуг	-0,545	0,003
K4	Требуется данные из других систем банка	0	0,003
K5	Требуется передавать результат коммуникации	-0,091	1
K6	Типовые запросы пользователей	0	0,422

нологии диалоговой системы является необходимость имитации взаимодействия пользователя с человеком. Однако значительные инвестиции последних десятилетий по-прежнему не обеспечивают требуемый уровень антропоморфности ботов. По этой причине один из обследованных банков ограниченно применяет технологию в клиентских каналах и позиционирует как конкурентное преимущество обработку запросов от клиентов сотрудниками контакт-центра. Вторым критерием является возможность предварительного определения списка вопросов, которые может обрабатывать чат-бот. Для бизнес-процессов с фиксированными выходными данными и зафиксированным набором возможных результатов обработки целеориентированные диалоговые системы могут использоваться как альтернативный пользовательский интерфейс и при этом обеспечивать значительно меньшую стоимость внедрения и сопровождения чем чат-ориентированные системы.

Стоит отметить, что важным аспектом применения технологий чат-ботов становится обеспечение требований информационной безопасности, особенно в банковской сфере. Предоставление данных посредствам чат-ботов в диалоговых модулях в системах дистанционного банковского обслуживания не должно создавать рисков утечки персональных данных клиентов или информации составляющей банковскую тайну. Этот аспект накладывает дополнительные требования на формат предоставления ответов клиентам и возможности публикации решений запросов в мессенджерах или чатах систем ДБО. Этот аспект планируется к более детальному исследованию в будущих работах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Литвинов Д.М., Архитектура ИТ-ландшафта цифрового банка // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. — 2022. №11. — с. 109–113. — 10.37882/2223-2966.2022.11.17 DOI.
2. Templeton&Partners, Digital transformation in financial services. 2022.
3. Celent, Retail Banking Technology Spending Forecasts 2022–2027: Growing Out of the Pandemic. 2022
4. Cronic, C., F. Thomaz, R. Hadi, and A.T. Stephen, Blame the Bot: Anthropomorphism and Anger in Customer–Chatbot Interactions // Journal of Marketing. — 2022. №86(1). — с. 132–148.— 10.1177/00222429211045687 DOI.
5. Csaky, R., Deep learning based chatbot models // arXiv preprint arXiv:1908.08835. — 2019
6. IBM, Designing a sustainable digital bank. <https://www.ibm.com/downloads/cas/XGJGOJWA>. — дата обращения 15.07.2022.

© Литвинов Дмитрий Михайлович (litvinovdmm@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА ПОСТРОЕНИЯ МАТРИЦЫ РИСКОВ И ОЦЕНКИ ЗАТРАТ НА ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ

A SYSTEMATIC ANALYSIS OF THE PRACTICAL IMPLEMENTATION OF THE METHOD OF CONSTRUCTING A RISK MATRIX AND ESTIMATING THE COST OF COUNTERACTION

A. Lubentsov
S. Kobzisty

Summary. The frequency of natural and anthropogenic risks in Russia is steadily increasing — more than 35 catastrophic natural processes and more than 200 major accidents and catastrophes occur annually on the territory of our country. The problem of synthesizing risk management systems remains relevant.

The purpose of the work is to demonstrate methods and techniques for modeling risk maps and matrices for real objects. The work is devoted to the systematic analysis of methods and algorithms for solving problems of making optimal decisions on building a risk matrix and analyzing the compliance of the security system with them.

The methods proposed by the author and presented in the article, such as risk ranking, facilities, decision-making to optimize the design and construction of an integrated security system, and efficiency assessment, have been implemented at 9 commercial facilities in Central Russia.

The methods and models discussed in the article allow security practitioners to obtain an example of a sequence of actions in the synthesis of complex security systems. To prove the correctness and evaluate the effectiveness of the obtained models and developments, the results of the implementation and practical functioning of the integrated security system of 9 facilities for 4 years were analyzed. Losses from the risks existing at the facilities have become 19–27 % less than the industry average.

Keywords: security, integrated security systems, risk, probability of risk realization, risk dynamics, risk forecast, target function of the security system.

Лубенцов Александр Витальевич

Кандидат географических наук, доцент, профессор,
ФКОУ ВО Воронежский институт ФСИИ России
lubensov@mail.ru

Кобзистый Сергей Юрьевич

Кандидат технических наук, доцент, доцент, ФКОУ ВО
Воронежский институт ФСИИ России
kobzuk@yandex.ru

Аннотация. Частота реализации рисков природного и антропогенного характера в России стабильно увеличивается — более 35 катастрофических природных процессов и более 200 крупных аварий и катастроф происходят ежегодно на территории нашей страны. Актуальной остается проблема синтеза систем противодействия рискам.

Цель работы — продемонстрировать методы и приемы моделирования карт и матриц рисков для реальных объектов. Работа посвящена системному анализу методов и алгоритмов решения задач принятия оптимальных решений по построению матрицы рисков и анализу соответствия им системы безопасности.

Методы, предложенные автором и представленные в статье, такие как ранжирования рисков, объектов, принятия решений по оптимизации проектирования и построения комплексной системы безопасности, оценки эффективности, реализованы на 9 коммерческих объектах в Центральной России. Методы и модели, рассмотренные в статье, позволяют практикующим специалистам по безопасности получить пример последовательности действий при синтезе комплексных систем безопасности. Для доказательства корректности и оценки эффективности полученных моделей и разработок были проанализированы результаты внедрения и практического функционирования комплексной системы безопасности 9 объектов в течение 4 лет. Потери от рисков, существующих на объектах, стали меньше средних по отрасли на 19–27 %.

Ключевые слова: безопасность, комплексные системы безопасности, риск, вероятность реализации риска, динамика риска, прогноз риска, целевая функция системы безопасности.

Введение

Частота реализации рисков природного и антропогенного характера в России стабильно увеличивается — более 35 катастрофических природных процессов и более 200 крупных аварий и катастроф происходят ежегодно на территории нашей страны. Убытки от этих рисков ежегодно увеличиваются на 5–15 %. При этом следует связывать убытки от воздействия риска на сам объект и на связанную с ним инфраструктуру,

т.к. последние очень часто учитываются отдельно и не связывают с реализацией риска. Так же необходимо учитывать характер риска: непрерывный или периодический. Все это указывает на необходимость рассмотрения модели «объект-риск» со всеми возможными подробностями. Эта статья входит в цикл работ автора, посвященных проектированию и синтезу комплексных систем безопасности (КСБ), где рассматриваются все возникающие, как теоретические, так и практические вопросы [1–7].

Этой проблеме посвящено много исследований известных ученых. Диссертация и ряд работ Габричидзе, Т.Г. [8] посвящена «научному обоснованию комплексной системы безопасности». Огромным вкладом в исследования систем безопасности стали работы Махутова Н.А. Его сборник «Безопасность и риски: системные исследования и разработки» [9] очень важен при анализе промышленной, технологической безопасности.

Ряд работ Костокрызова А.И., например, [10], посвящены анализу управления качеством и влиянием рисков в процессе жизненного цикла сложных систем. Он один из немногих авторов, рассматривающих прогнозирование рисков в жизненном цикле информационных систем. Его исследования было бы важно расширить на другие виды сложных систем.

Исследования Мистрова Д.Е. посвящены синтезу систем информационной безопасности в сложных системах [11], процессам моделирования и оптимизации систем управления и поддержки решений.

Разработка методов и алгоритмов оценки затрат на противостояние рискам

Определим, какие затраты на противостояние рискам будут оптимальными. Фундамент КСБ во многих странах уже предопределен. Так как самый распространенный и разрушительный риск — это пожар, то во многих странах структура системы противостояния этому риску определена законодательно. И вопрос: «Делать или не делать? Выделять средства или нет?» — не стоит. Систему пожарной безопасности придется строить в полном соответствии с руководящими документами.

Построение КСБ для защиты от других рисков необходимо финансово обосновать, народной мудрости: «Береженого — бог бережет» — будет явно недостаточно. Как оценить убытки от рисков мы уже рассмотрели, для оценки затрат на создание и поддержание функционирования ККСБ можно использовать следующие методики.

1. Управление непрерывностью бизнеса (Business Continuity Management — ВСР). Это целая система мероприятий, направленная на поддержание целостности и непрерывности функционирования бизнес-модели. В основном, она служит противодействию и предотвращению коммерческих рисков, но если эта система функционирует (или планируется) в организации, где необходимо создать ККСБ, то система противостояния рассматриваемым (некоммерческим) рискам будет ее органической частью. В модели ВСР предусмотрен системный подход к оценке всех элементов бизнеса, их взаимосвязей и взаимного влияния, она позволяет определить степень ущерба при

реализации того или иного риска, а также выгоду от противостояния этому риску. Как правило системы ВСР используются в средних и крупных организациях из-за высокой стоимости внедрения и эксплуатации.

2. Коэффициент возврата инвестиций (Return On Investments — ROI). Этот коэффициент позволяет определить, какая прибыль будет генерироваться от инвестиций в те или иные проекты. Обычно параметр ROI используют для оценки прибыльности маркетинговых направлений, но можно применить и для оценки затрат на ККСБ. Если эти затраты определить, как инвестиции, а предотвращенные потери от рисков, которым успешно противостояла КСБ — как прибыль. Тогда составляются графы решений, от каждой суммы затрат на создание той или иной КСБ к «цене решения», которая определяется произведением вероятности на прибыль (в нашем случае — произведением вероятности противостоять риску на уменьшенные потери). Метод достаточно популярен, хотя существует целый ряд сложностей в определении необходимых для расчета параметров, например, в вычислении вероятностей предотвращения риска.
3. Общая стоимость владения (Total Cost Of Ownership — ТСО). Эта модель оценки была разработана в 1986 году известной аналитической организацией Gartner Group для оценки эффективности внедрения вычислительной техники. Сейчас эта методика широко применяется во всех сферах деятельности для оценки эффективности как целых бизнес-систем, так и отдельных составных частей различных бизнес-моделей. В нашем случае проектируются несколько моделей ККСБ с различной стоимостью владения и различной эффективностью. Под стоимостью владения понимаются разовые затраты (закупка и монтаж техники, установка оборудования и т.д.) и перманентные (обучение персонала, обслуживание техники, зарплаты и т.д.). Под эффективностью понимается способность ККСБ противостоять рискам и минимизировать убытки (произведение вероятности предотвращения риска на сумму предотвращенных потерь). После этого строятся временные графики «затрат и прибыли» для каждой вариации КСБ. Выбор модели КСБ осуществляется при анализе полученных графиков.

Как правило, применяется третий подход, объявляется тендер на модель КСБ с заданными параметрами. Заинтересованные участники тендера представляют параметры модели — затраты и эффективность. Путем анализа и выбирается предпочтительная модель КСБ.

Рассмотрим практическое моделирование карты и матрицы рисков, а также затрат на противодействие

им для двух реальных объектов. Ранжирование рисков и их системный анализ приведены в [2,3]. Все финансовые оценки в ценах 2018 года.

Первый пример. Склад федеральной сети розничных магазинов.

Начальные и граничные условия.

Место расположения — окраина миллионного областного центра в Центральной России, на общей охраняемой территории (бетонный забор, колючая проволока, видеонаблюдение, охрана) рядом с объектами других собственников. Двухэтажное строение, по 700 м² этаж, из бетона и пенобетона, без отделки, срок эксплуатации 2 года. Стоимость товарно-материальных ценностей (ТМЦ), одновременно хранящихся на складе — 20 миллионов руб., годовой оборот — 80 миллионов руб. Коллектив — 7 человек.

Второй пример. Крупный непродовольственный супермаркет федеральной розничных сети.

Начальные и граничные условия.

Место расположения — один из районов миллионного областного центра в Центральной России, в трехэтажном торговом центре (ТЦ), рядом с объектами других собственников, организовано видеонаблюдение, охрана. Расположение на третьем этаже здания, из бетона и пенобетона, отделка, срок эксплуатации 10 лет, 1200 м². Стоимость ТМЦ, одновременно находящихся в магазине — 40 миллионов руб., годовой оборот — 150 миллионов руб. Коллектив — 20 человек в смену.

Приведем затраты на систему КСБ в вышеприведенных примерах — Таблицы 1 и 2. Все Таблицы и Рисунки составлены авторами.

Таким образом мы видим, что на самом деле затраты на КСБ не являются неподъемными для организаций, их

Таблица 1.

Пример 1. Оценка затрат на противодействие рискам

Противодействие рискам	Затраты, руб./% от оборота	Перманентные затраты, руб. / % от оборота
По риску кражи — необходимо организовать СКУД, видеонаблюдение внутри объекта и на прилегающей территории, обеспечить материальную ответственность сотрудников, систему охраны во внерабочее время с сигнализацией на пульте службы охраны для вызова группы быстрого реагирования (ГБР).	254 тыс. руб. / 0,32%	2,5 тыс. руб. / 0,037% в месяц
По риску пожара — все мероприятия, предусмотренные документами Правительства РФ и МЧС, там регламентировано все с хорошим запасом прочности.	155 тыс. руб. / 0,21%	0
По риску взрыва (теракта) — мероприятия по первым двум рискам позволяют противодействовать риску взрыва с достаточной гарантией.	0	0
По риску радиационного заражения. Предотвратить аварию на АЭС силами КСБ невозможно. Необходимо контролировать радиационный фон (портативным дозиметром) и продумать план эвакуации персонала и ТМЦ.	5 тыс. руб. / 0%	0

Таблица 2.

Пример 2. Оценка затрат на противодействие рискам

Противодействие рискам	Разовые затраты, руб./% от оборота	Перманентные затраты, руб. / % от оборота
По риску кражи необходимо организовать СКУД, видеонаблюдение внутри объекта, обеспечить материальную ответственность сотрудников, систему охраны во внерабочее время и тщательный контроль сотрудников и посетителей в момент входа/выхода (с соблюдением законодательства РФ).	890 тыс. руб. / 0,62%	3 тыс. руб. / 0,002% в месяц
По риску пожара — все мероприятия, предусмотренные документами Правительства РФ и МЧС, регулярные проверки противопожарных систем и систем оповещения, строгое соблюдение всех пунктов инструкций.	0 (входит в аренду)	0
По риску взрыва (теракта) — мероприятия по первым двум рискам позволяют противодействовать риску взрыва с достаточной гарантией.	0	0
По риску радиационного заражения. Предотвратить аварию на АЭС силами КСБ невозможно. Необходимо контролировать радиационный фон и продумать план эвакуации посетителей, персонала и ТМЦ.	5 тыс. руб. / 0%	0
По риску разрушения конструкций — регулярный осмотр специалистами несущих конструкций с применением специализированной аппаратуры определения их целостности.	0 (входит в аренду)	0

создающих. Во втором примере необходимо еще добавить к затратам заработную плату сотрудников КСБ (около 0.89 % от годового оборота), но и это не делает затраты заоблачными.

Теперь рассмотрим некоторые неявные параметры, которые надо учитывать при разработке модели КСБ, Таблица 3.

Разработка методов и алгоритмов построения матрицы рисков

Приведем построение теперь карты рисков для рассмотренных объектов и на их основе создадим матрицу рисков. «Карта рисков — графически показанная связь вероятности реализации риска (ось ординат) и величины ущерба, им наносимого (ось абсцисс).

Таблица 3.

Неявные параметры КСБ

Параметр	Комментарии
Затратный	Является ли соотношение прибыль/эффективность оптимальным. Оценка затрат на содержание.
Временной	Как быстро можно создать КСБ, успеет ли эта модель реагировать на появление риска.
Синергетичность	Возникает ли синергетический эффект от противодействия рискам.
Управленческий	Насколько эффективно управление КСБ.
Непрерывность, всеракурсность	Способна ли модель КСБ отслеживать и противодействовать непрерывно по времени и со всех сторон по пространству.
Правовой	Как организована система прав и мотиваций КСБ.
Системное влияние	Как влияет функционирование КСБ на деятельность всей организации.
Генерация риска.	Какие риски создает функционирование КСБ.
Терпимость	Как функционирование КСБ взаимодействует с другими системами.
Внешнее взаимодействие	Как КСБ взаимодействует со сторонними организациями.
Экологичный.	Как влияет функционирование КСБ на окружающую экологию.
Законодательный.	Как КСБ взаимодействует с законодательством страны нахождения.

Сначала построим карту рисков для всех рисков Рис. 1. Проведем разделительную линию, отделяющую риски, которыми можно пренебречь от рисков, которым надо противостоять обязательно» [1]. После уточнения [2] схема расположения выбранных рисков практически не изменится. Теперь построим карту рисков для Примера 2, Рис. 2 и тоже линией разделим риски на приемлемые и неприемлемые.

Подробный системный анализ поостранных карт рисков приведен в [2]. «Из рисунков видно, что при одном перечне рисков карты для двух разных объектов, даже расположенных в одном городе, сильно отличаются. Это говорит о том, что все расчеты и построения таблиц и матриц надо проводить для каждого объекта, учитывая только ему присущие особенности.

Линию, разделяющую риски, проводят с участием собственников и финансистов организации, исходя из правила: «лучше перестраховаться на 10 %, чем считать убытки» [2].

Построение матриц рисков и их оптимизация

Следующий этап после синтеза карты рисков для каждого объекта — это синтез матриц рисков и их системный анализ. Проведем этот анализ для предложенных объектов.

На Рис. 3 показан синтез матрицы рисков к Примеру 1, на Рис. 4. — к Примеру 2. Все риски, имеющие небольшую вероятность реализации и незначительные возможные убытки были отброшены.

При синтезе по горизонтальной шкале откладывались возможные потери от реализации риска, по вертикальной шкале откладывалась вероятность проявления риска. Размер маркера риска визуально показывает необходимые затраты на противодействие, в процентах от оборота коммерческого объекта.

«Сознательно использовались различные шкалы для убытков и затрат, т.к. возможные убытки измеряются в миллионах рублей, а затраты на противодействие — в десятках и сотнях тысяч. Сведение их к одной шкале не позволит визуально оценить опасность рисков и относительные величины необходимых затрат на борьбу с рисками» [2].

Рассматриваемые модели и методики были неоднократно реализованы на практике для коммерческих объектов различного профиля.

«На Рисунке 5 и Рисунке 6 мы, для примера, приводим матрицы рисков реально существующих объектов.

Это склад и супермаркет соответственно, рассчитанные для оценки затрат на противодействие различным видам риска утраты движимого имущества собственника. Модель расчета аналогична вышеприведенной, за исключением того, что здесь рассматриваются различные вариации одного, по сути, риска — кражи или порчи имущества. Из этих примеров наглядно видно, что матрицы рисков можно составлять как для нескольких рисков, так и для различных разновидностей одного риска» [3].

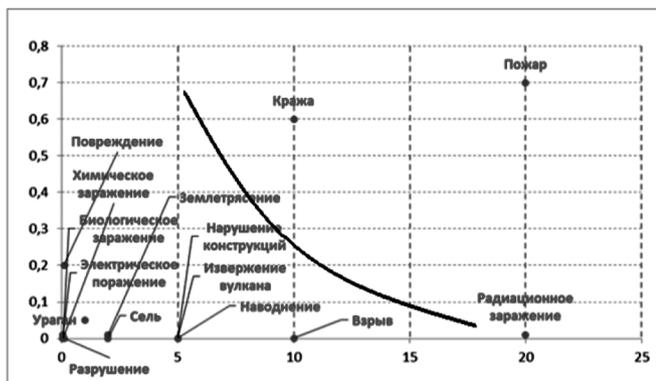


Рис. 1. Карта всех рисков. Пример 1

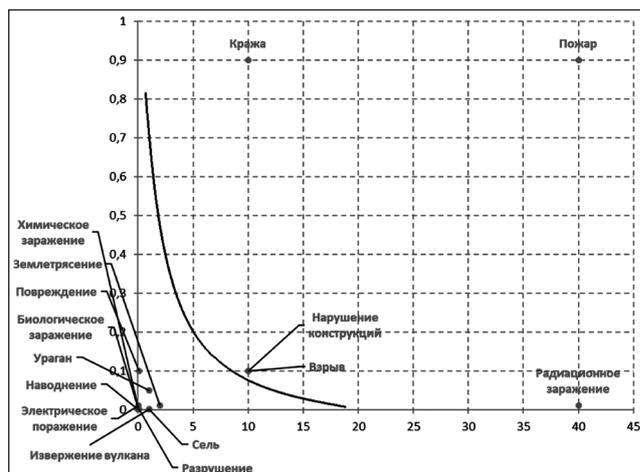


Рис. 2. Карта всех рисков. Пример 2

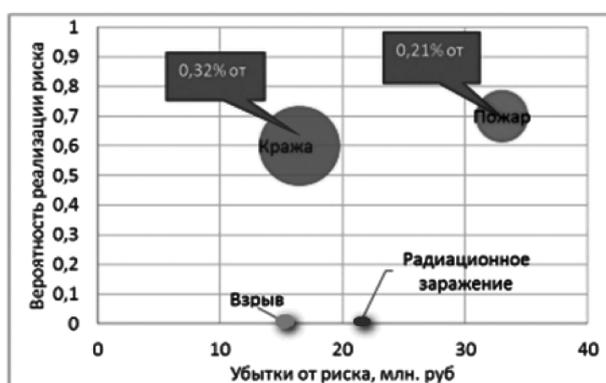


Рис. 3. Матрица рисков. Пример 1

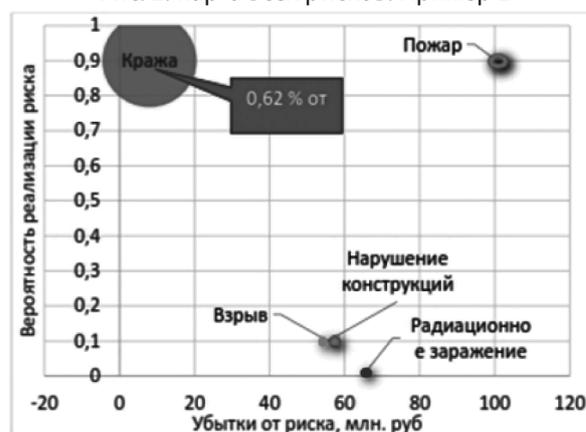


Рис. 4. Матрица рисков. Пример 2



Рис. 5. Матрица рисков. Реальный склад.

Выводы

Бесспорно, для каждого объекта и риска (а к рассмотрению, как правило, принимается связка «объект-риск») этот вышеперечисленный список действий, моделей и методов может быть откорректирован и для простых реализаций существенно уменьшен. Оценить

риски для однокомнатной квартиры можно и не таким затратным способом. Но для важных объектов с большими возможными ущербами, с высокой вероятностью реализации рисков, работу по анализу рисков лучше поручить организации, имеющей соответствующую квалификацию.

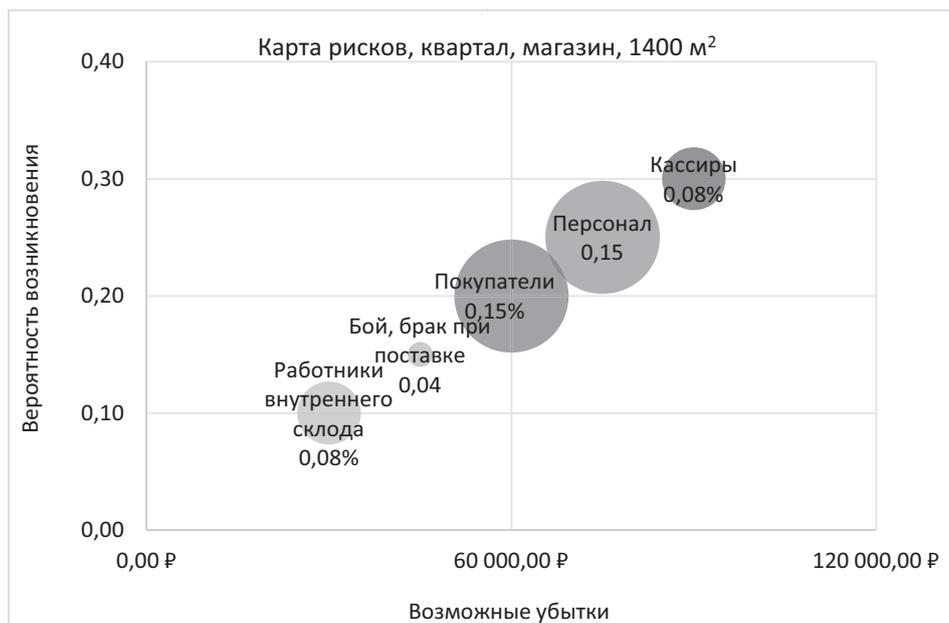


Рис. 6. Матрица рисков. Реальный супермаркет.

Методы, предложенные автором, такие как ранжирование рисков, объектов, принятия решений по оптимизации проектирования и построения комплексной системы безопасности, оценки эффективности, реализованы на 9 коммерческих объектах в Центральной России.

Для доказательства корректности и оценки эффективности полученных моделей и разработок были проанализированы результаты внедрения и практического функционирования комплексной системы безопасности 9 объектов в течении 4 лет. Потери от рисков, существующих на объектах, стали меньше средних по отрасли на 19–27 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куфаева О.Ю., научный руководитель Лубенцов А.В. Системный анализ матрицы рисков как один из этапов создания комплексной системы безопасности объекта // Будущее науки -2021, Сборник научных статей 9-й международной молодежной научной конференции том 4, 21–22 апреля 2021 года 202–204с ISBN 978-5-9908274-9-5
2. Лубенцов А.В., Душкин А.В. Комплексные системы безопасности: системный анализ, архитектура, управление жизненным циклом // А.В. Лубенцов, Воронеж: «Научная книга», 2022, 254 с.
3. Лубенцов А.В., Душкин А.В. Комплексные системы безопасности: теоретические основы построения и функционирования // ФКОУ ВО Воронежский институт ФСИН России. — Иваново: ИПК «ПресСто», 2023 — 288 с. ISBN 978-5-6050571-2-3.
4. Лубенцов А.В., Андреева О.А. Системный анализ оптимизации в модели управленческих решений комплексной системы безопасности // Вестник Воронежского института ФСИН России №2 2022, сс. 103–111.
5. Лубенцов А.В. Использование каскадного метода анализа иерархий для оценки эффективности комплексной системы безопасности // Вестник Воронежского института ФСИН России №4 2022, сс. 113–118. К2
6. Лубенцов А.В. Системный анализ и синтез методов поддержки принятия решений при построении комплексной системы безопасности // Вестник Воронежского института ФСИН России №1/ 2023, сс. 91–97
7. Лубенцов А.В. Системный анализ модели получения характеристик эффективности комплексной системы безопасности // Моделирование, оптимизация и информационные технологии, 2023;11 (1) сс. 1–8, УДК 007.51, 303.732, DOI: 10.26102/2310-6018/2023.40.1.030 <https://moitvvt.ru>
8. Габричидзе Т.Г. Комплексная многоступенчатая система безопасности критически важных, потенциально опасных объектов: диссертация доктора технических наук: 05.13.01 // [Место защиты: Ижев. гос. техн. ун-т]. — Ижевск, 2008. — 406 с.: ил. РГБ ОД, 71 10-5/91
9. Алексеев В.А., Власов В.А., Габричидзе Т.Г. и др. К вопросу определения понятия — комплексная система безопасности // Технологии гражданской безопасности. 2008. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-opredeleniya-ponyatiya-kompleksnaya-sistema-bezopasnosti> (дата обращения: 06.08.2023).
10. Габричидзе Т.Г., Артяков В.В., Миронов И.К. Концепция приемлемого риска опасного объекта — основа безопасности муниципального образования // Технологии гражданской безопасности. 2011. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-priemlemogo-riska-opasnogo-obekta-osnova-bezopasnosti-munitsipalnogo-obrazovaniya> (дата обращения: 06.08.2023).
11. Махутов Н.А. Безопасность и риски: системные исследования и разработки // Новосибирск. Наука. 2017 г. 724 с.
12. Костогузов А.И., Лазарев В.М., Любимов А.Е. Прогнозирование рисков для обеспечения эффективности систем информационной безопасности в их жизненном цикле // Прогнозирование. Правовая информатика. 2013. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-riskov-dlya-obespecheniya-effektivnosti-sistem-informatsionnoy-bezopasnosti-v-ih-zhiznennom-tsikle> (дата обращения: 07.08.2023).
13. Мистров Л.Е. Постановка задачи синтеза системы защиты информации в организационно-технических системах // Вестник ВИ МВД России. 2009. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/postanovka-zadachi-sinteza-sistemy-zaschity-informatsii-v-organizatsionno-tehnicheskikh-sistemah> (дата обращения: 08.08.2023).

© Лубенцов Александр Витальевич (lubensov@mail.ru); Кобзистый Сергей Юрьевич (kobzuk@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ПРОДУКТОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ НА БАЗЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

MEANS OF CONTROL OF GRINDING PRODUCTS BASED ON NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES

*Ch. Marchenko
A. Yablokov*

Summary. In modern scientific discourse, special attention is paid to the development and improvement of technological processes using innovative information technologies. Intelligent systems, in particular artificial neural networks (ANNs), are a promising tool for analyzing and optimizing complex production mechanisms. This dissertation work is devoted to the development and testing of neural network models for improving grinding processes in drum mills, which is important for effective energy consumption management and improving the quality of final products.

Materials and methods. To achieve these goals, an integrated approach was chosen, including the collection and analysis of experimental data, the formation of a knowledge base, the development of structural parametric and simulation models, as well as the intellectualization of the management process. The research is based on data obtained during experimental work at production mills. To train the INS, data on the operating parameters of the equipment, the physical and mechanical properties of the processed materials and the characteristics of the final product were used. Validation of the model was carried out by comparing the results obtained using the INS with data from independent experiments.

Results. The results indicate a significant increase in the efficiency of grinding processes due to the use of developed neural network models. It was found that INS contribute to optimizing energy consumption and improving product quality. The INS models demonstrate high accuracy in predicting changes in grinding quality, which allows you to quickly adjust the process parameters in real time. Trained neural networks are able to adapt to changes in input parameters, which ensures their applicability in conditions of production variations. An important result is also the development of software for the integration of the INS into the automatic process control system.

Keywords: grinding, quality control, neural network technologies, granulometric composition, artificial neural networks, predictive analysis, efficiency assessment.

Марченко Кристина Юрьевна

*ФГБОУ ВО Российский биотехнологический университет
cris.mar4encko2014@yandex.ru*

Яблоков Александр Евгеньевич

*Доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Российский
биотехнологический университет*

Аннотация. В современном научном дискурсе особое внимание уделяется разработке и совершенствованию технологических процессов с применением инновационных информационных технологий. Интеллектуальные системы, в частности, искусственные нейронные сети (ИНС), представляют собой перспективный инструмент для анализа и оптимизации сложных производственных механизмов. Данная диссертационная работа посвящена разработке и апробации нейросетевых моделей для улучшения процессов измельчения в вальцевых станках, что имеет важное значение для эффективного управления энергопотреблением и улучшения качественных показателей конечной продукции.

Материалы и методы. Для достижения поставленных целей был выбран комплексный подход, включающий сбор и анализ экспериментальных данных, формирование базы знаний, разработку структурно-параметрических и имитационных моделей, а также интеллектуализацию процесса управления. В основу исследования положены данные, полученные в ходе экспериментальных работ на производственных мельницах. Для обучения ИНС использовались данные о режимных параметрах работы оборудования, физико-механических свойствах обрабатываемых материалов и характеристиках конечного продукта. Валидация модели проводилась путём сравнения результатов, полученных с использованием ИНС, с данными независимых экспериментов.

Результаты. Результаты свидетельствуют о значительном повышении эффективности процессов измельчения за счёт применения разработанных нейросетевых моделей. Было установлено, что ИНС способствуют оптимизации энергопотребления и улучшению качественных показателей продукции. Модели ИНС демонстрируют высокую точность прогнозирования изменений качества измельчения, что позволяет оперативно корректировать параметры процесса в реальном времени. Обученные нейронные сети способны адаптироваться к изменениям входных параметров, что обеспечивает их применимость в условиях производственных вариаций. Важным результатом является также разработка программного обеспечения для интеграции ИНС в систему автоматического управления производственными процессами.

Ключевые слова: измельчение, контроль качества, нейросетевые технологии, granulometric состав, искусственные нейронные сети, прогнозный анализ, оценка эффективности.

Фундаментальное значение процессов измельчения в машиностроении, горной промышленности, строительстве и многих других отраслях промышленности неоспоримо. Ключевой параметр, определяющий эффективность измельчительных процессов, — это качество продукции, которое, в свою оче-

редь, зависит от множества факторов, включая характеристики исходного материала, технические параметры оборудования и условия проведения процесса. В контексте постоянно возрастающих требований к точности и стабильности производственных процессов, а также неуклонного стремления к минимизации ресурсных за-

трат, значимость инновационных подходов к контролю и оптимизации измельчения обостряется. Среди прочих, искусственные нейронные сети (ИНС) представляют собой перспективный инструмент, способный обеспечить значительное улучшение качества контроля продуктов измельчения.

Понимание и оценка процессов измельчения в реальном времени остаются сложной задачей из-за высокой степени неопределенности и вариабельности процессов. Вариации физико-механических свойств сырья, а также изменчивость условий процесса измельчения (такие как влажность, температура, износ оборудования) налагают серьезные ограничения на традиционные методы контроля и регулирования. В связи с этим, разработка адаптивных систем, способных самостоятельно анализировать и корректировать процесс измельчения, представляется высокоактуальной.

Исследования последних десятилетий подтверждают, что применение ИНС может радикально преобразовать подходы к контролю качества продуктов измельчения. Способность нейросетевых моделей к обучению и обобщению делает их идеальными кандидатами для решения задач, связанных с прогнозированием и оптимизацией сложных процессов. Благодаря этим качествам, ИНС могут быть использованы для создания моделей, устойчивых к изменчивым условиям процесса и способных к самообучению на основе анализа оперативных данных о производстве.

Такой подход имеет ряд значительных преимуществ по сравнению с традиционными методами. Прежде всего, он позволяет снизить зависимость процесса контроля от человеческого фактора и повысить точность мониторинга за счет учета большего количества переменных. Кроме того, ИНС могут выявлять скрытые взаимосвязи между параметрами процесса, которые не очевидны для традиционного анализа. Это дает возможность не только диагностировать текущее состояние процесса измельчения, но и прогнозировать его дальнейшее развитие с учетом изменений входных параметров, что является ключевым для оптимизации производственных процессов.

Перспективность применения нейросетевого подхода в управлении процессами измельчения подтверждается множеством исследований, результаты которых демонстрируют улучшение характеристик процесса за счет более точного контроля за его параметрами. Среди наиболее значимых работ можно выделить исследование, представленное в *Journal of Powder Metallurgy and Mining*, где моделирование процесса шарового мельничного измельчения с помощью ИНС позволило достичь значительного повышения качества окончательного продукта. Важно отметить, что такая модель

способна адаптироваться к изменяющимся условиям процесса, что делает ее особенно ценной в условиях, где строгая нормативность параметров процесса не всегда возможна.

Объектом исследования является процесс измельчения пшеницы в замкнутом цикле с грохочением. Выбор данного объекта обусловлен его промышленной значимостью и потенциалом для оптимизации.

1. Сбор и подготовка образцов. Образцы пшеницы были собраны стандартными методами. Проведена их квалифицированная подготовка, включая измельчение, классификацию по фракциям и гомогенизацию для обеспечения репрезентативности проб.
2. Использование оборудования. Процесс измельчения осуществляется в вальцевом станке, оснащенной системой автоматического контроля за плотностью пульпы и объемным заполнением рабочего пространства вальцевого станка материалом. Параметры работы вальцевого станка и свойства пульпы регистрируются в реальном времени с помощью соответствующих датчиков.
3. Методы исследования. Основой методического подхода является применение компьютерного моделирования процессов, что включает в себя разработку и тестирование имитационной модели комплекса измельчения. Для анализа данных и моделирования используются такие инструменты, как математические пакеты и специализированное программное обеспечение.
4. Методы анализа данных. Для обработки экспериментальных данных применяются методы математической статистики и машинного обучения, включая разработку нейронной сетевой модели для контроля процесса дозирования. Эти модели позволяют выявить зависимости между рабочими параметрами оборудования и качеством получаемого продукта.
5. Методы верификации. Полученные модели подвергаются верификации на основании сравнения их предсказаний с реальными данными, собранными в процессе экспериментальных испытаний. Это включает в себя анализ ошибок и определение статистических показателей достоверности моделей.

Конфигурация нейронной сети, которая используется для управления и контроля, представлена в виде послойной структуры с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки для настройки весовых коэффициентов:

1. Входной слой (Input Layer): принимает вектор входных данных $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$. Каждый из входных параметров может быть нормализован для улучшения процесса обучения.

- Скрытые слои (Hidden Layers): состоят из нейронов, которые преобразуют входные данные в промежуточные представления. Количество и размерность скрытых слоев определяются сложностью задачи. Преобразование в каждом нейроне можно представить как комбинацию взвешенных входных сигналов и активационной функции: $h_i = f(\sum(W_{ij} \times x_j) + b_i)$, где W_{ij} — вес между i -м нейроном и j -м входом, b_i — смещение i -го нейрона, а f — активационная функция (например, ReLU, сигмоид, тангенс гиперболический).
- Выходной слой (Output Layer): формирует выходные сигналы сети $Y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$, которые могут представлять собой управляющие сигналы или оценки состояния системы. Преобразование аналогично скрытым слоям, но функции активации могут быть выбраны исходя из специфики задачи (например, линейная функция для задач регрессии).

Для обучения сети используется метод обратного распространения ошибки, при котором с помощью алгоритма оптимизации (например, метода градиентного спуска) минимизируется функция потерь, отражающая разность между предсказанной сетью и истинной величиной. Важно заметить, что конкретные веса W_{ij} и смещения b_i определяются в ходе обучения нейронной сети на основе данных, и без доступа к конкретной модели и набору обучающих данных, представить точную формулу нейросети не представляется возможным.

Для моделирования и оптимизации процесса измельчения применялись многослойные ИНС прямого распространения сигнала. ИНС обучались на основе экспериментальных данных с использованием метода обратного распространения ошибки. В качестве входных параметров ИНС использовались: скорость вращения вальца, масса загрузки, время измельчения, крутящий момент. Выходными параметрами являлись: удельный расход энергии, средний размер частиц в продукте измельчения, выход класса крупности $-0,071$ мм.

Разработанные ИНС интегрировались в имитационную модель процесса измельчения. На основе имитационного моделирования с применением ИНС исследовались режимы работы вальцевого станка, обеспечивающие экстремальные значения целевых функций.

В сфере искусственного интеллекта и, в частности, при разработке нейронных сетей, осуществляющих функции управления, актуализируется необходимость формализации подходов к моделированию таких систем. Одним из основополагающих аспектов этой деятельности является разработка детализированных математических формул, описывающих структуру и динамику ней-

ронной сети. Рассмотрим архитектуру, которая включает в себя множество слоев, каждый из которых характеризуется своей функцией активации и связями между нейронами [16, с. 70].

Предположим, что нейросетевая архитектура для управления содержит L слоев, причем каждый слой l имеет N_l нейронов. Веса связей между нейронами i -го слоя и j -го слоя обозначим как $w_{ij}^{(l)}$, где $i = 1, \dots, N_{\{l-1\}}$ и $j = 1, \dots, N_l$. Соотношение, описывающее выходной сигнал j -го нейрона l -го слоя $y_j^{(l)}$, может быть выражено в виде функциональной зависимости от сигналов предыдущего слоя и весов:

$$y_j^{(l)} = f \left(\sum_{i=1}^{N_{\{l-1\}}} w_{ij}^{(l)} y_i^{(l-1)} + b_j^{(l)} \right) \quad [2],$$

где $f^{(l)}(\cdot)$ представляет собой функцию активации l -го слоя, а $b_j^{(l)}$ — это смещение j -го нейрона l -го слоя. Функция активации может принимать различные формы, такие как линейная, сигмоидная, гиперболический тангенс или ReLU (rectified linear unit) [11, с. 135].

В контексте управления нейронные сети обучаются минимизировать различия между реальным выходом системы и желаемым результатом. Этот процесс обучения может быть описан функцией потерь $L(\theta)$, где θ обозначает параметры модели, включая весовые коэффициенты и смещения. Одной из распространенных функций потерь является среднеквадратичная ошибка (MSE — mean squared error):

$$L(\theta) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \left(y_{\{target,m\}} - y_{\{output,m\}}(\theta) \right)^2 \quad [15],$$

где M обозначает количество обучающих примеров, $y_{\{target,m\}}$ — желаемый выходной сигнал для m -го примера, а $y_{\{output,m\}}(\theta)$ — выходной сигнал нейронной сети для m -го примера, параметризованный через θ .

Параметры нейронной сети θ обновляются с использованием алгоритмов оптимизации, таких как метод градиентного спуска, для минимизации функции потерь. Градиентный спуск осуществляется через итеративное обновление параметров в направлении антиградиента функции потерь:

$$\theta^{\{new\}} = \theta^{\{old\}} - \eta \nabla \theta L(\theta^{\{old\}}),$$

где η обозначает скорость обучения, а $\nabla \theta L(\theta^{\{old\}})$ — градиент функции потерь по параметрам модели в точке $\theta^{\{old\}}$.

Процесс обучения нейросети включает в себя применение алгоритма обратного распространения ошибки (backpropagation), который позволяет вычислить градиент функции потерь по каждому параметру. Дифференциация функции потерь в контексте многослойных нейросетей требует применения правила цепочки для вычисления производных сложной функции. Таким образом, если обозначить через $\delta_j^{(l)}$ производную функции потерь по выходному сигналу j -го нейрона l -го слоя, то для выходного слоя L это будет просто разность между желаемым выходом и реальным выходом:

$$\delta_j^{(L)} = \left\{ \frac{\partial L}{\partial y_j^{(L)}} \right\} = 2 \left(y_{\{target, j\}} - y_j^{(L)} \right) \quad [10],$$

а для скрытых слоев градиенты вычисляются с использованием значений градиентов последующего слоя:

$$\begin{aligned} \delta_j^{(l)} &= \left\{ \frac{\partial L}{\partial y_j^{(l)}} \right\} = \\ &= f' \left(z_j^{(l)} \right) \sum_{k=1}^{N^{(l+1)}} w_{\{jk\}}^{(l+1)} \delta_k^{(l+1)} \end{aligned} \quad [14],$$

где $z_j^{(l)}$ обозначает взвешенную сумму входных сигналов для j -го нейрона l -го слоя, а $f' \left(z_j^{(l)} \right)$ — производная функции активации по её аргументу.

Формализация процесса обучения и обратного распространения ошибки позволяет модифицировать веса и смещения нейросети таким образом, чтобы минимизировать ошибку между предсказанными и реальными выходными данными. Такой подход обеспечивает адаптацию сети к специфике задачи управления, будь то стационарные или нестационарные объекты [1, с. 67].

Однако, следует отметить, что приведенные выше уравнения представляют собой только общую схему работы нейронной сети. В зависимости от конкретной задачи и данных, на которых происходит обучение, могут потребоваться дополнительные модификации архитектуры сети, функции активации, функции потерь и алгоритмов оптимизации. Например, при работе с временными рядами или последовательностями могут быть использованы рекуррентные нейронные сети (RNN), в которых текущий выход сети зависит не только от текущего входа, но и от предыдущих состояний сети [12]. Для задач, требующих учета пространственной структуры входных данных, например, в обработке изображений, используются сверточные нейронные сети (CNN), которые включают в себя сверточные и пулинговые слои [9].

Комплексный подход к проектированию нейросетевых моделей управления предполагает детальное исследование спецификации управляемых объектов, что может включать в себя разработку и анализ баз данных интеллектуальных экспертных систем для автоматического контроля показателей качества продукции [13].

Интеграция алгоритмов искусственного интеллекта, в частности нейронных сетей, в практику процессов автоматизации производства, таких как помол пшеницы, открывает новые перспективы для повышения эффективности и качества продукции. Рассмотрим, каким образом нейросетевое моделирование способствовало оптимизации процесса помола вальцевого станка на примере предоставленных результатов.

Прежде всего, следует подчеркнуть, что нейросетевое моделирование является частным случаем применения математических моделей, основанных на принципах работы биологических нейронных сетей. Элементы таких моделей, аналогичные нейронам, соединены между

Таблица 1.

Результаты моделирования процесса помола вальцевого станка для испытаний 1-10

№ испытания	Скорость вращения вальцевого станка (об/мин)	Температура среды (°C)	Влажность материала (%)	Давление в системе (атм)	Качество помола (мкм)	Энергоэфф. (%)
1	1500	20	30	1	500	80
2	1520	21	32	1.02	480	82
3	1540	22	34	1.04	460	84
4	1560	23	36	1.06	440	85
5	1580	24	38	1.08	425	87
6	1600	25	40	1.10	410	89
7	1620	26	42	1.12	395	90
8	1640	27	44	1.14	380	92
9	1660	28	46	1.16	365	93
10	1680	29	48	1.18	350	95

собой синаптическими связями, способными обучаться на представленных данных, адаптируя свои весовые коэффициенты для достижения оптимальных результатов. В контексте моделирования процесса помола вальцевого станка нейронные сети использовались для анализа и оптимизации параметров таких как скорость вращения вальцевого станка, температура среды, влажность материала, давление в системе и другие.

Основной задачей нейросети в данном исследовании было выявление так называемой функциональной зависимости между операционными параметрами и целевыми показателями — качеством помола и энергоэффективностью. Построение этой зависимости происходило в несколько этапов:

1. Сбор и предобработка данных: были собраны исходные данные по процессу помола, включая скорость вращения вальцевого станка, температуру, влажность материала, давление в системе и показатели качества помола. Предобработка заключалась в нормализации данных и устранении возможных аномалий и выбросов.
2. Синтез нейросети: на основе имеющихся данных была разработана структура нейронной сети, включающей в себя несколько слоев — входной, один или несколько скрытых и выходной. Каждый слой содержал определенное количество нейронов, пропорциональное сложности задачи и объему входных данных.
3. Обучение нейросети: на этапе обучения нейросеть анализирует представленные ей данные и осуществляет корректировку своих весовых коэффициентов таким образом, чтобы минимизировать ошибку между предсказанными и фактическими результатами. Обучение продолжается до достижения заданной точности или исчерпания количества эпох (проходов обучения).
4. Валидация и тестирование модели: после обучения модель подвергается валидации на новом наборе данных, который не использовался в процессе обучения, чтобы подтвердить способность модели к обобщению и прогнозированию.
5. Анализ результатов и оптимизация процессов: на основе результатов моделирования и анализа величины ошибки прогноза нейросеть была применена для поиска оптимальных параметров процесса помола. Используя алгоритмы обратного распространения ошибки, нейросеть адаптировала свои веса для минимизации различий между предсказанными значениями и реальными данными производственного процесса.

В процессе нейросетевого моделирования были использованы стандартные программы нейронных сетей, позволяющие оценить номинальные значения параметров на больших объемах данных. Для этого были соз-

даны конкретные нейронные сети, каждая из которых включала в себя несколько подсетей, специализированных на различных аспектах процесса.

Результаты, полученные в ходе исследований, могли быть использованы для реализации оперативного нейроуправления процессом помола. Такой подход позволил не только управлять процессом в реальном времени, но и предоставил возможность постоянного совершенствования системы контроля за счет адаптивного обучения нейронной сети на актуальных операционных данных. Ключевыми моментами реализации нейросетевого моделирования стали математические связи между нейронами, которые обеспечивали функционирование сети в соответствии с заданными принципами обучения и оптимизации. Стоит отметить, что подобные исследования требуют не только разработки математического и алгоритмического обеспечения, но и создания баз данных интеллектуальных экспертных систем для автоматического контроля качества продукции.

В процессе экспериментальных исследований были получены зависимости основных технологических параметров процесса измельчения от режимных факторов. Установлено, что с ростом скорости вращения вальца и времени измельчения наблюдается уменьшение среднего размера частиц продукта и увеличение выхода класса $-0,071$ мм. Однако одновременно возрастает и удельный расход энергии на измельчение.

Для моделирования процесса измельчения были разработаны нейросетевые модели с различной архитектурой. Наилучшие результаты показала трехслойная ИНС с 15 нейронами в скрытом слое. Такая ИНС показала высокую точность прогнозирования удельной энергоемкости процесса (средняя относительная ошибка 7,2 %) и гранулометрического состава продуктов измельчения (средняя абсолютная ошибка прогноза выхода класса $-0,071$ мм составила 3,1 %).

На основе обученных ИНС была разработана имитационная модель процесса измельчения в вальцевом станке. Модель позволяет в автоматическом режиме находить оптимальные значения скорости вращения вальца и времени измельчения, обеспечивающие получение заданного гранулометрического состава продукта при минимально возможном расходе энергии. Путем имитационного моделирования с применением ИНС были найдены оптимальные режимы работы вальцевого станка, позволяющие снизить удельный расход энергии в среднем на 8–12 % по сравнению с традиционными режимами при сохранении требуемого качества продукции.

Результаты проведенной работы продемонстрировали широкие возможности применения нейросетевых

технологий для решения задач моделирования, оптимизации и управления процессами измельчения.

Разработанные нейросетевые модели показали высокую точность прогнозирования ключевых технологических показателей процесса измельчения — *produ Specific energy consumption* и *granulometric composition of grinding products*. Это объясняется способностью ИНС устанавливать сложные нелинейные зависимости между большим количеством факторов на основе экспериментальных данных. В отличие от традиционных математических моделей, основанных на упрощенных линейных, полиномиальных или экспоненциальных уравнениях, ИНС может описывать процессы измельчения с высокой степенью достоверности.

Кроме высокой точности, другим важным преимуществом ИНС является их способность к адаптивному обучению и модификации. Нейросетевые модели могут дополнительно дообучаться по мере поступления новых экспериментальных данных, что позволяет повысить их адекватность изменяющимся условиям. Это особенно актуально для таких динамических процессов как измельчение, где свойства материалов и характеристики оборудования могут варьироваться.

Интеграция нейросетевых моделей с имитационным моделированием открыла возможность эффективной многопараметрической оптимизации процесса измельчения. За счет высокой скорости работы ИНС имитационное моделирование позволило оперативно находить оптимальные режимы работы оборудования, обеспечивающие снижение энергопотребления. По сравнению с «ручной» оптимизацией с использованием традиционных математических моделей, такой подход значительно сокращает время поиска оптимальных решений.

Оптимизация и улучшение производственных процессов, в частности механизмов измельчения, является сложной инженерной задачей, требующей комплексного подхода к управлению и регулированию параметров

работы оборудования. Одним из перспективных направлений в данной области является применение моделей искусственных нейронных сетей (ИНС), которые способны обеспечить адаптивный и предиктивный контроль за процессами.

Внедрение нейросетевых технологий в управление процессами измельчения в вальцевых станках открывает возможности для значительного повышения эффективности производства. ИНС могут быть обучены на базе опытных данных для прогнозирования кинетики измельчения, оптимального расхода энергии и качества конечного продукта.

Применение ИНС включает следующие ключевые шаги:

1. Сбор и предварительная обработка данных о текущих параметрах работы вальцевого станка и характеристиках входных материалов.
2. Разработка и обучение нейросетевой модели, способной устанавливать зависимости между параметрами процесса и качеством измельчения.
3. Валидация модели с использованием отдельного набора экспериментальных данных для оценки её точности и надёжности.
4. Интеграция ИНС в систему автоматического управления вальцевого станка для реализации адаптивного и оптимизирующего управления в реальном времени.

По результатам представленных исследований, можно отметить, что использование ИНС обеспечивает сокращение энергопотребления и повышение качества продукции за счет более точного контроля процессов измельчения. Это достигается путем адаптации к изменениям входных характеристик сырья и оперативного реагирования на отклонения в процессе. Таким образом, ИНС являются мощным инструментом для оптимизации производственных процессов, где требуется высокая степень точности и адаптации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базаров М.Б., Ботиров Т.В., & Кадыров Е.Б. (2010). Интервальное адаптивное управление процессом получения формалина. *Химическая технология. Контроль и управление*, (6), 65–68.
2. Бапова Р.Ж. (2004). Автоматическое управление каскадно-водопадным режимом измельчения в барабанных мельницах. *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*, 307(5).
3. Боева О.Х. (2020). Алгоритм размещения полюсов для симметричных реализаций в пространстве состояний. *Эффективность применения инновационных технологий и техники в сельском и водном хозяйстве*, 431–435.
4. Бойбутаев С.Б. (2022). Применение нейронных сетей в системах автоматического управления процессами измельчения. *Journal of Advances in Engineering Technology*, 1(5), 26–30.
5. Ботиров Т.В., Исмоилов Э.У., Рахмонова Х.З. (2019) Формализация задач синтеза систем управления технологическими процессами в условиях интервально-параметрической неопределенности. *Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации*, 38–41.
6. Закамалдин А.А. (2018). Пути усовершенствования системы автоматического управления процессом измельчения. *Современные научные исследования и разработки*, 10(27), 359–362.

7. Ткач С.Н. (2001). Настройка параметров адаптивного контроллера с использованием нечеткой нейронной сети. Программные продукты и системы, (3), 9–16.
8. Юсупбеков Н.Р., & Джумаев О.А. (2020). Нечеткая логика на основе интеллектуальных систем управления. Journal of Advances in Engineering Technology, 2, 20–25.
9. Botirov T.V., Latipov S.B., Buranov B.M., & Barakayev A.M. (2020). Methods for synthesizing adaptive control with reference models using adaptive observers. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 862(5), 052012.
10. Igamberdiev H.Z., & Botirov T.V. (2020, October). Algorithms for the Synthesis of a Neural Network Regulator for Control of Dynamic Objects. In World Conference Intelligent System for Industrial Automation (pp. 460–465). Springer, Cham.
11. Jumaev O.A., Akhmatov A.A., & Makhmudov G.B. (2018). Process modeling of optimum mixing of cyanic solutions with use of intellectual systems of measurement on a basis to a fuzzy logic. Chemical Technology, Control and Management, 2018(1), 132–137.
12. Jumaev O.A., Ismoilov M.T., Mahmudov G.B., & Shermurodova M. F. (2020). Algorithmic methods of increasing the accuracy of analog blocks of measuring systems. Journal of Physics: Conference Series, 1515, 052040.
13. Jumaev O.A., Nazarov J.T., Sayfulin R.R., Ismoilov M.T., & Mahmudov G.B. (2020). Schematic and algorithmic methods of elimination influence of interference on accuracy of intellectual interfaces of the technological process. Journal of Physics: Conference Series, 1679, 042037.
14. Jumaev O.A., Sayfulin R.R., Samadov A.R., & Arziyev E.I. (2021). Methods for the Synthesis of Digital Controllers for an Asynchronous Brushless Motor. In New Visions in Science and Technology (Vol. 9, pp. 45–53).
15. Jumaev O.A., Shermurodova M.F., & Babayev A.A. (2018). Protection from interference of technical means of automation of control systems. Science, technology and education, 2018(7–48).
16. Otakulov L., Boyeva O., & Bazarova D. (2014). The algorithm of research of stability chemical reactors in conditions of uncertainty of the input data. Scientific enquiry in the contemporary world: theoretical basics and innovative approach, 69–74.

© Марченко Кристина Юрьевна (cris.mar4encko2014@yandex.ru); Яблоков Александр Евгеньевич
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АРХИТЕКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИИ ДАННЫХ ИЗ ЗАРУБЕЖНОЙ СИСТЕМЫ В РОССИЙСКИЙ АНАЛОГ НА ПРИМЕРЕ ПЕРЕХОДА ИЗ POWER BI В VISIOLOGY

ARCHITECTURE FEATURES OF DATA MIGRATION FROM FOREIGN SYSTEM TO RUSSIA ANALOGUE BY THE EXAMPLE OF MIGRATION FROM POWER BI TO VISIOLOGY

A. Musina
P. Leonov

Summary. The relevance of research consists of the demonstration of practical analysis of data migration process to Russian programs for some key systems. The purpose of the study is the presentation of analyzed practical experience of changes at architecture solutions at work, data migration from Power BI to Russian Visiology system. As a result of the study, the key features of current solution at systems using at work were formed, the key general architecture failures in frame of foreign system data migration to Russian program were analyzed, the key elements and features of Power BI data migration to Visiology were presented.

Keywords: Power BI, Visiology, architecture solution, data migration.

Мусина Анастасия Валерьевна

Аспирант, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
stacy1510@yandex.ru

Леонов Павел Юрьевич

Доцент, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
PYLeonov@mephi.ru

Аннотация. Актуальность данного исследования заключается в представлении практического анализа процесса миграции для ряда ключевых систем в отечественные программы. Цель работы заключается в демонстрации проанализированного практического опыта по изменению архитектурных решений работы в системах, а также по миграции данных из Power BI в российскую систему Visiology. По результатам исследования сформулированы ключевые особенности текущих решений по использованию систем в работе компании, проанализированы общие ключевые архитектурные недостатки при миграции из зарубежных систем в российские программы, сформулированы ключевые элементы и особенности миграции данных из Power BI в Visiology.

Ключевые слова: Power BI, Visiology, архитектурное решение, миграция данных.

Введение

Последние несколько лет происходит существенное изменение экономического поведения организаций, а также используемого программного обеспечения для реализации бизнес-процессов. На российском рынке подобные изменения связаны, прежде всего, с введенными ограничениями со стороны зарубежных компаний на использование их систем и платформ.

Анализ интеграционного процесса и архитектурных особенностей работы организаций с программами выявил неактуальность прошлых решений ввиду отсутствия лицензий, невозможности работы в старых зарубежных программах и необходимости использования в большей степени российского ПО. Следовательно, решения, которые были использованы в качестве лучших практик внедрения в деятельность организаций, сегодня должны быть проанализированы очень тщательно для минимизации их нерелевантности. Однако стоит отметить недостаток практических исследований, в которых демонстрируются реальные положительные и отрицательные стороны миграции из зарубежной системы в отечественную.

Развитие российского бизнеса претерпевает существенные изменения как с экономической точки зрения в рамках отношений между покупателем и продавцом, так и с технической точки зрения в рамках выбора способа ведения бизнес-процессов и использования программного обеспечения. Ряд экономических санкций 2022 года послужили причиной для адаптации российских предприятий и использования вместо зарубежных систем российских аналогов. Сложности перехода из зарубежной системы в отечественную идентифицируются только в процессе миграции, так как каждый бизнес уникален и теоретическая документация не способна раскрыть всех специфических моментов. Помимо этого, сегодня фиксируется тенденция к изменению интеграционных процессов ввиду адаптации рынка к отсутствию зарубежных программ. Актуальность данного исследования заключается в представлении практического анализа процесса миграции для ряда ключевых систем (SAP, Oracle, Microsoft и т.д.) в отечественные программы.

Настоящее исследование направлено на анализ архитектурных изменений по работе сотрудников в программах, а также по анализу перехода компании из зарубежной BI-системы в российский аналог. В работе

проведен анализ прошлых архитектурных решений по использованию ПО в российских организациях, а также текущее вынужденное решение в связи с невозможностью приобретения лицензий на зарубежную продукцию. Помимо этого, в работе раскрыт процесс миграции данных из Power BI и систему Visiology, представлены преимущества и недостатки с точки зрения архитектуры процесса. Представленные в работе результаты демонстрируют перспективы для ведения исследования в данном направлении.

В начале работы представлены причины к смене российскими компаниями зарубежных систем на отечественные аналоги, а также представлены результаты анализа недостатков при миграции из одной системы в другую. Далее содержится составленная вертикальная архитектурная схема работы с ПО для двух периодов времени. Особое внимание уделено невозможности ведения процессов в одной системе в текущих обстоятельствах. В конце работы раскрывается процесс миграции данных из Power BI в Visiology, а также ключевые особенности данного процесса. По результатам исследования сформулированы ключевые особенности текущих решений по использованию систем в работе компании, проанализированы общие ключевые архитектурные недостатки при миграции из зарубежных систем в российские программы, сформулированы ключевые элементы и особенности миграции данных из Power BI в Visiology.

Положительные и отрицательные последствия миграции из зарубежных систем в отечественные аналоги

Российские компании все чаще осуществляют процесс перехода из одной системы, как правило зарубежного ПО, в другую аналогичную систему по ряду причин:

1. Прекращение работы зарубежных вендоров на территории России;
2. Прекращение выдачи лицензий на продукцию SAP, Oracle, Microsoft и т.д. на территории России;
3. Законодательная необходимость в использовании отечественного ПО;
4. Улучшение глубины хранения аналитических данных;
5. Повышение скорости работы систем.

В рамках использования российских решений происходит полное замещение зарубежных систем, что позволяет пользователям осуществлять процесс обучения более качественно из-за постоянной поддержки со стороны российских консультантов. Также подобное структурное изменение является законным способом осуществления бизнеса, так как при использовании российского ПО, которое зарегистрировано в реестре, организация с меньшей вероятностью будет под постоянным надзором со стороны государственных структур, а так-

же не будет подвержена административному наказанию, которое в скором будущем могут ввести. Использование российскими компаниями российских программ является также элементом поддержки непрерывности бизнеса, минимизируя риски полного отключения системы, истечения лицензий и потери данных.

За последние 2 года в СМИ было опубликовано достаточно большое количество внедренных решений со стороны IT-компаний по переходу российских предприятий разных секторов экономики из таких систем как SAP, Oracle и Power BI в отечественные системы. Указанные ПО являются самыми популярными в использовании на территории России ввиду максимального покрытия бизнеса-требований компаний. Преимущества такого перехода достаточно схожи с перечнем, указанным выше: компании стремятся сократить риски использования зарубежного ПО, а также проявляют необходимость автоматизации определенных процессов. Для полного понимания процесса миграции данных из одной системы в другую был проведен анализ отрицательных последствий такого процесса.

Проанализировав опубликованные архитектурные решения для перехода из SAP BW, Oracle, Power BI, была

Таблица 1.
Недостатки перехода из зарубежной системы в отечественные аналоги

Название процесса миграции Migration process name	Архитектурные недостатки Architecture disadvantages
Из SAP BW в 1C From SAP BW to 1C	— функциональные разрывы; — справочники данных зарубежной системы не совпадают с справочниками данных в новой системе — отсутствие определенных сущностей в новой системе; — наличие зависимых модулей, которые также нужно переносить в новую систему для полноценной работы.
Из Oracle в PostgreSQL From Oracle to PostgreSQL	— несовместимость типов данных в старой и новой системах; — разные механизмы хранения данных у БД; — невозможность переноса определенных объектов в новую систему; — наличие внешней структуры данных.
Из Power BI в Visiology From Power BI to Visiology	— отсутствие максимального функционала, необходимость существенных доработок; — отсутствие маппинга полей; — отсутствие привязки данных к выборкам БД; — отсутствие интеграции с целевыми системами.

составлена таблица, в которой содержатся недостатки перехода из зарубежной системы в отечественные аналоги.

Проанализировав таблицу 1, можно сказать, что достаточно большое количество недостатков является существенными блокерами по миграции, так как требуют объёмных финансовых и временных затрат. Однако, несмотря на указанные выше недостатки, ряд организаций должна переходить на отечественные продукты из-за отсутствия возможности продлевать лицензии зарубежных ПО. Организации физически не могут больше продолжать работу в зарубежной системе, что подталкивает их к разворачиванию процесса оценки, согласования и реализации перехода из зарубежной системы в отечественную.

Архитектурные особенности использования ПО для ведения бизнеса

Как правило, в любой средней и крупной организации существуют общие схожие процессы как со стороны ведения бизнеса, так и со стороны количества ПО для работы и способов использования. Для предприятий разных отраслей экономики источником данных являются различные первоначальные инструменты, начиная от ручных бумажных носителей, заканчивая собственными разработками для учета объектов. Однако дальнейший процесс передачи, обработки, преобразования данных практически совпадает.

В результате проведенного анализа процессов интеграции систем в бизнес-среду организаций, а также

на основе реализованных решений по миграции данных из зарубежной системы в отечественную, была составлена собственная схема процесса интеграции. На рисунке 1 представлена разработанная вертикальная архитектура работы организации в системе SAP BW до ограничений, введенных с 2022 года; а также реализация аналогичной функциональности после введенных запретов на покупку и продление лицензий продукции SAP.

Рисунок 1 необходимо читать снизу вверх для понимания процесса работы систем. Исходная система представляет собой первоначальную систему, в которой формируются данные различных форматов (кассовый аппарат, складское приложение, сайт продаж, CRM-система, ручные документы и т.п.). Процесс экстракции данных — это извлечение данных из исходной системы. Как правило, процесс экстракции является частью ETL-процесса, который состоит из трех элементов управления данными: экстракция данных (extract), преобразование данных (transform), загрузка данных (load) [7]. Далее данные попадают в корпоративное хранилище данных (Data Warehouse), в котором осуществляется хранение данных и их использование в дальнейших BI-процессах. Путем взаимодействия DWH и BI-программ происходит формирование информативных отчетов и дашбордов для улучшения и ускорения процесса принятия решений. Итогом работы является экспорт данных в читабельном виде (Excel, CSV, Word и т.д.) для дальнейшего использования ключевыми пользователями.

В рамках прошлого решения (до санкций 2022 года), компании могли осуществлять все процессы, используя



Рис. 1. Схема вертикальной архитектуры ПО для прошлого и текущего решений

программу SAP BW. Однако теперь ситуация достаточно серьезно изменилась, сделав невозможным продления лицензий на продукцию SAP. В этой связи для реализации указанных выше процессов сбора, обработки, передачи, хранения, анализа и экспорта данных, требуется несколько систем.

В рамках текущего решения процесс извлечения данных из исходных систем можно реализовать путем написания запросов на Python или используя ПО Apache Airflow для обработки данных. Далее для передачи данных в хранилище, можно использовать аналитическую СУБД Arenadata DB, функционал которой позволяет обрабатывать большое количество данных [3]. В качестве BI-системы выступают российские аналоги, такие как Visiology, PIX BI, Visary и другие. Для экспорта данных в удобном для пользователей формате можно также использовать Python-запросы или Apache Airflow.

Заметно, что теперь реализация бизнес-процессов организаций, которые ранее полностью использовали зарубежные системы, является многоступенчатым процессом, в котором участвует более чем одно программное обеспечение. Это подталкивает руководителей организаций к улучшению профессиональных навыков кадров для возможности поддержки различных систем либо к найму сторонних компаний с профессиональными консультантами; к пересмотру бюджетов и стратегических планов на будущее ввиду увеличения затрат на внедрение различных критически-важных систем. Можно сделать вывод, что архитектурные решения, которые были актуальны несколько лет назад, сегодня не используются.

Верхнеуровневое описание миграции данных из Power BI в Visiology

В работе используется Visiology в качестве российского аналога Power BI ввиду высокой схожести интерфейса и логики работы в российской системе по сравнению с зарубежной BI-системой. Visiology является российской разработкой, которая за последнее время была внедрена в ряде организаций в процессе импортозамещения. Разработчики системы говорят об использовании лучших зарубежных практик работы в BI-системах в качестве основы для создания системы Visiology. Аналитическая система Visiology была разработана в 2016 году и на 29.08.2023 представляет версию 3.4. Проанализировав историю обновлений системы, было зафиксировано 28 обновлений, включая последнюю версию. На сайте <https://ru.visiology.ru/> сотрудники описывают изменения, которые были включены в новую версию, предоставляют расширенную документацию, а также проводят вебинары для демонстрации нового функционала бизнес-пользователям, разработчикам и консультантам [4].

Система Visiology предполагает меньшее число расчетов на уровне хранилища данных, формирование мер осуществляется языком программирования DAX, который также используется в Power BI. Помимо этого, интерфейс Visiology версий 3.3 и выше достаточно схож с интерфейсом системы Power BI, что делает переход работы пользователей из одной системы в другую достаточно простым, не требуя длительного обучения. Переход из Power BI в систему Visiology составляет в среднем от 20 до 30 минут. Далее будет описан процесс миграции данных из одной системы в другую.

На первоначальном этапе происходит подготовка данных, просмотр модели данных в исходной системе Power BI. На данном этапе необходимо идентифицировать ключевые поля и связи между таблицами. Далее в системе Visiology происходит загрузка данных из СУБД, из которой загружались данные в Power BI. Здесь также можно провести преобразование данных, удалить дубли или пустые строки, поменять формат столбцов и т.д. После добавления данных в систему Visiology происходит ручное создание визуальных элементов (графики, диаграммы, карточки и т.д.). Стоит отметить, что функциональность Visiology предусматривает такие же стандартные номера цветов, как в системе Power BI, что позволяет облегчить процесс окрашивания визуальных элементов за счет копирования номера цвета из Power BI и его добавления в Visiology. Последним шагом является загрузка отчета в пользовательскую среду, настройка ролей и предоставление доступа к работе.

В рамках проведенного анализа были зафиксированы особенности, которые присутствуют при переходе из Power BI в Visiology. Во-первых, функционал передачи данных из Power BI не предусматривает портирование самих визуальных элементов в Visiology. В этой связи, сотруднику необходимо создавать визуальные элементы самостоятельно, добавляя фильтры, вычисляемые поля, дополнительные меры при необходимости и т.п. Иногда такая работа может занимать достаточно много времени, что является неудобным процессом в рамках миграции. Во-вторых, из Power BI в Visiology нельзя портировать кастомизацию, то есть цвет визуальных элементов и фона, шрифт и размер текста, размер элементов и их положение на дашборде. Однако, функционал Visiology допускает создание темы, которую можно настроить для всего листа отчета и каждого элемента, что позволит в дальнейшем использовать созданный макет. В-третьих, работа в Power BI подразумевает локальную среду разработки (Power BI Desktop) и веб среду для публикации отчетов пользователям (Power BI Server). Однако в системе Visiology не предусмотрена локальная среда разработки — разработка отчета и его дальнейшая публикация с настройкой ролей пользователям происходит в веб среде. Подобная работа может быть неудобной какое-то время для консультантов, которые привыкли

работе в локальной среде, сотрудникам необходимо будет адаптироваться.

Ниже на рисунках 2 и 3 представлено сравнение одинаковых данных, загруженных в систему Power BI

и Visiology, с дальнейшим формированием дашбордов.

Проанализировав дашборды из двух систем, можно сказать, что функциональность Visiology позволяет



Рис. 2. Интерфейс дашборда Power BI

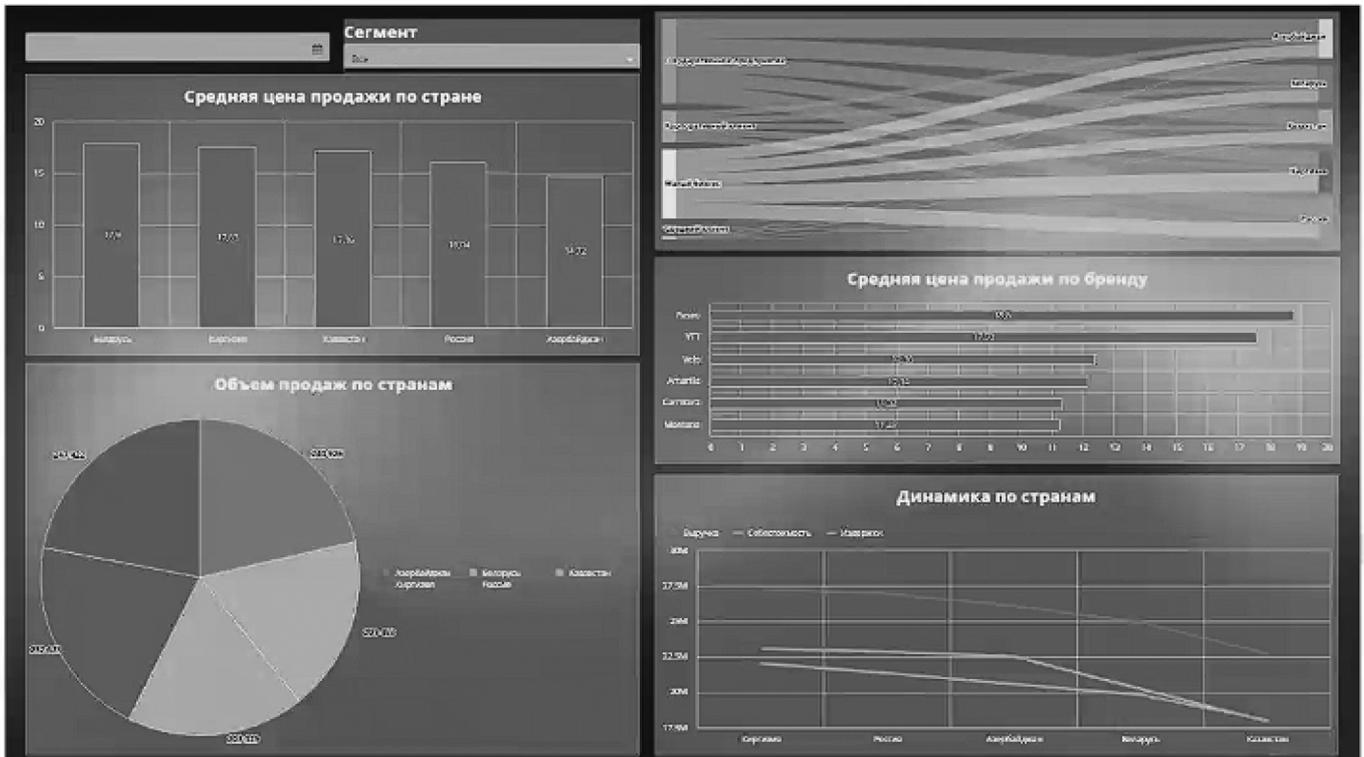


Рис. 3. Интерфейс дашборда в Visiology

достаточно точно настроить дашборд по функционалу и цветовой гамме из Power BI. В этой связи, аналитическая система Visiologу является одним из лучших российских аналогов зарубежных BI-систем, в частности Power BI. Кроме того, как было описано ранее, процесс миграции данных занимает достаточно мало времени, а обучение ключевых пользователей не является длительным из-за схожести интерфейса для работы.

Результаты анализа

За последнее время фиксируется большое количество IT-решений по переходу российских компаний из зарубежных систем в отечественные аналоги. Наиболее актуальная причина для подобного действия — физическая невозможность пользования продукцией из-за отсутствия возможности покупки и продления лицензии. В этой связи, компании разрабатывают миграционную карту с количеством работ, бюджетом и сроками реализации.

Анализ реализованных решений по переходу из SAP в 1C, из Oracle в PostgreSQL, из Power BI в Visiologу выявил ряд существенных архитектурных недостатков, которые увеличивают сроки миграции данных. Помимо этого, компаниям, как правило, для осуществления привычной работы необходимо внедрять более одной системы, так как нет продукта-аналога, который способен выполнять функции извлечения данных из исходной системы, хранение в СУБД, выгрузка в аналитическую среду для формирования информативных дашбордов, выгрузка во внешнюю систему для работы пользователей.

Visiologу, как один из лучших продуктов для работы в BI-системе, демонстрирует быструю скорость миграции данных из Power BI, удобность работы с языком программирования (DAX), схожесть и понятность интерфейса. Безусловно, переход из Power BI в отечественную систему Visiologу сопровождается рядом дополнительных действий для точного перехода, что иногда может потребовать увеличение временных, трудовых и денежных ресурсов. Несмотря на это, клиентам удобно работать в такой аналитической системе, а консультантам и разработчикам удобно подстраивать требования бизнеса под знакомую функциональность системы.

Заключение

Таким образом, научное исследование сопровождается проведенным анализом интеграционных процессов по переходу российских компаний из зарубежного ПО в отечественное. Были зафиксированы ключевые причины перехода российских компаний из зарубежной системы в отечественную. Также были выявлены недостатки перехода SAP в 1C, из Oracle в PostgreSQL, из Power BI в Visiologу, которые могут быть, для ряда организаций, как существенными недостатками и предпосылками для прекращения миграции, так и причинами для увеличения бюджета, сроков и найма дополнительных трудовых ресурсов.

В работе была впервые представлена общая схема работы ПО в организациях до событий 2022 года и после для демонстрации необходимости использования организацией большого количества систем. Также был описан процесс миграции данных из аналитической системы Power BI в российскую систему Visiologу. Процесс миграции состоит из следующих шагов:

1. Подготовка данных в исходной системе;
2. Загрузка данных в новую систему из СУБД;
3. Ручное создание визуальных элементов;
4. Загрузка отчета в продуктивную среду для пользователей.

В рамках процесса миграции данных из Power BI в Visiologу были описаны три особенности, которые могут рассматриваться как недостатки для ряда организаций. Однако, визуальное сравнение дашборда в системе Power BI и дашборда в системе Visiologу выявила максимальную схожесть, что является значительным преимуществом, особенно для тех компаний, сотрудники которых достаточно большое количество лет работали с Power BI.

Научная ценность исследования проявляется в возможности дополнения текущих исследований по использованию BI-систем проанализированными архитектурными особенностями миграции из Power BI в Visiologу. В работе была впервые представлена общая схема работы организаций с необходимым ПО для поддержания непрерывности деятельности и осуществления оперативного учета данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bahshin S. Power BI: expert level of modeling // Expert Data Modeling with Power BI / Eng. Transl. Ginko A.U. — М.: DMK Press, 2022, P. 490.
2. Bhavic M. Power BI. Modern optimization methods: The full tutorial for quick decision building in Microsoft Power BI // DMK Press, 2023, P. 284.
3. Официальный сайт Arenadata, Электронный ресурс, URL: <https://arenadata.tech/products/arenadata-db/>.
4. Официальный сайт Visiologу, Электронный ресурс, URL: <https://ru.visiologу.su/>.
5. Переход с SAP на «1C»: сложности и пути решения, Электронный ресурс, URL: <https://vc.ru/u/1876291-gk-komlayn/702252-perehod-s-sap-na-1s-slozhnosti-i-puti-resheniya>.
6. Power BI Architecture — Importance, Key Components, & More, Электронный ресурс, URL: <https://trainings.internshala.com/blog/power-bi-architecture/>.
7. SAP Data Services, часть 3. Экстракция, преобразование и загрузка данных в SAP HANA, Электронный ресурс, URL: <https://sapro.saplant.ru/kb/articles/spj/sap-data-services-chasti-3-extraktsiya-preobrazovanie-i-zagruzka-dannih-v-sap-ha.html>.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ АДАПТИВНЫХ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ К ЗАДАЧЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ В КОМПЬЮТЕРНУЮ СЕТЬ

Нестеров Сергей Геннадьевич

Аспирант, Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«МИРЭА — Российский технологический университет»
nesterov.s.g@edu.mirea.ru

ANALYSIS OF THE USE OF ADAPTIVE MACHINE LEARNING METHODS TO THE TASK OF INTRUSION DETECTION IN A COMPUTER NETWORK

S. Nesterov

Summary. Objective: to study adaptive machine learning methods used to detect intrusions into computer networks in order to increase the efficiency and accuracy of the threat detection system.

Methods: to achieve this goal, methods of analysis and generalization of the results of scientific research devoted to the development of adaptive algorithms for detecting anomalies in network traffic were used.

Results: as a result of the study, it was shown that the use of adaptive machine learning methods based on incremental learning and the use of artificial neural networks makes it possible to increase the effectiveness of intrusion detection in computer networks. Systems using such methods demonstrate high accuracy and the ability to adapt to changes in the network environment and attack methods. The results of the study confirm the prospects of using adaptive machine learning methods in the field of information security and the need for their further development.

Keywords: analysis, task, adaptive method, network.

Аннотация. Цель: исследование адаптивных методов машинного обучения, применяемых для обнаружения вторжений в компьютерные сети с целью повышения эффективности и точности системы обнаружения угроз.

Методы: для достижения поставленной цели применялись методы анализа и обобщения результатов научных исследований, посвященных разработке адаптивных алгоритмов выявления аномалий в сетевом трафике.

Результаты: в результате исследования было показано, что применение адаптивных методов машинного обучения, основанных на инкрементном обучении и использовании искусственных нейронных сетей, позволяет повысить эффективность обнаружения вторжений в компьютерные сети. Системы, использующие такие методы, демонстрируют высокую точность и способность адаптироваться к изменениям в сетевой среде и методам атак. Результаты исследования подтверждают перспективность использования адаптивных методов машинного обучения в области информационной безопасности и необходимость их дальнейшего развития.

Ключевые слова: анализ, задача, адаптивный метод, сеть.

Введение

С течением времени подходы к обнаружению вторжений претерпевали существенные изменения, начиная от классических специализированных систем обнаружения вторжений (СОВ), требующих ручного анализа информации системными администраторами, и заканчивая поколением более эффективных автоматических систем. Современные СОВ успешно выявляют достаточно широкий спектр сетевых атак. Тем не менее, постоянное возникновение новых методов и техник их осуществления приводит к тому, что многие атаки могут остаться незамеченными. Существующие СОВ в условиях динамичной сетевой среды либо не способны постоянно охватывать всё новые возникающие модели атак, либо делают это недостаточно оперативно в виду необходимости обновления баз правил вручную. Стремительное развитие информационных технологий, сопровождающимся быстрым изменением параметров среды и стратегий атак, требует, чтобы СОВ, призванные обеспечивать наблюдение за сетевым трафиком в вычислительной сети, обладали способностью адаптиро-

ваться к изменениям в сетевой среде, в которой они функционируют.

Несмотря на наличие исследований, посвященных данному вопросу, полученные результаты исследований носят разрозненный характер, необходима их систематизация и обобщение полученных результатов. Отсутствует четкое определение понятия «адаптивная система обнаружения вторжений». В данной статье будут рассмотрены некоторые предлагаемые модели адаптивного обнаружения вторжений с целью формирования представления о достижениях и полученных результатах в этой области, а также выявления недостатков предложенных решений. Это позволит представить современное состояние проблемы и внести вклад в её решение в дальнейших исследованиях.

Развитие подходов к обнаружению вторжений

Система обнаружения вторжений (СОВ) — это программное или аппаратное средство, осуществляющее мониторинг и анализ событий в компьютерных сетях и си-

стемах с целью выявления признаков нарушений политики безопасности и атак на информационные ресурсы [12].

Первые СОВ были узкоспециализированными. Процесс обнаружения вторжений требовал применения знаний и опыта экспертов по информационной безопасности в области анализа данных аудита, определении нормального профиля активности, создания и понимания сигнатур атак. Их функционирование ограничивалось единственной целевой средой, которая в свою очередь не была статической, а изменялась со временем. В результате такие ранние СОВ не могли детектировать новые техники атак. Чтобы соответствовать растущему объёму и сложности в результате развития информационных технологий передаваемого сетевого трафика, было предложено новое поколение СОВ. Исследования и технологии в области обнаружения вторжений перешли к новой концепции — подходам на основе сбора и анализа данных (Data Mining-подходы).

Существует два основных подхода к обнаружению атак — обнаружение аномалий и обнаружение злоупотреблений [11]. Обнаружение аномалий основано на предположении, что системе известны некоторые признаки, характеризующие нормальное или допустимое поведение объекта наблюдения, тем самым СОВ на основе обнаружения аномалий приобретает возможность выявлять некоторые неизвестные виды атак. С другой стороны, метод обнаружения злоупотреблений основывается на том, что СОВ известны некоторые признаки, характеризующие поведение злоумышленника. Чаще всего заранее известны действия атакующего задаются с помощью шаблонов (сигнатур) атак. На текущий момент большинство российский и западных разработок СОВ в качестве основного метода обнаружения вторжений используют именно сигнатурные методы [4], а методы на основе обнаружения аномалий чаще всего применяются в качестве дополнения. Это объясняется надёжностью и высоким уровнем интерпретируемости результатов работы первых, несмотря на возможность обнаружения только явно описанных видов атак. В то же время применение систем на основе технологии обнаружения аномального поведения на практике ограничено такими недостатками, как необходимость длительно и качественного обучения, высокий уровень ложных срабатываний и потребность в большом количестве вычислительных ресурсов [12, с. 35].

Таким образом, рост числа полиморфных вредоносных программ и сложных стратегий атак выявил недостатки и этих систем, что продемонстрировало необходимость в разработке более совершенных адаптивных СОВ.

Адаптивность в СОВ

Адаптивная СОВ — это система обнаружения вторжений, использующая адаптивные алгоритмы и способная

автономно развиваться и совершенствовать свои механизмы обнаружения в ответ на постоянно меняющееся поле угроз информационной безопасности. Адаптивность включает в себя несколько аспектов, в том числе гибкость при внедрении новых знаний, гибкость при смене парадигм обнаружения и сохранение эффективности на фоне появления новых векторов атак. Адаптивная СОВ характеризуется способностью обучаться на основе непрерывного потока данных, используя алгоритмы и модели, которые позволяют динамически обновлять базу знаний без прямого участия человека [28].

Чаще всего адаптивные алгоритмы реализуются с помощью методов машинного обучения. В отличие от классических алгоритмов, которые обучают модель на фиксированном наборе данных, адаптивные алгоритмы способны изменять свои параметры и поведение в реальном времени, чтобы учитывать новые данные и изменения в окружающей среде, например, изменение количества узлов, характера сетевого трафика и др. Одним из самых перспективных методов адаптивного машинного обучения является инкрементное обучение искусственных нейронных сетей, при котором новые данные обрабатываются постепенно во время работы, модифицируя уже существующую модель [9]. Другим зарекомендовавшим себя подходом к созданию адаптивных СОВ является применение искусственных иммунных систем.

Обзор литературы

В настоящее время направление развития СОВ в сторону адаптивности модели обнаружения как никогда популярно [2]. Существует множество исследований, предлагающих различные адаптивные алгоритмы выявления аномалий в сетевом трафике, основанные на таких методах машинного обучения как k -ближайших соседей (k -NN) [18, 21, 24, 27], метод опорных векторов (SVM) [19, 20, 29], метод k -средних (K -means) [10], дерево принятия решений (Decision Tree) [27], наивный байесовский классификатор (Naive Bayes) [17, 25] и байесовская сеть [1, 14], нечёткую логику [8], глубокое обучение [5, 6], ансамбли методов [13, 15, 16]. Под адаптивностью в большинстве из них понимается способ повышения эффективности обнаружения угроз с помощью алгоритмов интеллектуального анализа данных, основанный на предварительном обучении системы с целью приобретения способности обнаруживать ранее не встречающиеся угрозы. В основе данного понимания адаптивности лежит обобщающая способность. Однако обобщение также имеет свои ограничения и со временем достигает своего предела из-за новых методов атак, которые значительно отличаются от уже изученных. Предлагаемые в перечисленных исследованиях адаптивные СОВ не предусматривают автономного обучения и обновления в режиме реального времени.

Биоинспирированный метод обнаружения вторжений, основанный на применении искусственных иммунных системах предложен в статье [7]. Авторами был разработан алгоритм отрицательного отбора для обнаружения аномалий. Данный подход позволяет генерировать детекторы, которые участвуют в обнаружении аномалий. Проведенное тестирование метода продемонстрировало, что точность алгоритма составляет в среднем 96 % на наборе данных KDDCup99. В работе [3] также представлена гибридная модель COB с использованием искусственных иммунных систем. Производительность COB с точки зрения показателя частоты обнаружения (полноты) оказалась не очень высокой — 92,59 %, 75,02 %, 66,87 % и 63,39 % для классов Probe, DOS, U2R и R2L соответственно.

В некоторых других научных работах отдельно уделяется внимание вопросу онлайн-обучения COB. Так, в статье [23] предложена модель для обнаружения и предотвращения атак «нулевого дня» с использованием инкрементного обучения LMAD/PZ. В работе были исследованы и реализованы две инкрементные техники интеллектуального анализа данных — квазиоптимальный алгоритм контролируемого машинного обучения (AQ) и неконтролируемый алгоритм кластеризации Cobweb. Проведенное тестирование в онлайн-режиме этих алгоритмов показало, что AQ превосходит Cobweb по многим критериям и демонстрирует точность 93,3 %. Кроме того, бесспорным преимуществом AQ является возможность выражения нормального и аномального сетевого трафика в форме генерируемых атрибутивных правил.

Проблеме создания адаптивной COB посвящена статья [26]. Предложенное авторами решение основано на концепции машины экстремального обучения (Extreme Learning Machine) и способно обнаруживать обучаться на шаблонах данных как от существующих, так и новых типах атак. Предлагаемая COB способна функционировать как в режиме неконтролируемого обучения, так и контролируемого, получая данные об атаках от эксперта и обновляясь в соответствии с ними, затрачивая при этом сравнительно немного вычислительных ресурсов.

В научной статье [22] предложен фреймворк самообучаемой COB (SSID) для IoT-систем, позволяющей обучаться на поступающих пакетах трафика в реальном времени. Предлагаемая модель анализирует и маркирует входящие пакеты трафика, основываясь только на решениях самой COB с использованием глубокой автоассоциативной случайной нейронной сети, а также на онлайн-оценке ее статистически измеренной достоверности. Сравнение SSID с другими существующими работами, в которых реализовано самоконтролируемое обучение, показывает её преимущество перед последними. Авто-

номное и инкрементное обучение показывают лучшие результаты чем SSID на небольших объёмах данных, в связи с тем, что SSID не проходит предварительного обучения и не требует готовых наборов данных. Но с увеличением объёма данных для обучения, точность SSID должна превышать существующие аналоги.

Обсуждение

Большинство исследований, предлагающих новые методы обнаружения вторжений, направлены на повышение эффективности работы COB, увеличение показателя точности, сокращение времени обучения и т.д. COB на основе машинного обучения, и, в частности, ансамблях методов, действительно показывают очень хорошие результаты по сравнению с традиционными сигнатурными подходами.

Однако ни одна модель, основанная на «статичных» традиционных алгоритмах машинного обучения, не способна точно и последовательно обнаружить все виды атак. Одна из причин этого — постепенное изменение характеристик сетевой среды функционирования и постоянная модификация техник атак.

Кроме того, существующие модели COB обучаются и тестируются на образцах сетевого трафика из конкретных, чаще всего устаревших наборов данных. Представленные в них примеры скорее всего не будут соответствовать реальной сети, в которой планируется использовать COB. В результате точность классификации сетевого трафика на практике будет существенно ниже экспериментальных данных. Кроме того, проведенный в предыдущем исследовании сравнительный анализ различных методов машинного обучения для обнаружения вторжений показал, что для использования готовых наборов необходима их предварительная обработка [2]. Вопросы предобработки данных, удаления незначимых признаков и устранения дисбаланса представленных классов атак до сих пор являются предметом активного изучения.

Применение адаптивных методов машинного обучения в COB способно устранить многие недостатки современных подходов. Но, к сожалению, сами они также не лишены недостатков, требующих устранения. Например, при использовании инкрементного или онлайн-обучения наиболее сильно проявляются проблема катастрофического забывания и дилемма стабильности-пластичности. Тщательного исследования требуют и вопросы обеспечения безопасности и стабильности адаптивных моделей, используемых в COB, к которым предъявляются особые требования. Уязвимым местом многих COB на основе машинного обучения является подверженность состязательным атакам.

Заключение

Современные СОВ, основанные на алгоритмах интеллектуального анализа данных, демонстрируют высокую эффективность в выявлении различных видов угроз. Однако необходимо учитывать ограничения таких моделей, включая необходимость постоянного обновления и адаптации к новым методам атак. Проведенный анализ показал, что в большинстве работ не уделяется должного внимания вопросам динамического развития и обновления модели обнаружения вторжений.

Дальнейшее развитие в области адаптивных методов машинного обучения для обнаружения вторжений тре-

бует обращения внимания не только повышению точности и эффективности систем, но и обеспечению их устойчивости к новым видам атак и изменениям в сетевой среде. Важно разрабатывать модели, способные оперативно адаптироваться к динамике угроз и обеспечивать надежную защиту информационных ресурсов.

В целом, адаптивные методы машинного обучения играют ключевую роль в современной кибербезопасности и их дальнейшее развитие и совершенствование являются приоритетными задачами для обеспечения безопасности информационных систем и защиты конфиденциальности данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арустамов С.А., Дайнеко В.Ю. Применение динамической байесовской сети в системах обнаружения вторжений // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. — 2012. — №3 (79). — С. 128–133.
2. Бурлаков М.Е. Оценка эффективности адаптивных алгоритмов в системе обнаружения вторжений / М.Е. Бурлаков // Инновации в науке и практике: Сборник статей по материалам VII международной научно-практической конференции. В 5-ти частях. — Барнаул, 2018. — Т. 2. — С. 83–92.
3. Бурлаков М.Е. Система обнаружения вторжения на основе искусственной иммунной системы // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. — 2019. — № 29. — С. 209–224.
4. Гетьман А.И., Горюнов М.Н., Мацкевич А.Г., Рыболовлев Д.А., Никольская А.Г. Применение глубокого обучения для обнаружения компьютерных атак в сетевом трафике // Труды ИСП РАН. — 2023. — Т. 35, вып. 4. — С. 65–92.
5. Зуев В.Н. Обнаружение аномалий сетевого трафика методом глубокого обучения // Программные продукты и системы. — 2021. — №1. — С. 91–97.
6. Иванов А.Д., Кутищев А.А., Никитина Е.Ю. Разработка приложения для анализа сетевого трафика и обнаружения сетевых атак // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. — 2021. — № 2. — С. 57–64.
7. Коробейников А.Г. Разработка алгоритма для системы обнаружения вторжений на основе искусственных иммунных систем // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. — 2021. — № 11-3(62). — С. 21–25.
8. Корышев Н.П. Построение системы обнаружения вторжений на основе нечёткого классификатора и алгоритма «китов» // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР. — 2021. — № 1-2. — С. 196–200.
9. Орлов А.А., Абрамова Е.С. Разработка и исследование алгоритма посменного инкрементного обучения нейронной сети // Компьютерная оптика. — 2023. — Т. 47, № 3 — С. 491–497.
10. Ряполова Е. Разработка алгоритма подсистемы обнаружения вторжений / Е. Ряполова, М. Студяникова // Первая миля. — 2022. — № 3(103). — С. 70–80.
11. Труфанов В.Н., Нестеров С.Г., Огарок А.Л. Исследование сетевых систем обнаружения вторжений, использующих методы машинного обучения // Информатизация и связь. — 2023. — № 4. — С. 59–72.
12. Шелухин О.И., Сакалема Д.Ж., Филинова А.С. Обнаружение вторжений в компьютерные сети (сетевые аномалии): учеб. пособие для вузов / под ред. О.И. Шелухина. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2020. — 220 с.
13. Aburomman A., Reaz M. A novel SVM-kNN-PSO ensemble method for intrusion detection system // Applied Soft Computing. — 2016. — Vol. 38. — pp. 360–372.
14. Cemerlic A., Yang L., Kizza J.M. Network Intrusion Detection Based on Bayesian Networks // In Proceedings of SEKE. — 2008. — P. 791–794.
15. Gao X., Shan C., Hu C., Niu Z., Liu Z. An Adaptive Ensemble Machine Learning Model for Intrusion Detection // IEEE Access. — 2019. — Vol. 7. — pp. 82512–82521.
16. Ge L., Zhang H., Li H. Novel Ensemble Method Based on Improved k-nearest Neighbor and Gaussian Naive Bayes for Intrusion Detection System // Advanced Intelligent Computing Technology and Applications. — 2023. — Vol. 14087. — pp. 737–748.
17. Huang Y. Network Intrusion Detection Method Based on Naive Bayes Algorithm // 6th Asian Conference on Artificial Intelligence Technology (ACAIT), Changzhou, China, 2022, pp. 1–10.
18. Karimi Z., Torabi Z. An Adaptive k-nearest neighbor Classifier using Differential Evolution with Auto-Enhanced Population Diversity for Intrusion Detection // Research Square. — 2022.
19. Khodaskar M., Medhane D., Ingle R., Buchade A. Khodaskar A. Feature-based Intrusion Detection System with Support Vector Machine // IEEE International Conference on Blockchain and Distributed Systems Security (ICBDS). Pune, India. 2022. pp. 1–7.
20. Kim G., Lee S., Kim S. A novel hybrid intrusion detection method integrating anomaly detection with misuse detection // Expert Syst. Appl. — 2014. — Vol. 41. — pp. 1690–1700.
21. Liao Y., Vemuri V.R. Use of K-Nearest Neighbor classifier for intrusion detection // Computers & Security. — 2002. — Vol. 21(5). — pp. 439–448.
22. Nakip M., Gelenbe E. Online Self-Supervised Learning in Machine Learning Intrusion Detection for the Internet of Things, 2023, <https://arxiv.org/abs/2306.13030v1>.
23. Nasr A.A., Ezz M.M., Abdulmaged M.Z. An Intrusion Detection and Prevention System based on Automatic Learning of Traffic Anomalies // International Journal of Computer Network and Information Security(IJCNIS). — 2016. — Vol.8, No.1. — pp. 53–60.

24. Onyezewe A., Kan, A.F., Abdullahi F.B., Abdulsalami, A.O. An Enhanced Adaptive k-Nearest Neighbor Classifier Using Simulated Annealing // International Journal of Intelligent Systems and Applications. — 2022. — Vol. 13. — pp. 34–44.
 25. Panda M., Patra M.R. Network intrusion detection using naïve bayes // IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security. — 2007. — Vol.7, No.12. — pp. 258–263.
 26. Roshan S., Miche Y., Akusok A., Lendasse A. Adaptive and online network intrusion detection system using clustering and Extreme Learning Machines // Journal of the Franklin Institute. — 2018. — Vol. 355(4). — pp. 1752–1779.
 27. Singh A.P., Kumar S., Kumar A., Usama M. Machine Learning based Intrusion Detection System for Minority Attacks Classification // International Conference on Computational Intelligence and Sustainable Engineering Solutions (CISES). Greater Noida, India. 2022. pp. 256–261.
 28. Sommer R., Paxson V. Outside the Closed World: On Using Machine Learning for Network Intrusion Detection // Proceedings of the IEEE Symposium on Security and Privacy. — 2010.
 29. Thaseen I.S., Kumar C.A. Intrusion detection model using fusion of chi-square feature selection and multi class SVM // Journal of King Saud University — Computer and Information Sciences. — 2017. — Vol. 29, Issue 4. — pp. 462–472.
-

© Нестеров Сергей Геннадьевич (nesterov.s.g@edu.mirea.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНТРОПОМОРФИЗМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ВИРУСОВ

ANTHROPOMORPHISM OF COMPUTER VIRUSES

*D. Potapova
A. Brysin*

Summary. This article is devoted to the aspect of the possible biological nature of computer viruses. Anthropomorphic characteristics of computer viruses are revealed, their connection is proved. In conclusion, options for counteracting computer viruses according to an algorithm similar to biological ones are proposed, the need for the use of preventive protection measures is emphasized.

Keywords: computer virus, biological virus, disease, spread, infection, program.

Потапова Дарья Александровна

Преподаватель, МИРЭА—

Российский технологический университет

Брысин Андрей Николаевич

Кандидат технических наук, доцент, МИРЭА—

Российский технологический университет

brysin@rambler.ru

Аннотация. Статья посвящена аспекту возможной биологической природы компьютерных вирусов. Выявлены антропоморфные характеристики компьютерных вирусов, доказана их связь. В заключении предложены варианты противодействия компьютерным вирусам по алгоритму, схожему с биологическим, подчеркнута необходимость применения превентивных мер защиты.

Ключевые слова: компьютерный вирус, биологический вирус, заболевание, распространение.

На первый взгляд, может показаться, что нет ничего общего между компьютерными и биологическими вирусами, кроме названия. Однако, мы все же можем утверждать о биологической природе компьютерных вирусов и определенных сходствах данных явлений. Актуальность данной работы обусловлена одновременным качественным и количественным скачком как биологических, так и компьютерных вирусов. Технологии, вышедшие на новый уровень развития, породили не только эффективные методы обмена данными и их защиты, но также их перехвата. Чем сильнее модернизирован алгоритм защиты, тем изощрённее становятся преступления. Поэтому обратить внимание на базовый принцип работы компьютерных вредоносных программ является одной из самых актуальных задач. Ведь, если научиться понимать базовые принципы распространения и работы компьютерных вирусов, будет проще защищаться от них, не становясь их заложниками.

Биологический вирус представляет собой цепочку нуклеиновых кислот (ДНК или РНК), которая живет в клетке-хозяине, использует части клеточного механизма для размножения и высвобождает реплицированные цепочки нуклеиновых кислот для заражения большего количества клеток. Вирус часто находится в белковой оболочке или белковой оболочке, защитном покрытии, которое позволяет вирусу выживать между хозяевами.

Компьютерный вирус — это программа, предназначенная для копирования себя в другие программы с целью причинения вреда или ущерба. Вирус обычно запускается, когда он загружается в память компьютера.

Название «компьютерный вирус» происходит от термина «биологический вирус», так как было замечено, что эти два типа вирусов имеют схожие свойства. Биологический вирус представляет собой очень маленький организм, который инфицирует живые клетки и размножается, копируя себя и распространяясь по всему организму. Компьютерный вирус также мал, он инфицирует компьютеры, копирует себя и самопроизвольно распространяется на другие компьютеры через различные носители информации.

Природные вирусы в основном носят естественные условия возникновения, поскольку их можно очищать, подсчитывать и визуализировать под микроскопом, их физические и биохимические свойства (например, размер, форма, метаболические способности, капсид) наряду со специфичностью хозяина/ткани стали популярными в описании, иллюстрации и названии. Вирусов (например, вирус иммунодефицита человека). Это, в свою очередь, сформировало наше представление о вирусах как о неживых неодушевленных биологических объектах, которые, как это ни парадоксально, заразны. Большинство вирусов содержат ДНК или РНК в качестве генетического материала. Однако, в отличие от большинства живых существ, вирусы не способны делиться с образованием дочерних клеток. Вместо этого они направляют клеточный механизм на сборку новых вирусных частиц внутри клетки.

Существует более 5000 видов вирусов, и они распространяются различными способами и заражают определенные виды хозяев в зависимости от вида вируса.

Вирусы вызывают множество заболеваний у растений, животных и людей, и от них нет лекарства. Однако некоторые из них обычно устраняются иммунной системой, давая хозяину пожизненный иммунитет к этому конкретному вирусу.

Когда иммунная система вашего организма выходит из-под контроля и начинает повреждать себя, это называется аутоиммунным заболеванием. Точно так же компьютеры также могут стать жертвами таких заболеваний.

Правильно спроектированный вирус может иметь разрушительный эффект, нарушая производительность и причиняя ущерб на миллиарды долларов.

В случае заражения компьютера, резидентный тип вируса внедряет свою активную часть в оперативную память, которая при функционировании машины перехватывает абсолютно все команды системы, обращенные к инфицированным объектам, и мгновенно внедряется в них. Нерезидентные же вирусы, напротив, активны лишь в течение ограниченного времени и не влияют на работу памяти. Есть и такие вирусы, которые внедряют в оперативную память маленькие активные элементы, не несущие угрозы распространения вируса. Эти вирусы также считаются нерезидентными.

Компьютерный вирус распространяется — аналогично фазе заражения биологического вируса. Большинство вирусов также имеют деструктивную фазу атаки, когда они наносят реальный ущерб. Поскольку вирусы — это всего лишь один из типов программ, вред, который они причиняют, ничем не отличается от вреда, причиняемого любой другой программой. Они могут красть, манипулировать или уничтожать данные, а также вмешиваться в процессы компьютеризации. Определенные триггеры активируют фазу атаки, после которой вирус делает что угодно: от отображения глупых сообщений на экране до удаления всех данных. Триггером может быть конкретная дата, количество репликаций вируса или что-то подобное.

Различные белки оболочки позволяют вирусу взаимодействовать с клеткой-хозяином, которую он находит. Затем часть белковой оболочки открывается, прокалывает клеточную мембрану и откладывает вирусный геном внутри клетки. Затем белковую оболочку можно сбросить, так как вирусный геном теперь будет реплицироваться внутри клетки-хозяина. Реплицированные вирусные молекулы будут упакованы в свои собственные белковые оболочки и выпущены в окружающую среду, чтобы найти другого хозяина. Клетка считается живой, потому что она содержит все необходимые компоненты для репликации своей ДНК, роста и деления на новые клетки. Это процесс, в котором протекает вся жизнь, будь то одноклеточный организм или многоклеточный организм. Некоторые люди не считают вирус живым, потому что вирус не содержит всех механизмов, необхо-

димых для самовоспроизведения. Они сказали бы, что вирус без клетки-хозяина не может размножаться сам по себе и поэтому не является живым [1].

Тем не менее, согласно определению жизни, изложенному выше, кажется, что, когда вирус находится внутри клетки-хозяина, у него есть все механизмы, необходимые для выживания. Белковая оболочка, в которой он существует вне клетки, является эквивалентом бактериальной споры, небольшой капсулы, которую бактерии формируют вокруг себя, чтобы выжить в суровых условиях. Ученые, поддерживающие вирус как живой организм, отмечают сходство между вирусом в белковой оболочке и бактериальной спорой. Ни один из организмов не активен в своей защитной оболочке, они становятся активными только тогда, когда достигают благоприятных условий.

На самом деле единственная причина, по которой вирус вообще влияет на нас, заключается в том, что он становится активным внутри наших клеток. Кроме того, вирус имеет тенденцию развиваться вместе со своим хозяином. Самые опасные вирусы совсем недавно перешли к новому виду. Биохимия, которую они развили, чтобы жить внутри других видов, несовместима с новыми видами, и происходит повреждение и гибель клеток. Это вызывает ряд реакций, в зависимости от того, какие клетки были инфицированы [2, с. 432].

Доктор Вассенаар проводит некоторые интересные параллели, когда речь заходит о распространении или распространении вирусов. «Поскольку черви распространяются без какого-либо взаимодействия с пользователем, они подобны социально передаваемым заболеваниям, таким как грипп, которые потенциально могут заразить всех восприимчивых. Напротив, компьютерные вирусы подобны болезням, передающимся половым путем. Их распространение (через совместное использование зараженных дискет) подобно распространению ЗППП, распространение которых связано с определенными поведенческими практиками. «Логические бомбы» подобны ВИЧ, потому что они активируются только позже», — объясняет она. [3]

Как и в случае с биологическими вирусами, простые гигиенические меры могут защитить вас от компьютерных вирусов. «Точно так же, как люди часто моют руки, избегают контакта с простудными заболеваниями или используют презервативы для защиты от инфекционных заболеваний, пользователи компьютеров должны доверять (и, следовательно, не открывать) файлам, полученным по неожиданным каналам или с неизвестными расширениями или строками темы, запрашивать подтверждение у отправителя перед открытием вложений и регулярно создавать резервные копии жестких дисков, чтобы снизить риск потери данных» [3], — говорит доктор Вассенаар.

С растущей информатизацией общества необходимо также проводить профилактику борьбы с компьютерными вирусами. Даже самое дорогое антивирусное ПО способно ошибиться и пропустить вредоносный код

с сайта. Очевидно, что аналогия между компьютерными и биологическими вирусами несколько преувеличена, но сходства достаточно, чтобы название закрепилось.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пряхин П.А. Вирусы. Сходство и различие биологических и компьютерных вирусов. URL: <https://school-science.ru/3/4/32463> (дата обращения: 17.11.2023).
2. Пиневиц А.В., Сироткин А.К., Гаврилова О.В., Потехин А.А. Вирусология. учебник. СПб: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2012. — 432 с.
3. Computer viruses vs biological viruses. URL: <http://www.scienceinAfrica.com/microbiology/computer-viruses-vs-biological-viruses> (дата обращения: 15.11.2023).

© Потапова Дарья Александровна; Брысин Андрей Николаевич (brysin@rambler.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ КИБЕРУСТОЙЧИВАЯ СИСТЕМА НА ПИЩЕВЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

AUTOMATED CYBER-RESISTANT SYSTEM IN FOOD ENTERPRISES

S. Sidorin

Summary. In the modern global space, a digital revolution is currently taking place, the results of which contribute to the implementation and adaptation of digital technologies, machine learning methods and cyber-resistant systems in a manufacturing enterprise. Since the food industry is currently developing under the influence of the constant use of digital technologies, it is advisable to touch upon the topic of developing an automated cyber-resistant system in food enterprises. The aim of the article was to present a review of the literature on cybersecurity in food enterprises, based on a vertical approach, in order to identify the main topics and areas that characterize cybersecurity in the food service industry in the Industry 4.0 paradigm, and to propose a proprietary cyber-resilient system for food enterprises, which was achieved during the research process. The author's concept of an automated cyber-sustainable system in food enterprises was presented, which includes four elements: ICT, artificial intelligence method, supply chain automation and robotization of the production process. Each of the above components works under the influence of the principles of a cyber-sustainable system, which were highlighted in the context of the research: the principle of integration of production processes; use of additional sensors and the Internet of things; machine learning, big data analysis; robotization of production at food enterprises; production planning and management.

Keywords: automated cyber-resistant system, food enterprises, digital revolution, principles, technologies, threat to cybersecurity, cyber attacks and vulnerability.

Введение

Пищевая промышленность представляет собой сложную и многомерную отрасль и в то же время перспективный сектор, который ориентирован на производство сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. В него входят компании, которые производят, перерабатывают, продают и доставляют продукты питания, напитки и пищевые добавки [1].

Происходящая в мире цифровая революция влияет на пищевую промышленность и характеризуется моделью массового производства продуктов питания. Складывающаяся индустрия 4.0 предполагает внедрение промышленными компаниями технологий и процессов, усовершенствованных благодаря цифровизации, для получения конкурентных преимуществ на внутреннем и глобальном рынках [2].

Сидорин Сергей Юрьевич

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)
sarmatsid@yandex.ru

Аннотация. В современном глобальном пространстве на данный момент происходит цифровая революция, результаты которой способствуют внедрению и адаптации на производственном предприятии цифровых технологий, методов машинного обучения и киберустойчивых систем. Так как пищевая промышленность развивается в настоящее время под воздействием постоянного использования цифровых технологий, целесообразно затронуть тему разработки автоматизированной киберустойчивой системы на пищевых предприятиях. В статье была поставлена цель — представить обзор литературы по кибербезопасности на пищевых предприятиях, основанный на вертикальном подходе, для того чтобы выявить основные темы и области, характеризующие кибербезопасность в отрасли общественного питания в парадигме Индустрии 4.0, и предложить авторскую киберустойчивую систему для пищевых предприятий, которая была достигнута в процессе исследования. Была приведена авторская концепция автоматизированной киберустойчивой системы на пищевых предприятиях, включающая четыре элемента: ИКТ, метод искусственного интеллекта, автоматизация цепочек поставок и роботизация производственного процесса. Каждая из приведенных составляющих работает под воздействием принципов киберустойчивой системы, которые были выделены в контексте проводимого исследования: принцип интеграции производственных процессов; использование дополнительных датчиков и Интернета вещей; машинное обучение, анализ больших данных; роботизация производства на пищевых предприятиях; планирование и управление производством.

Ключевые слова: автоматизированная киберустойчивая система, пищевые предприятия, цифровая революция, принципы, технологии, угроза кибербезопасности, кибератаки и уязвимость.

Предприятия ресторано-гостиничного бизнеса могут извлечь выгоду из практического использования технологических ресурсов для удовлетворения потребностей населения мира в продовольственных продуктах в соответствии с принятыми нормами здравоохранения, безопасности пищевых продуктов и законодательства. Эти технологии применяются на нескольких этапах производства продуктов питания и напитков, таких как выращивание, транспортировка, обработка, а также упаковка и хранение пищевых продуктов. В частности, в последние годы концепция киберустойчивой системы позволила усовершенствовать деятельность предприятий в сфере общественного питания. Киберустойчивые системы полагаются на промышленный Интернет вещей, что обусловлено работой взаимосвязанных датчиков, приборов и дополнительных технических устройств, объединенных в сеть, включая производство и управление энергопотреблением [3].

Киберустойчивая система применяется в индустрии общественного питания благодаря использованию подключенных датчиков и контроллеров на предприятиях, инновационных способов для оптимизации обработки и принятия оперативных решений. При этом Интернет вещей вызвал существенные опасения в отношении кибербезопасности, включая риски, последствия которых выходят за рамки взаимодействия информационных систем с физическим миром [3].

Таким образом, необходимо принять адекватные меры защиты для предотвращения кибератак, которые могут изменить правильную работу предприятий с последующим потенциальным экономическим и социальным риском [1]. Кибербезопасность предполагает не только защиту информационных ресурсов от любых кибератак, но и других активов, таких как человеческие ресурсы, и, следовательно, выходит за рамки традиционной концепции информационной безопасности от киберугроз в киберпространстве [4].

Риск для сектора общественного питания становится все более значительным, о чем свидетельствуют многочисленные произошедшие киберпреступления. Так, в июне 2017 года программа-вымогатель (одна из наиболее распространенных причин киберугроз), известная как «Petya», заразила более 2000 компаний по всему миру, и впервые это коснулось индустрии общественного питания. Жертвами нападения стали компания Mondelez в США и фабрика Cadbury в Тасмании [5].

Интерес к теме возникает также из различных дискуссий исследователей, рассматривающих проблему с практической точки зрения. С.Ю. Сидорин и соавт., обсуждая, что такое кибербезопасность, признали продовольствие и сельское хозяйство одним из важнейших секторов сетевой, киберустойчивой инфраструктуры [6]. Г.А. Попов и К.Н. Штонда, обсуждая программы-вымогатели и безопасность цифровой пищевой цепи, пришли к выводу, что продовольственной и сельскохозяйственной системе нужно устранить пробелы в образовании, инвестициях и информационной прозрачности в области кибербезопасности [7].

А. Алькьюхаби в соавт. обсуждали угрозы кибербезопасности для цепочки поставок продовольствия, выделяя, по крайней мере, три канала атак: хактивистские, ответственные за DDoS-атаки для защиты окружающей среды и животных от воздействия на производство продуктов питания, локально групповые, где несколько киберпреступников участвует в атаках с целью кражи информации, глобально групповые, где значительные по масштабу группировки (национального масштаба), участвуя в политических действиях, осуществляют кибератаки с целью снижения международного суверенитета конкретной страны [8]. А. Телукдарие в соавт. обсужда-

ли низкую зрелость кибербезопасности в африканском секторе общественного питания, сообщая точку зрения вице-президента фирмы, занимающейся кибербезопасностью, которая заявила о необходимости усовершенствовать технологические элементы, способные защитить взаимосвязанную систему производства продуктов питания [9].

И.В. Машкина и И.Р. Гарипов обсудили потенциальные последствия кибератаки на систему промышленного контроля пищевых продуктов: загрязнение пищевых продуктов, угрожающее здоровью населения, физический вред работникам, увеличение износа оборудования, ущерб окружающей среде и существенные финансовые потери для компаний [10].

А. Алькьюхаби в соавт. предоставили руководство по измерению риска кибербезопасности, обуславливающего последствия и угрозы во взаимодействии нескольких сторон в организационно-хозяйственной деятельности: чтобы риск существовал, все три фактора (уязвимость, последствия, угрозы) должны быть больше нуля [11]. А. Алькьюхаби в соавт. обсудили анализ, предоставленный GlobalData, согласно которому доля производителей продуктов питания, нанимающих сотрудников в области кибербезопасности возросла с 29,7 % в феврале 2021 года до 44,6 % в феврале 2022 года, и пришли к выводу, что компании, инвестирующие в кибербезопасность, будут лучше подготовлены к преодолению в дальнейшем непредвиденных (сложно прогнозируемых) обстоятельств [12].

Актуальность работы

На сегодняшний день существует достаточно мало научных исследований, где авторы анализировали достижения в области кибербезопасности в индустрии общественного питания и предлагали собственные концепции киберустойчивых систем. Тем не менее, среди публикаций по специфике кибербезопасности в академической литературе особую значимость имеет исследование [13], поскольку оно описывает современные способы решения проблем кибербезопасности в парадигме Индустрии 4.0, которая широко использовалась в индустрии общественного питания. Однако структурные характеристики пищевых предприятий, применяемые ими цепочки поставок и задействованные продукты создают особый контекст и ситуации, которые подразумевают практическую реализацию стратегических направлений и решений в области кибербезопасности, что приводит к пробелам в существующих исследованиях. Учитывая важность кибербезопасности в отрасли общественного питания и современного общества в целом, в данном исследовании представлен обзор литературы по кибербезопасности на пищевых предприятиях, основанный на вертикальном подходе, для того чтобы

выявить основные темы и области, характеризующие кибербезопасность в отрасли общественного питания в парадигме Индустрии 4.0, и предложить авторскую киберустойчивую систему для пищевых предприятий. Этот обзор исследований отражает современное состояние кибербезопасности, предлагая отраслевой уровень знаний, который может описать, как существующие подходы решают проблемы кибербезопасности в отрасли общественного питания.

Следовательно, цель данного исследования — представить обзор литературы по кибербезопасности на пищевых предприятиях, основанный на вертикальном подходе, для того чтобы выявить основные темы и области, характеризующие кибербезопасность в отрасли общественного питания в парадигме Индустрии 4.0, и предложить авторскую киберустойчивую систему для пищевых предприятий.

Задачи исследования:

1. Представить обзор литературы по кибербезопасности на пищевых предприятиях, основанный на вертикальном подходе.
2. Выявить основные темы и области, характеризующие кибербезопасность в отрасли общественного питания в парадигме Индустрии 4.0.
3. Предложить авторскую киберустойчивую систему для пищевых предприятий.

Материалы и методы

Для представления обзора литературы по кибербезопасности на пищевых предприятиях, основанного на вертикальном подходе, автором статьи был проведён анализ научно-прикладной литературы.

Помимо метода обзора и анализа научно-прикладной литературы, автором статьи использовался метод индукции, дедукции, систематизации, графического представления информации, абстрактно-логический метод, метод построения автоматизированной киберустойчивой системы.

Результаты и их обсуждение

В процессе проведения исследования был сделан обзор литературы по кибербезопасности на пищевых предприятиях, результаты которого отражены в блоках введения и актуальности работы данной статьи. Систематический обзор литературы позволил выделить основные темы и области, характеризующие кибербезопасность в отрасли общественного питания:

1. Автоматизированная киберустойчивая система;
2. Уязвимость и кибератаки;
3. Цифровая революция отрасли общественного питания;

4. Использование парадигмы Индустрии 4.0 в развитии отрасли общественного питания;
5. Специфика работы пищевых предприятий.

В связи с имеющейся актуальностью и практической значимостью поднимаемого в статье вопроса автор разработал концепцию автоматизированной киберустойчивой системы для пищевых предприятий, которая приведена на рисунке 1.

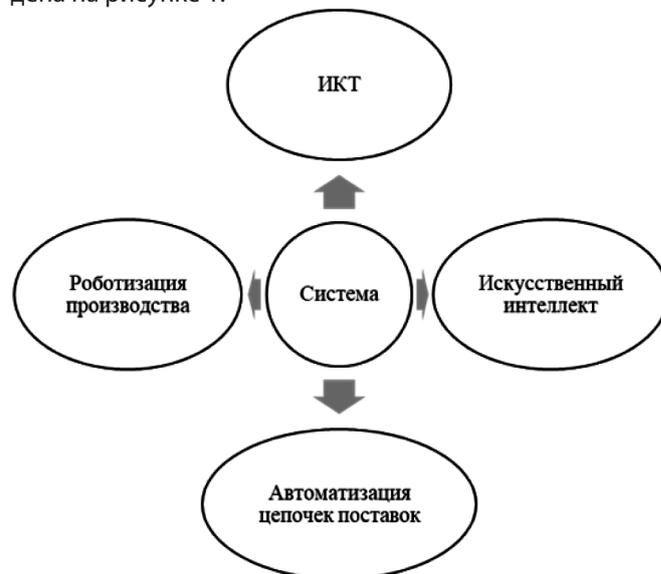


Рис. 1. Концепция автоматизированной киберустойчивой системы для пищевых предприятий
Источник: разработано автором.

Составляющими автоматизированной киберустойчивой системы пищевых предприятий выступают:

1. Методы искусственного интеллекта, позволяющие осуществлять спектр работ машинного обучения и анализировать значительные массивы данных;
2. Роботизация пищевого производства необходима для ускорения происходящих в пищевом производстве бизнес-процессов, оптимизации действий при реализации производства;
3. ИКТ способствуют интеграции производственных процессов, использованию дополнительных датчиков и Интернета вещей;
4. Автоматизация цепочек поставок подразумевает оптимальное планирование и управление производством.

Помимо проиллюстрированной на рисунке 1 концепции автоматизированной киберустойчивой системы для пищевых предприятий, предлагаются принципы её работы, представленные в таблице 1.

Исходя из представленных в таблице 1 принципов, преимущества автоматизированной киберустойчивой системы для пищевых предприятий включают повыше-

Таблица 1.
Принципы работы концепции автоматизированной киберустойчивой системы для пищевых предприятий

Принцип	Содержание
Принцип интеграции производственных процессов	Объединение автоматизированной киберустойчивой системой всех этапов производства, включая поставки продукции, доставку готового результата. Принцип позволяет регулировать деятельность любых производственных подразделений, а также оптимизировать производственные бизнес-процессы
Использование дополнительных датчиков и Интернета вещей	Сбор данных о современном состоянии производственного оборудования, качестве материалов, влажности, температуре в помещениях, что способствует своевременному реагированию на изменения в реальном времени, предупреждать возможные проблемы
Машинное обучение, анализ больших данных	Посредством встроенных в киберустойчивую систему алгоритмов можно оптимизировать производственные процессы, смоделировать потребительский спрос, оптимально управлять запасами, а также реализовывать оптимальную производственную стратегию и направления по снабжению
Роботизация производства на пищевых предприятиях	Исполнение рутинных задач, например, сортировка и упаковка продукции, а также подача готовой продукции
Планирование и управление производством	Оптимизация производственного планирования, рациональное управление запасами, транспортной логистики и производственного контроля

Источник: разработано автором.

ние эффективности производства, снижение затрат, увеличение качества и безопасности продукции, сокращение времени реакции на изменения рыночных условий, а также повышение конкурентоспособности пищевого предприятия в целом.

Выводы

В исследовании был представлен обзор литературы по кибербезопасности на пищевых предприятиях, основанный на вертикальном подходе.

Выявлены основные темы и области, характеризующие кибербезопасность в отрасли общественного питания в парадигме Индустрии 4.0.

Предложена авторская автоматизированная киберустойчивая система для пищевых предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

- Luque A. et al. State of the Industry 4.0 in the Andalusian food sector // *Procedia Manufacturing*. — 2017. — Vol. 13. — P. 1199-1205.
- Castelo-Branco I., Cruz-Jesus F., Oliveira T. Assessing Industry 4.0 readiness in manufacturing: Evidence for the European Union // *Computers in Industry*. — 2019. — Vol. 107. — P. 22–32.
- Boye A.C., Kearney P., Josephs M. Cyber-risks in the industrial internet of things (IIoT): Towards a method for continuous assessment // *Information Security: 21st International Conference, ISC 2018, Guildford, UK, September 9–12, 2018, Proceedings 21*. — Springer International Publishing, 2018. — P. 502–519.
- Von Solms R., Van Niekerk J. From information security to cyber security // *Computers & security*. — 2013. — Vol. 38. — P. 97–102.
- Latino M.E., Menegoli M. Cybersecurity in the food and beverage industry: A reference framework // *Computers in Industry*. — 2022. — Vol. 141. — P. 103702.
- Сидорин С.Ю., Благовещенский И.Г., Соболева Е.А., Шармаев В.И. Киберустойчивость предприятий пищевой промышленности: определение потенциальных векторов атаки // *Вопросы защиты информации*. — 2023. — № 3. — С. 51–58.
- Попов Г.А., Штонда К.Н. Процедура оценки информационной безопасности АСУТП на основе классификации важности показателей // *Вестник АГТУ*. — 2008. — № 1 (42). — С. 66–73.
- Alqudhaibi A. et al. Cybersecurity 4.0: safeguarding trust and production in the digital food industry era // *Discover Food*. — 2024. — Vol. 4. — No. 1. — P. 1–18.
- Telukdarie A. et al. Industry 4.0 Technological Advancement in the Food and Beverage Manufacturing Industry in South Africa—Bibliometric Analysis via Natural Language Processing // *Information*. — 2023. — Vol. 14. — No. 8. — P. 454.
- Машкина И.В., Гарипов И.Р. Разработка ЕРС-моделей угроз нарушения информационной безопасности автоматизированной системы управления технологическими процессами // *Безопасность информационных технологий*. — 2019. — Т. 26. — № 4. — С. 6–20.
- Alqudhaibi A. et al. Safeguarding food industry: understanding cyberthreats and ensuring cybersecurity // *Engineering Proceedings*. — 2023. — Vol. 40. — No. 1. — P. 11.
- Alqudhaibi A. et al. Predicting Cybersecurity Threats in Critical Infrastructure for Industry 4.0: A Proactive Approach Based on Attacker Motivations // *Sensors*. — 2023. — Vol. 23. — No. 9. — P. 4539.
- Latino M.E., Menegoli M. Cybersecurity in the food and beverage industry: A reference framework // *Computers in Industry*. — 2022. — Vol. 141. — P. 103702.

© Сидорин Сергей Юрьевич (sarmatsid@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РЕВОЛЮЦИЯ НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАНИИ: ОБРАЗОВАНИЕ 2.0

EDUCATION 2.0: THE REVOLUTION OF NEW INFORMATION TECHNOLOGIES IN EDUCATION

**E. Sitnyakovskaya
I. Pertsev**

Summary. This article presents an analysis of the impact of modern information technologies on education. Attention is focused on examining key innovative technologies, including mobile learning, Learning Management Systems (LMS), cloud services, blockchain technology, and their integration into the educational process. The importance of applying artificial intelligence for the personalization of the educational process is emphasized, and the contribution of virtual reality (VR), augmented reality (AR), and mixed reality (MR) in creating immersive and interactive learning environments is analyzed. The role of assistants based on artificial intelligence and chatbots in enhancing the efficiency of the learning process and in the interaction of students with course content is considered. The article provides an overview of the advantages and limitations of the aforementioned technologies, as well as their potential for improving the quality and accessibility of educational services.

Keywords: information technologies, mobile learning, learning management systems, immersive technologies, artificial intelligence.

Ситняковская Елена Игоревна

Кандидат технических наук, доцент,
Сибирский государственный университет
телекоммуникаций и информатики, г. Новосибирск
ms.eis@mail.ru

Перцев Игорь Владимирович

Кандидат технических наук, доцент,
Сибирский государственный университет
телекоммуникаций и информатики, г. Новосибирск
igornsk65@yandex.ru

Аннотация. В статье представлен анализ воздействия современных информационных технологий на образование. Внимание сосредоточено на изучении ключевых инновационных технологий, включая мобильное обучение, системы управления обучением (LMS), облачные сервисы, технологию блокчейн и их интеграцию в образовательный процесс. Акцентируется важность применения искусственного интеллекта для персонализации образовательного процесса и анализируется вклад виртуальной реальности (VR), дополненной реальности (AR) и смешанной реальности (MR) в создание погружающих и взаимодействующих учебных сред. Рассмотрена роль ассистентов, основанных на искусственном интеллекте, и чат-ботов в усилении эффективности учебного процесса и во взаимодействии студентов с курсовым контентом. Статья представляет собой обзор преимуществ и ограничений вышеупомянутых технологий, а также их потенциала для повышения качества и доступности образовательных услуг.

Ключевые слова: информационные технологии, мобильное обучение, системы управления обучением, иммерсивные технологии, искусственный интеллект.

Введение

В эпоху глобализации и цифровизации общества, роль инновационных технологий в развитии образовательной системы становится все более значимой. Их актуальность обусловлена неотложной задачей подготовки квалифицированных специалистов, способных эффективно функционировать в условиях постоянно эволюционирующего технологического окружения. Интеграция цифровых технологий в образовательный процесс не только улучшает его качество и доступность, но и ведет к формированию необходимого набора компетенций для успешной адаптации к требованиям современного цифрового мира.

В феврале 2024 года опубликован отчет агентства Smart Ranking, в котором зафиксирован рекордный рост объема российского рынка онлайн-образования. За 2023 год объем рынка увеличился на 32 % и составил 119,33 млрд рублей [1]. Крупнейшим холдингом об-

разовательных технологий по доходам в 2023 году стал Skillbox Holding (10,4 млрд рублей) [2].

По прогнозу крупной компании HolonIQ (США) расходы на обучение и образование в мире к 2030 году должны достичь 10 триллионов долларов. Это обусловлено не только ростом населения в развивающихся странах, но и взрывным ростом новых технологий, которые стимулируют беспрецедентное переобучение и повышение квалификации в развитых экономиках [3].

1. Обзор ключевых информационных технологий в образовании

Ключевые технологии, которые будут определять развитие электронного образования в период с 2023 по 2030 год: облачные технологии, искусственный интеллект (AI) и машинное обучение (ML), технологии блокчейна, виртуальная и дополненная реальность (VR/AR), большие данные и аналитика. Эти технологии предла-

гают новые подходы к обучению, администрированию и взаимодействию в образовательной среде, открывают перспективы для создания более гибких, индивидуализированных и интерактивных форм обучения.

1.1. Облачные технологии в образовании

Облачные технологии в образовании открывают огромные возможности для доступа к образовательным ресурсам, хранения данных и совместной работы учащихся и учителей. Сервисы, такие как Skillbox Holding, Skyeng (<https://skyeng.ru/>), Синергия (<https://synergy.ru/>), Яндекс Практикум (<https://practicum.yandex.ru/>), Like Центр (<https://likecentre.ru/>) и другие позволяют обеспечивать эффективное взаимодействие между участниками образовательного процесса и позволяют в любое время получить доступ к нужным материалам и заданиям, повысить свою квалификацию, расширить свои компетенции. В образовательной сфере наиболее эффективно применяются следующие модели и сервисы облачных технологий [4-6]:

Программное обеспечение как услуга (SaaS): обеспечивает учебные заведения и учащихся программным обеспечением, доступным через интернет, без необходимости в установке и поддержке на локальных машинах. Это идеально подходит для образовательных платформ, систем управления обучением (LMS), и инструментов совместной работы, таких как Google Workspace или Microsoft 365, которые способствуют организации учебного процесса, обмену материалами и выполнению заданий онлайн.

Инфраструктура как услуга (IaaS): IaaS предлагает виртуализированные вычислительные ресурсы (виртуальные машины, хранение данных), что позволяет образовательным учреждениям легко масштабировать свои ресурсы в зависимости от текущих потребностей без значительных инвестиций в реальное техническое оборудование. Это особенно полезно для поддержки онлайн-курсов, виртуальных лабораторий и исследовательских проектов.

Платформа как услуга (PaaS): PaaS облачная платформа и набор инструментов для разработки, тестирования, развертывания и управления приложениями и веб-сервисами без необходимости заботиться о поддержке базовой инфраструктуры. Это способствует интеграции образовательных приложений и сервисов.

Функция как услуга (FaaS) или Безсерверные вычисления: FaaS позволяет образовательным учреждениям и разработчикам запускать код без необходимости управления серверами. Это обеспечивает высокую масштабируемость и экономичность для разработки и поддержки образовательных приложений и сервисов, кото-

рые реагируют на действия пользователей в реальном времени, например, автоматическую обратную связь на задания или адаптивное обучение.

1.2. Мобильное обучение (m-learning)

Мобильное обучение, или m-learning — это одна из форм электронного образования e-learning, образовательный процесс, осуществляемый через мобильные устройства (смартфоны, планшеты и другие портативные гаджеты).

Мобильное обучение выходит на передовые позиции благодаря распространенности смартфонов и планшетов. В январе 2024 г. доля мирового рынка настольных компьютеров составила 39,75 %, а мобильных устройств — 58,22 %, планшеты занимают всего 2,03 % [7]. В России также наблюдается бурный рост использования мобильных устройств вместо традиционных настольных компьютеров. За 10 лет с 2013 года произошел существенный сдвиг: процент пользователей, предпочитающих мобильные устройства, увеличился с 7,17 % до 38,44 %, в то время как доля пользователей стационарных компьютеров сократилась с 92,83 % до 61,56 % [8]. Статистика показывает актуальность активного использования мобильных гаджетов для обучения.

Это направление идеально подходит для развития «обучения в дороге» и поддерживает постоянный доступ к учебным материалам и курсам с помощью специализированных приложений и мобильных версий обучающих платформ.

Разновидности мобильного обучения представлены ниже.

Мобильные платформы e-learning: платформы, которые адаптированы для мобильных устройств, предоставляя курсы и образовательный контент. Например: **Skyeng** — приложение для изучения иностранных языков; **GetCourse** — инструмент для управления онлайн-курсами; **Stepik** — можно подобрать и пройти онлайн-курсы в разных областях знаний от EDTECH-компаний и университетов; **Фоксфорд** — платформа, на которой доступно более 4000 теоретических материалов по школьной программе и более 500 видеозанятий от преподавателей МГУ, МФТИ, ВШЭ и других университетов [8].

Аудио и видео подкасты: Материалы в аудио или видео форматах, доступные для прослушивания или просмотра на мобильных устройствах (например: **Science Bar Hopping** — молодые ученые о науке и жизни, **Наука в ладошке** — рассказывает о биологии, ветеринарии, здоровье, **Сто лет — сто лекций** — история 20 века сквозь призму литературы и многие другие) [9].

LMS с открытым кодом и облачные LMS

Название	Основные функциональные возможности	Достоинства	Недостатки	Ссылка
Платформы LMS с открытым кодом				
Moodle	Создание курсов, управление пользователями, форумы, викторины, отчеты	Гибкость, масштабируемость, большое сообщество	Требует технических знаний для настройки и управления	https://moodle.org/
Sakai	Коллаборативные инструменты, управление курсами, поддержка портфолио	Поддержка комплексного обучения и исследований, высокая степень настраиваемости	Сложность в использовании и настройке для новых пользователей	https://www.sakailms.org/
Chamilo	Курсы онлайн, тесты, инструменты социального обучения	Простота использования и установки	Может быть ограничен по функциональности по сравнению с другими системами	https://chamilo.org/
Облачные LMS				
Google Classroom	Создание и распределение заданий, коммуникация, классный журнал	Интеграция с Google Apps, простота использования	Ограниченные возможности управления и настройки по сравнению с полноценными LMS	https://classroom.google.com/
Canvas Free for Teachers	Инструменты для обучения и оценки, интеграция с множеством веб-сервисов	Интуитивно понятный интерфейс, обширные возможности для интеграции	Ограничения функциональности в бесплатной версии	https://www.instructure.com/try-canvas
Edmodo	Сетевое взаимодействие между учениками и учителями, задания, календарь, родительский доступ	Простота использования, хорошо подходит для среднего образования	Недостаток расширенных функций управления и аналитики	https://www.edmodo.com/

1.3. Системы управления обучением (LMS)

Системы управления обучением (LMS — Learning Management System), такие как Moodle, Blackboard и Canvas, предоставляют эффективные инструменты для управления курсами, отслеживания успеваемости и взаимодействия в образовательных учреждениях. Но, в отличие от Moodle, Blackboard и Canvas — платные и достаточно дорогие системы. LMS позволяет преподавателям создавать курсы онлайн, назначать задания и тесты, вести диалог со студентами и проводить оценку их работы в цифровом формате. Для обучающихся LMS служит унифицированной платформой для получения образовательных материалов, выполнения заданий и получения обратной связи от преподавателей. В последнее время появились облачные LMS, которые предлагают бесплатный доступ, хотя и с некоторыми ограничениями по функциональности или количеству пользователей. В таблице 1 представлены несколько известных LMS с открытым кодом и облачных LMS и их функциональные характеристики.

2. Искусственный интеллект (AI) и машинное обучение (ML)

Персонализированное обучение: AI и ML способны адаптировать учебные материалы под индивидуальные нужды учащихся, учитывая их знания, стиль обучения

и скорость прогресса. Это позволяет создавать динамичные обучающие программы, которые могут на лету корректироваться для максимизации эффективности обучения.

Системы ИИ, персонализирующие доставку контента, используют различные алгоритмические модели: совместная фильтрация, фильтрация на основе контента и гибридные модели. Совместная фильтрация рекомендует материалы, опираясь на предпочтения и поведение похожих пользователей. Фильтрация на основе содержания предлагает материалы в зависимости от характеристик самого контента. Гибридные модели сочетают в себе оба этих подхода, учитывая как поведение пользователя, так и атрибуты контента, что повышает точность рекомендаций и способствует более точной персонализации обучения [10].

В настоящее время широкое распространение в образовании получили чат-боты [11]. Они позволяют индивидуализировать учебный процесс и повысить его доступность. Чат-боты предоставляют обучающимся возможность получать мгновенные ответы на их вопросы, могут адаптировать обучающие материалы под индивидуальные потребности каждого учащегося, способствуя более эффективному и персонализированному обучению [12,13].

Автоматизация административных задач: Применение ИИ для автоматизации рутинных задач, таких как оценка тестов, учет посещаемости и обработка административных запросов, существенно снижает нагрузку на преподавателей и административный персонал, позволяя им сосредоточиться на более важных аспектах образовательного процесса. Во многих вузах чат-боты помогают студентам освоиться, отвечая на часто возникающие организационные вопросы, тем самым разгружая занятых сотрудников. 99,4% из 509 высших учебных заведений США заявляют, что ИИ в образовании и обучении будет способствовать повышению конкурентоспособности их вузов в ближайшие три года [14].

3. Блокчейн технологии

Технологии блокчейна находят широкое применение в образовательных системах многих стран (Япония, Сингапур, США и др). Блокчейн обеспечивает эффективный обмен данными и хранение академических достижений [15].

Безопасное хранение учебных записей: Блокчейн предлагает решение для безопасного хранения академических достижений и сертификатов, обеспечивая их неподдельность и доступность при проверке квалифи-

каций без необходимости обращения в образовательные учреждения [16].

Сертификация и верификация достижений: Использование блокчейна для создания цифровых баджей и сертификатов позволяет учащимся легко демонстрировать свои достижения и навыки, что особенно актуально в условиях растущей популярности онлайн-курсов и неформального образования. Начиная с 2018 года выпускники Массачусетского технологического университета (Бостон, США) получают цифровые дипломы, защищенные от подделок, на основе технологий блокчейна [9]. Технология блокчейн расширяет возможности сотрудничества между учебными заведениями и производственными компаниями. Это позволяет осуществлять направленную подготовку кадров, соответствующих специфическим требованиям профессиональной сферы, с нужными компетенциями и опытом работы над конкретными задачами [17].

4. Иммерсивные технологии в образовании

Иммерсивные технологии (Extended Reality — XR), такие как виртуальная (VR), дополненная (AR) и смешанная реальность (MR), революционизируют подход к образованию, предлагая новые методы обучения и взаимо-

Таблица 2.

Сравнение иммерсивных технологий в образовании

Технология	Принцип действия	Достоинства в учебном процессе	Недостатки	Варианты наборов оборудования по стоимости
VR (Виртуальная реальность)	Создание полностью виртуального мира, в который погружается пользователь, используя специальное оборудование (шлемы, очки)	— Полное погружение и концентрация на учебном материале. — Возможность визуализации сложных объектов и процессов. — Безопасность проведения опасных или недоступных экспериментов.	— Высокая стоимость и сложность оборудования. — Может вызывать укачивание или дискомфорт у некоторых пользователей.	— Высокая: системы с точным трекингом HTC Vive Pro, Oculus Rift S — Средняя: стандартные VR-шлемы, Oculus Quest 2 — Низкая: VR-очки для смартфонов, Google Cardboard, Samsung Gear VR
AR (Дополненная реальность)	Наложение виртуальных объектов на реальное окружение пользователя через экраны устройств (смартфоны, планшеты, очки)	— Интерактивность и улучшение восприятия реального мира. — Удобство использования с существующими смартфонами и планшетами. — Поддержка мобильного и гибкого обучения.	— Ограниченное погружение по сравнению с VR. — Зависит от качества и возможностей пользовательского оборудования.	— Высокая: профессиональные AR-очки, Microsoft HoloLens — Средняя: AR-очки среднего класса, Epson Moverio BT-300 — Низкая: Приложения для смартфонов и планшетов: Star Walk 2 (iOS и Android), Anatomy 4D (iOS и Android)
MR (Смешанная реальность)	Сочетание VR и AR, создающее новую среду для взаимодействия с виртуальными объектами в реальном времени и пространстве с помощью специального оборудования	— Глубокое погружение с возможностью взаимодействия с реальным миром. — Возможность комплексного взаимодействия с учебным материалом. — Повышение практических навыков через взаимодействие с виртуальными объектами	— Высокая стоимость и сложность оборудования. — Технические требования для интеграции с реальной средой. — Технология находится на начальных этапах развития	— Высокая: профессиональные MR-системы с продвинутыми сенсорами и шлемами, Microsoft HoloLens 2. — Средняя: носимый компьютер (Lightpack), контроллер и очки смешанной реальности (Lightwear), Magic Leap One — Низкая: Пока отсутствуют доступные варианты

действия. Эти технологии обогащают учебный процесс, делая его более интерактивным и погружающим [18-21].

VR (Виртуальная реальность) — Virtual Reality. Технология, создающая полностью виртуальную среду, в которую пользователь может погрузиться с помощью специального оборудования, такого как VR-очки и контроллеры, обеспечивая ощущение полного присутствия.

AR (Дополненная реальность) — Augmented Reality. Технология, которая накладывает виртуальные объекты на изображение реального мира, обычно с использованием камеры смартфона или планшета, позволяя пользователю видеть смесь реального и виртуального миров.

MR (Смешанная реальность) — Mixed Reality. Эта технология сочетает в себе элементы VR и AR, позволяя виртуальным объектам и информации взаимодействовать с реальным миром в реальном времени. MR требует специализированного оборудования, такого как HoloLens от Microsoft, которое позволяет пользователям видеть и взаимодействовать с виртуальными объектами, как будто они находятся в их физическом пространстве.

Выше приведена таблица сравнения этих технологий для того, чтобы дать обзор каждой, выделить ключевые характеристики, преимущества и недостатки в контексте образовательного процесса, а также привести примеры оборудования различного ценового диапазона, подходящего для их реализации.

Заключение

Информационные технологии радикально меняют подход к образованию, делая его более персонализированным, доступным и эффективным. Ключевые технологии, такие как облачные сервисы, мобильные приложения для обучения, LMS, а также передовые разработки в области ИИ, XR, открывают новые горизонты для студентов и преподавателей. Таким образом, интеграция информационных технологий в образовательные процессы не только трансформирует методы обучения, но и формирует основу для непрерывного развития и совершенствования в условиях глобальной цифровой экономики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Онлайн-образование (рынок России), URL: [tadviser.ru/index.php/Статья:Онлайн-образование_\(рынок_России\)#.2A_.D0.A0.D0.BE.D1.81.D1.81.D0.B8.D0.B9.D1.81.D0.BA.D0.B8.D0.B9_.D1.80.D1.8B.D0.BD.D0.BE.D0.BA_.D0.BE.D0.BD.D0.BB.D0.B0.D0.B9.D0.BD-.D0.BE.D0.B1.D1.80.D0.B0.D0.B7.D0.BE.D0.B2.D0.B0.D0.BD.D0.B8.D1.8F_.D0.B7.D0.B0_.D0.B3.D0.BE.D0.B4_.D0.B2.D1.8B.D1.80.D0.BE.D1.81_.D0.BD.D0.B0_.D1.82.D1.80.D0.B5.D1.82.D1.8C_.D0.9B.D0.B8.D0.B4.D0.B5.D1.80.D1.8B](http://tadviser.ru/index.php/Статья:Онлайн-образование_(рынок_России)#.2A_.D0.A0.D0.BE.D1.81.D1.81.D0.B8.D0.B9.D1.81.D0.BA.D0.B8.D0.B9_.D1.80.D1.8B.D0.BD.D0.BE.D0.BA_.D0.BE.D0.BD.D0.BB.D0.B0.D0.B9.D0.BD-.D0.BE.D0.B1.D1.80.D0.B0.D0.B7.D0.BE.D0.B2.D0.B0.D0.BD.D0.B8.D1.8F_.D0.B7.D0.B0_.D0.B3.D0.BE.D0.B4_.D0.B2.D1.8B.D1.80.D0.BE.D1.81_.D0.BD.D0.B0_.D1.82.D1.80.D0.B5.D1.82.D1.8C_.D0.9B.D0.B8.D0.B4.D0.B5.D1.80.D1.8B), (дата обращения 08.02.2024)
2. Skillbox Holding Limited стал лидером EdTech-рынка, URL: <https://skillbox.ru/media/business/skillbox-holding-limited-stal-liderom-edtechrynka/>, (дата обращения 08.02.2024)
3. Over one billion more secondary and post-secondary graduates by 2030, URL: <https://www.holoniq.com/notes/10-trillion-global-education-market-in-2030>, (дата обращения 08.02.2024)
4. Terra J. Different Types of Cloud Computing — Comprehensive Guide, URL: <https://www.simplilearn.com/types-of-cloud-computing-article>, (дата обращения: 08.02.2024)
5. Итинсон К.С. Облачные технологии в образовании: концепция и реальность // БГЖ. 2020. №4 (33). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/oblachnye-tehnologii-v-obrazovanii-kontsepsiya-i-realnost> (дата обращения: 08.02.2024).
6. Куракин Олег Валерьевич, Шудабаев Рамиль Маратович, Сарсенбаева Жаныл Применение облачных технологий в образовании // НИИ/S&R. 2023. №1 (13). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-oblachnyh-tehnologiy-v-obrazovanii> (дата обращения: 08.02.2024).
7. StatCounter Global Stats, URL: <https://gs.statcounter.com/platform-market-share/desktop-mobile-tablet>, (дата обращения 06.02.2024).
8. Обучение с телефона. Топ-15 мобильных приложений российского EDTECH URL: <https://edtechs.ru/analitika-i-intervyu/obuchenie-s-telefona-top-15-mobilnyh-prilozhenij-rossijskogo-edtech/>, (дата обращения 09.02.2024)
9. Киборги, феминитивы и современное искусство: 14 прекрасных образовательных подкастов, URL: <https://journal.tinkoff.ru/list/education-podcasts/#natural-sciences> (дата обращения 06.02.2024).
10. Raza, Falsk. (2023). AI in Education: Personalized Learning and Adaptive Assessment. 10.13140/RG.2.2.24796.77446, URL: https://www.researchgate.net/publication/375722799_AI_in_Education_Personalized_Learning_and_Adaptive_Assessment (дата обращения 06.02.2024).
11. 9 способов применения чат-ботов в образовании в 2024 году: тренды, URL: <https://www.retail.ru/rbc/pressreleases/vseinstrumenty-ru-rossiyane-skupayut-elki-po-pro-igrushki-poka-ne-dumayut/>, (дата обращения 07.02.2024)
12. Потапов Д.А. Обзор современных технологий создания чат-ботов / Д.А. Потапов // Бизнес и информационные технологии, 2017. — №4. — С. 5–8.
13. Волков, С.В. Использование чат-ботов в современном образовании / С.В. Волков, А.С. Волков // Большие данные в образовании: Сборник статей по итогам международной конференции, Москва, 29–31 августа 2019 года. — Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «Экон-Информ», 2020. — С. 22–27. — EDN VSFDFP.
14. How Effective is AI in Education? 10 Case Studies and Examples, URL: <https://axonpark.com/how-effective-is-ai-in-education-10-case-studies-and-examples/>, (дата обращения 06.02.2024).
15. Кузнецова В.П., Бондаренко И.А. Блокчейн как инструмент цифровой экономики в образовании // JER. 2018. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/blokcheyn-kak-instrument-tsifrovoy-ekonomiki-v-obrazovanii> (дата обращения: 08.02.2024).

16. Токтарова В.И., Вершинин Н.А. Технология блокчейн в системе высшего образования: возможности и перспективы внедрения // Вестник Марийского государственного университета. 2023. №1 (49). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-blokcheyn-v-sisteme-vysshego-obrazovaniya-vozmozhnosti-i-perspektivy-vnedreniya> (дата обращения: 08.02.2024).
17. Павленко А.А. Блокчейн в образовании: новые горизонты для обеспечения прозрачности и безопасности: сборник трудов конференции. // Актуальные вопросы гуманитарных и социальных наук: от теории к практике: материалы III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участ. (Чебоксары, 16 нояб. 2023 г.) / редкол.: Ж. В. Мурзина [и др.] — Чебоксары: ИД «Среда», 2023. — С. 90–92. — ISBN 978-5-907688-82-7.
18. Obeidallah, Randa & Ahmad, Ayat & Qutishat, Duha. (2023). Challenges of Extended Reality Technology in Higher Education: A Review. International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET). 18. 39–50. 10.3991/ijet.v18i14.39871.
19. Mourtzis, Dimitris and Angelopoulos, John and Panopoulos, Nikos, Extended Reality (XR) Applications for Engineering Education 5.0 (June 5, 2023). Proceedings of the 13th Conference on Learning Factories (CLF 2023), Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4470086> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4470086>
20. Давыдова Д., Курганов А.А., Ляпунов В.Е., Гильванов Р.Г. Применение иммерсивных технологий в образовательном процессе вуза // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2023. №2 (34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-immersivnyh-tehnologiy-v-obrazovatelnom-protsesse-vuza> (дата обращения: 09.02.2024).
21. Напсо М.Д. VR и AR-технологии в образовательном процессе // Этносоциум и межнациональная культура. 2023. №182. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vr-i-ar-tehnologii-v-obrazovatelnom-protsesse> (дата обращения: 09.02.2024).

© Ситняковская Елена Игоревна (ms.eis@mail.ru); Перцев Игорь Владимирович (igornsk65@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЯЗЫКОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗАДАЧ ВЕРИФИКАЦИИ

POSSIBILITY OF USING FUNCTIONAL LANGUAGES TO AUTOMATE VERIFICATION TASKS

I. Sokolov

Summary. Interpreted programming languages with dynamic typing allow you to write programs and even entire systems quickly enough. However, the problems of specification and verification of programs written in such languages are practically not amenable to automation and are often performed manually. In this paper, a method of automated verification of programs written in languages with dynamic typing is proposed. To solve problems with types, the program is translated into a functional programming language that is used as a specification language with subsequent parameterization of arguments and the construction of a full-fledged model for property-based testing.

Keywords: program verification, testing, functional programming languages, specification, formal methods, property-based testing.

Соколов Илья Николаевич

Аспирант, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики
sokolov@orfun.ru

Аннотация. Интерпретируемые языки программирования с динамической типизацией позволяют достаточно быстро писать программы и даже комплексы программ. Однако проблемные вопросы спецификации и верификации программ, написанных на таких языках практически, не поддаются автоматизации и зачастую выполняются вручную. В данной статье предложен метод автоматизированной верификации программ, написанных на языках с динамической типизацией. Для решения вопросов с типами программа транслируется в функциональный язык программирования который используется в качестве языка спецификации с последующей параметризацией аргументов и построением полноценной модели для property-based тестирования.

Ключевые слова: верификация программ, тестирование, функциональные языки программирования, спецификация, формальные методы, property-based testing.

Введение

Процесс спецификации является важным элементом для многих процессов, связанных с разработкой программного обеспечения. Спецификация представляет собой детальный набор требований к программному обеспечению (ПО) [1] и используется как для документирования, так и для автоматизации процессов тестирования или оптимизации. Автоматизировать процесс генерации тестовых наборов для верификации программного обеспечения возможно с использованием имеющейся спецификации [2]. Спецификация при этом может быть написана вручную, или сгенерирована автоматически. Сложность автоматической генерации спецификации, будет при этом напрямую зависеть от метода типизации в используемом языке программирования. В случае использования языка со статической типизацией, спецификация может быть получена в том числе из сигнатур функций, классов, методов или иных элементов языка, а также эффективно дополнена средствами статического или динамического анализа кода [3]. Большинство ошибок в таких языках обнаруживаются в процессе компиляции программы.

При написании программ на языках программирования (ЯП) с динамической типизацией, получение спецификации программ может быть затруднительно [4]. В таких языках нет необходимости прямого указания типов при объявлении переменных или аргументов функции.

Проверка типов при этом производится во время фактического исполнения операций и получить ошибку в таких языках можно просто если перед операцией не привести переменную к нужному типу вручную.

Статический анализ кода может выявить лишь некоторые ошибки, так как процесс анализа подразумевает только проверку по различным шаблонам. Эффективными могут оказаться инструментальные средства «динамического анализа». В таком случае фрагменты кода запускаются в какой-либо среде [4]. В том числе, существуют подходы с использованием методов машинного обучения, которые позволяют имитировать исполнение программы и получать отчет о процессе ее исполнения [5], однако отмеченные выше вопросы при этом лишь частично разрешаются. Сложности спецификации в языках с динамическими типами зачастую влекут за собой вопросы, связанные с верификацией. При этом ошибку допустить гораздо проще чем при программировании на языках с типизацией статической. Этот факт увеличивает нагрузку в вопросах написания модульных тестов.

Функциональные языки программирования менее популярны в разработке, однако отличаются сильной и статической типизацией. В программах на таких языках, как и в языках с динамической типизацией нет необходимости явно указывать типы. Для определения типов в таких языках анализируется тело функции (абстракция) и операции над переменными [6].

Существует объективное предположение, что языки программирования могут быть использованы в качестве языка спецификации [7] и можно предположить, что именно функциональные языки наиболее эффективны для в этих целях, особенно для программ, написанных на языках с динамической типизацией. Функциональная парадигма предоставляет возможность представления программы как математического выражения [8]. Для каждой функции можно задать параметры проанализировав внутренние операции и получить достаточно детальную спецификацию, к которой могут быть применены автоматизированные методы генерации тестовых наборов и верификации.

Целью исследования, результаты которого представлены далее, является оценка применимости функциональных языков программирования как языков спецификации для последующей верификации ПО.

Для достижения поставленных целей:

1. будет предложен синтаксис функционального ЯП на базе типизированного лямбда исчисления со строго одноместными функциями;
2. рассмотрены варианты использования такого языка для спецификации программ, написанных с использованием динамических языков программирования;
3. предложен метод автоматизированной верификации транслированной программы

Краткий обзор предметной области

В качестве предметной области для целевого исследования выступают процессы спецификации и верификации программного обеспечения, написанного на языках программирования с динамической типизацией. Далее рассмотрим базовые направления и понятия, характеризующие эту область.

Верификация в общем случае подразумевает под собой исследование системы по стратегиям «Белого», «Серого» и «Черного» ящиков. Стратегия «Черный Ящик» подразумевает исследование поведения системы через интерфейсы, которые она предоставляет. Стратегия тестирования «Белого Ящика» — подразумевает полный доступ к реализации системы и включает в себя методы анализа исходных кодов. Стратегия «Серого ящика», предполагает комбинирование этих двух вариантов, и предполагает использовать техники «Белого Ящика» для подготовки тестовых наборов для тестирования по стратегии «Черного Ящика». Такой подход является наиболее выгодным с точки зрения автоматизации генерации тестовых наборов. В контексте процессов тестирования спецификация необходима для построения модели программного обеспечения.

Модель ПО — это формальное описание программы как набора функций, их взаимодействий и свойств. Для построения таких моделей программные коды могут быть проанализированы статически или динамически [2].

Статический анализ — анализ кода программы без её выполнения. Такой подход позволяет найти ошибки и уменьшить количество дефектов в программном приложении [4].

Динамический анализ подразумевает исполнение кода в виртуальной машине, перекомпиляцию кода. [3]

Среди методов тестирования выделяется метод **property-based**, который подразумевает автоматическую верификацию функции, на основании предварительно описанной спецификации параметров. Данный метод тестирования используется в инструменте QuickCheck.

Пример параметризации, приведенный в документации пакета `pytest-quickcheck`:

```
@pytest.mark.parametrize(«prime», [2, 3, 5])
@pytest.mark.parametrize(i1=int, f1=float, ncalls=1)
def test_gen_parametrize_with_randomize_int_float(
    prime, i1, f1):
    pass
```

Методы исследования

Для исследования применимости функциональных языков для спецификации ПО в контексте настоящей статьи, будет приведен синтаксис ЯП на базе типизированного лямбда исчисления, основным объектом в котором будут являться одноместные функции высшего порядка. Таким образом каждая транслированная функция будет представлена в виде:

$\lambda a. \lambda b. \lambda c. a$ что эквивалентно функции Python: `def f(a, b, c): return a`

В Функциональных программах, где программы рассматриваются как математическое выражение, существует единственная точка начала вычисления. Таким образом, к каждой атомарной функции может быть применен метод параметризации с использованием метода «тройки Хоара», коллекций предикатов предварительных условий и пост условий могут быть применены для генерации тестовых наборов.

Логика Хоара

Логика Хоара представляет собой формальную систему доказательства корректности компьютерных программ.

Основной характеристикой логики Хоара является «Тройка Хоара»:

$$\{P\} C \{Q\}$$

Где **P** и **Q** являются утверждениями, а **C** — командой.

P — описывает состояние контекста до применения команды, а **Q** описывает состояние после выполнения команды **C** [9].

1. Для пустых команд, предусловия и постусловия будут совпадать
2. Цепочка предусловий и постусловий в случае с использованием функционального языка будет формироваться от точки редекса до сигнатуры объявления функции
3. Операторы ветвления являются для последующих блоков предусловиями, а их отрицание, является предусловием для блока **else**. Постусловия полностью формируются из соответствующего блока.

Частичная корректность подразумевает что мы можем доказать, что операция начнет выполняться. **Полная корректность** будет требовать доказательства полного исполнения операции [9].

Функциональные языки программирования

В качестве языка формальной спецификации, будет рассмотрен функциональный язык на базе типизированного лямбда исчисления. Синтаксис будет основан на абстракциях и аппликациях одноместных функций. Функции могут быть переданы как аргумент и возвращены как значения. Процесс выполнения трактуется как выполнение значений функций в математическом понимании. Теоретической базой для функциональных языков является лямбда-исчисление, которое в свою очередь основано на комбинаторной логике.

В комбинаторной логике основой вычислений является одноместная функция высшего порядка и операция аппликации. Так как функция в данном случае может использоваться в качестве аргумента для функции, любую многоместную функцию можно свести к одноместным [10].

Минимально необходимый набор комбинаторов:

1. $I x = x$
2. $K x y = x$
3. $S x y z = x z (y z)$

Более сложные комбинаторы могут быть выражены через данные комбинаторы, например комбинатор неподвижной точки:

$$Y = S (K (S I I)) (S (S (K S) K) (K (S I I)))$$

Который может быть использован в вызовах по значению. В частности, для рекурсивных вызовов функций.

На основе комбинаторной логики, помимо Лямбда исчисления основаны парадигмы программирования, в которых при объявлении функций не используются промежуточные переменные, но составляются цепочки из вызовов функций. Таким образом язык комбинаторной логики позволяет полностью избавиться от переменных, используя при этом комбинаторы.

Лямбда исчисление — это формальная система, в основе которой лежат две операции: Аппликация и Абстракция. В чистом лямбда исчислении функции рассматриваются как правила, а не как графики [11], изучается аппликативное поведение функций.

Абстракция позволяет описывать функции независимым образом.

Функциональные языки программирования, описываются на базе лямбда-исчисления. Так как воплощает такой способ определения и применения функций в наиболее чистой форме. В лямбда исчислении все является функциями: аргументы, которые функции принимают тоже функции, и результат, который возвращают функции — тоже функции [12]

Пример: $(\lambda x.x^2 + 1) (3) = 10$

Программа, написанная на функциональном языке, представляет собой некоторое выражение, а выполнение программы означает вычисление значения данного выражения. Противопоставляется парадигме императивного программирования, которая описывает процесс вычислений как последовательное изменение состояний (в значении, подобном таковому в теории автоматов). При необходимости, в функциональном программировании вся совокупность последовательных состояний вычислительного процесса представляется явным образом. Многие проблемы, возникающие в программировании, предстают в λ исчислении в чистом виде. [11]

Пример: Алгоритм «быстрой сортировки» Haskell:

$$\text{let } qs (x: xs) = qs [y | y <- xs, y < x] ++ [x] ++ qs [y | y <- xs, y >= x]$$

Для определения типов в данных в функциональных языках с параметрическим полиморфизмом используется **алгоритм Хиндли-Милнера**, который позволяет определять типы без их явного определения. Типы в таком случае определяются посредством исследования тела функции и операций над аргументами.

Выводы

Проблема с определением динамических типов может быть решена несколькими способами. Например, это может быть анализ сегментов памяти, в которых хранится значение переменной. В случае трансляции в функциональный язык все переменные исходной программы на ЯП с динамической типизацией могут быть приведены к строгим типам. Более того если параметризовать такую программу, то на базе спецификации может быть построена модель для последующей верификации.

Параметризация в данном случае может быть произведена в процессе динамического анализа над программой в транслированном виде, а для генерации тестовых наборов может быть использована комбинация методов РВТ. Динамический анализ такой программы сам по себе может быть более простым, если использовать функциональный язык с одноместными функциями высшего порядка. В таком случае каждая операция будет атомарной, в том числе это позволит работать с любым поддеревом вызова, в том числе способом символического исполнения.

Результаты

Для демонстрации полезных семантических свойств функциональных ЯП в задачах верификации, будет приведен синтаксис такого языка на базе типизированного лямбда исчисления с использованием одноместных функций высшего порядка. Синтаксис языка содержит минимально необходимое количество термов, и обладает стандартным набором логических и арифметических операций. Количество типов в языке также сведено к минимуму. Правила вычислений для термов и правила вывода типов можно найти источниках [10]. Для используемого языка использовалось описание из книги «Типы в языках программирования» [12]. Язык, описанный в данной работе, отличается тем, что функции строго одноместны и есть отличия в синтаксисе некоторых термов.

Язык оперирует функциями высшего порядка, которые могут быть переданы в качестве аргумента и возвращены в качестве результата. В языке отсутствует оператор присваивания и переменные. Для упрощения последующего анализа, функции для многих аргументов в языке также не предусмотрены, так как функции нескольких переменных всегда можно свести к функциям одноместным [10]. Программы на этом языке представлены в максимальной декомпозиции аргументов. Легко выявляется связь одних аргументов с другими. Типизация в языке строгая и сильная, для определения типов используется алгоритм Хиндли-Милнера [6].

Синтаксис языка

Логические операторы:
 “=” эквивалентность, «>» больше, «<» меньше, «|» — или, «&» — И,
 “!” — отрицание

Константы: true — истина, false — ложь, 0 — ноль.

x	Аргумент функции
lam t -> t	абстракция
lam t:T -> t	Типизированная абстракция
~(t)	Комбинатор неподвижной точки
t(t)	апликация
{t, t}	пара
t.1	первая проекция
t.2	вторая проекция
cons [t, t]	Конструктор списка
nil[T]	Пустой список
head[T]	Первый элемент списка
tail[T]	Последующие элементы списка
error	Исключение
t ? t1 : t2	условное выражение
t ? t1 t2 ? i2	Case (тавтология)
++ t	следующее число
— t	предыдущее число
iszero t	Проверка на ноль
isexist L t	Проверка существующего элемента по индексу
t ls T	Проверка на принадлежность переменной к типу

Множество базовых типов: { Int, Float, Str, Bool, Pair, List}

Пример трансляция с динамическими типами

```
def f(n):
    if isinstance (n, list):
        return n[0] + 1
    return n+1
```

В транслированном виде:

```
lam ni ->
    lam nl -> iszero nl
        ? n + 1
        : head nl + 1
```

где ni — n типа int, a nl — имеет тип списка.

Пример трансляции «Факториал»

Рекурсивные вызовы функций реализованы через комбинатор неподвижной точки (терм ~): ~(x) = lam x ->x (f(x)).

```
def f(n):
    if n < 1:
        return -1
    return n * f(n-1)
```

Трансляция:

```
lam n -> n < 1? 1: n * ~(n-1)
```

Параметризация «Тройки Хоара»

Так как каждая функция в данном языке предусматривает наличие лишь одного аргумента, а все вложенные блоки оформляются как отдельно взятая функция, параметризация будет осуществляться для каждой функции в контексте ее единственного аргумента.

```
{Px}Lam x -> {Py}lam y -> {Pz} lam z -> {Pz} 1 {Qz}{Qy}{Qx}
```

В свою очередь сумма множеств параметров будет описывать исходную функцию на ЯП с динамической типизацией:

```
{Px ∪ Py ∪ Pz} fn(x, y, z) {Qx ∪ Qy ∪ Qz}
```

В качестве примера приведена функция, которая возвращает квадраты всех четных элементов списка:

```
def f(l):
    r = []
    for x in l:
        if x % 2 == 0:
```

```
r += x ** 2
return r
```

Результат трансляции:

```
lam ll -> head ll / 2 is Int
? cons head ll * head ll ~(tail ll)
: is zero ll ?:(~(tail ll))
```

Параметризация:

Функция имеет две части вычислений, каждая из которых является функцией. Перед обоими функциями стоит условие **head ll / 2 is Int**, соответственно это становится пред условием для части **cons head ll * head ll ~(tail ll)**, а отрицание этого условия, в свою очередь будет пред условием для **is zero ll ?:(~(tail ll))**. Полное дерево построения предикатов приведено на Рис. 1

Таким образом на основании параметров пред и пост условий можно построить модель ПО. Наличие параметров для каждого аргумента позволит сгенерировать тестовые наборы для данной функции. Более того предикаты в таком случае будут отражать связанность аргументов, что позволит сделать более точное описание модели.

Параметризация вложенных функций позволяет объединить требования для более общих функций, в контексте которых должны исполняться вложенные.

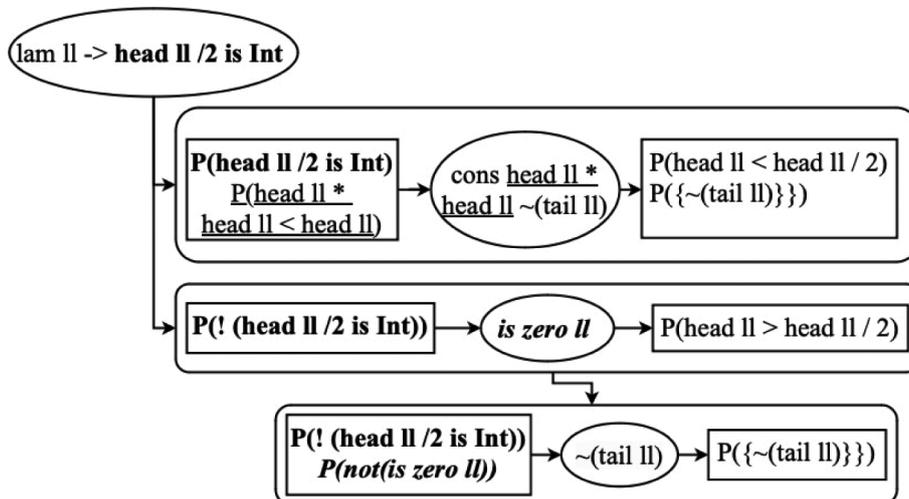


Рис. 1. Параметризация вложенных функций

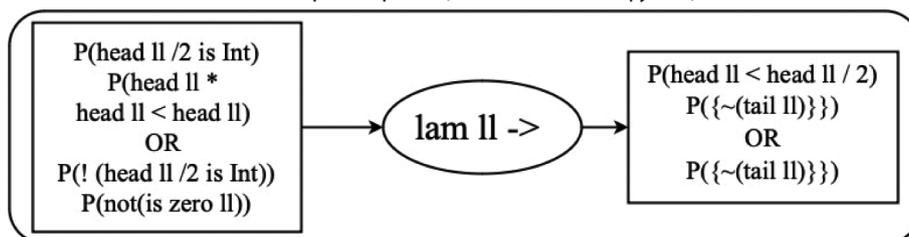


Рис. 2. Параметры для функции целиком

По контекстам параметров можно заключить

4. Входные данные — список целых чисел, который должен содержать четные элементы для того, чтобы получить непустой вывод
5. Над элементами списка выполняется операция умножения на себя

Построение тестовых наборов:

```
f([]) -> []
f([1,3,5]) = []
f([1,2,3,4]) -> [4,16]
f([2.5, 3.6]) = []
f(["bad_type"]) = # TypeErr
f(["str_type", 2]) = # TypeErr
```

Данные тестовые наборы могут быть применены для верификации исходной функции.

В соответствии с полученной информацией о типах исходная функция может быть модифицирована с точным приведением типов.

Пример Модификация изначальной функции

```
def sum_plus_one(x, y, z):
    return x + y + z + 1
```

Трансляция:

```
lam x ->
    x + lam y ->
        y + lam z ->
            z + 1
```

Тестовые наборы:

```
sum_plus_one("bad_type", y, z) -> False
sum_plus_one(1,2,3) -> 7
```

Преобразованная форма исходной программы:

```
def sum_plus_one(x:int, y:int, z:int):
    return int(x) + int(y) + int(z) + 1
```

Выводы

В настоящей статье исследованы возможности использования функциональных языков программирования в качестве средства спецификации для последующего решения задач верификации ПО.

Рассмотрена предметная область и выделены известные методы автоматизации механизмов генерации тестовых наборов на базе спецификации ПО.

Предложен синтаксис функционального языка для его использования в качестве языка спецификации путём использования одноместных функций и минимальным набором термов и типов. Факт успешной трансляции в такой язык может свидетельствовать о том, что верифицируемая программа написана корректно и может быть выполнена. Предложен метод верификации программ, написанных на языках с динамической типизацией, основанный на синтаксисе и механизмах функционального программирования с одноместными функциями и тройками Хоара.

Приведены примеры трансляции, параметризации и верификации функций на языке Python. Предложенный метод может быть применен для верификации программ, написанных на языках программирования с динамической типизацией, и имеет ряд следующих далее полезных свойств.

- Исходная программа, написанная после трансляции представлена в виде строго типизированном виде. Это обстоятельство разрешает большое число вопросов, связанных с типами в таких языках как Python.
- Предоставляется возможность рассматривать исходную программу как последовательный вызов логически законченных функций одного аргумента. Метод позволяет произвести параметризацию и оценить связанность переменных в исходной программе, в том числе, автоматически применять такие механизмы как «Тройка Хоара»
- Отношение всех параметров вложенных функций, в достаточной мере описывает свойства исследуемой функции, которая может быть использована для генерации тестовых наборов методами «На базе модели» и, в частности «Property Based».
- Более того, программа на таком языке позволяет верифицировать любое поддерево дерева вызовов исходной.

Использование функциональных языков, открывает широкий спектр возможностей для анализа процесса исполнения программ, в том числе, что важно, на направлении тестирования программного обеспечения.

В частности, в функциональном программировании совокупность последовательных состояний вычислительного процесса представляется явным образом.

Следует отметить, однако, что в данной работе представлен ограниченный синтаксис языка, который, в том числе, не сможет в полной мере работать с классами и их объектами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Habrias Henri, Frappier Marc. Software specification methods. — John Wiley & Sons, 2013.
2. Apfelbaum Larry, Doyle John. Model based testing // Software quality week conference / Citeseer. — 1997. — P. 296–300.
3. Bush William R, Pincus Jonathan D, Sielaff David J. A static analyzer for finding dynamic programming errors // Software: Practice and Experience. — 2000. — Vol. 30, no. 7. — P. 775–802.
4. Fairley Richard E. Tutorial: Static analysis and dynamic testing of computer software // Computer. — 1978. — Vol. 11, no. 4. — P. 14–23.
5. Fault-aware neural code rankers / Inala Jeevana Priya, Wang Chenglong, Yang Mei, Cudas Andres, Encarnacion Mark, Lahiri Shuvendu, Musuvathi Madanlal, and Gao Jianfeng // Advances in Neural Information Processing Systems. — 2022. — Vol. 35. — P. 13419–13432.
6. Jones Mark P. From Hindley-Milner types to first-class structures // Proceedings of the Haskell Workshop / Citeseer. — 1995.
7. Parnas David Lorge. Really rethinking 'formal methods' // Computer. — 2010. — Vol. 43, no. 1. — P. 28–34.
8. Hudak Paul, Fasel Joseph H. A gentle introduction to Haskell // ACM Sigplan Notices. — 1992. — Vol. 27, no. 5. — P. 1–52.
9. Hoare Charles Antony Richard. An axiomatic basis for computer programming // Communications of the ACM. — 1969. — Vol. 12, no. 10. — P. 576–580.
10. Шалак ВИ. МИ Шейнфинкель и комбинаторная логика // Логические исследования. — 2009. — no. 15. — P. 247–265.
11. Barendregt Hendrik P et al. The lambda calculus. — North-Holland Amsterdam, 1984. — Vol. 3.
12. Pierce Benjamin C. Types and programming languages. — MIT press, 2002.

© Соколов Илья Николаевич (sokolov@orfun.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ КАРТ В УСЛОВИЯХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

APPLICATION OF FUZZY COGNITIVE MAPS IN DECISION MAKING CONDITIONS TO ENSURING INFORMATION SECURITY

D. Suzdalsky

Summary. The article is devoted to the consideration of the features of the use of fuzzy cognitive maps in decision-making conditions to ensure information security. A fuzzy cognitive map was constructed, which made it possible to draw cause-and-effect conclusions about the influence of the selected factor-concepts on the level of information security thanks to direct communication chains and numerical data. It is concluded that the constructed NQF model allowed for causal inferences to be made based on direct chains and numerical data, while preliminary results are encouraging regarding the possibilities of using NQF by decision makers/ICT managers, allowing a clear understanding of the impact of cyber attacks on information security and provide a more focused view of the necessary protective actions.

Keywords: information security, cognitive map, modeling, threat, attack.

Суздальский Дмитрий Андреевич
Аспирант, Российский экономический
университете им. Г.В. Плеханова
t7699690@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению особенностей применения нечетких когнитивных карт в условиях принятия решений для обеспечения информационной безопасности. Построена нечеткая когнитивная карта, которая позволила сделать причинно-следственные выводы о влиянии выделенных факторов-концептов на уровень информационной безопасности благодаря прямым цепочкам связи и числовым данным. Сделан вывод о том, что построенная модель НКК позволила сделать причинно-следственные выводы на основе прямых цепочек и числовых данных, при этом предварительные результаты обнадеживают в отношении возможностей применения НКК лицами, которые принимают решения/менеджеры ИКТ, позволяя четко осознать влияние кибератак на ИБ и обеспечить более целенаправленный взгляд на необходимые защитные действия.

Ключевые слова: информационная безопасность, когнитивная карта, моделирование, угроза, атака.

Активная информатизация современного общества, развитие цифровых технологий и стремительное наращивание темпов Четвертой промышленной революции, которые в совокупности повлекли за собой увеличение потоков конфиденциальной информации, привели к необходимости обеспечения информационной безопасности (ИБ) в различных сферах общественной деятельности, поскольку любой процесс в финансовой, производственной, политической или социальной сфере напрямую связан с информационными ресурсами и использованием информационных технологий (ИТ). Информация может быть украдена, искажена, стать недоступной, потерять свою целостность и конфиденциальность — все это приводит к значительным материальным и репутационным потерям. Каждые 39 секунд в Интернете происходит новая атака, которая ежегодно обходится в триллионы долларов [1].

В связи с этим исследование влияния угроз на уровень защищенности информационных систем является актуальной и важной научно-практической задачей, которая характеризуется высокой степенью неопределенности и сложностью строгой формализации [2]. В современных исследованиях подчеркивается, что ИБ

не целесообразно анализировать только как практику соблюдения требований при возникновении конкретных инцидентов, приводящих к дополнительным расходам, она должна быть структурирована и учитывать все возможные сценарии и варианты развития событий [3].

На практике решить эту проблему можно с помощью методов статистического анализа, в частности метода корреляционно-регрессионного анализа. Однако эти подходы требуют сложных расчетов, значительного объема экспериментальных данных, длительны по времени обработки и не обеспечивают возможности работы с показателями качества, определяемыми экспертами. В связи с этим, учитывая, что ИБ представляет собой сложную систему с недостаточным количеством аналитических данных для устранения неопределенности и прогнозирования, в процессе принятия решений большинство подходов опирается на экспертные оценки, теорию нечеткой логики и теорию графов. Данные методы хорошо формализуются при использовании нечетких когнитивных карт (НКК), которым свойственна простота, наглядность, гибкость, конструктивность, адаптация к недостаточности и неточности входных данных. Как утверждают исследователи, НКК имеют значительные перспективы

и возможности в области кибербезопасности и ИБ и могут стать мощным инструментом для изучения различных сценариев в процессе принятия решений [4].

В тоже время, необходимо отметить, что на сегодня существуют различные модификации НКК для моделирования сложных систем, они отличаются способами представления и методами анализа. Поэтому выбор наиболее приемлемой формы и способа в процессе управления ИБ требует проведения дальнейших исследований, что и обуславливает выбор темы данной статьи.

Возможности построения стратегий кибербезопасности с использованием НКК, подходы к разработке спектра сценариев информационных угроз с вариациями степени интенсивности влияния различных факторов, рассматривают в своих публикациях Васильев В.И., Вульфен А.М., Кириллова А.Д., Бочков А.П., Хомоненко А.Д., Барановский А.М., Shivanshu Shrivastava, A. Rajesh, P.K. Bora, Bin Chen, Mingjun Dai.

Над разработкой иерархического метода оценки ситуации кибербезопасности, который основан на онтологиях и НКК трудятся Лексиков Е.В., Яковенко А.Н.,

Таблица 1.

Описание концептов, участвующих в исследовании и оценке ИБ

Концепт	Описание	Нечеткая интерпретация
C1: Небезопасные сетевые протоколы	Из-за небезопасных сетевых протоколов (HTTP) злоумышленники могут проникнуть в сеть организации	-1: Низкий уровень несовместимости сетевых протоколов 0: Сетевой протокол средней несовместимости 1: Сетевой протокол с высокой степенью несовместимости
C2: Шифрование чувствительных данных	Разработка пользовательского кода, обеспечивающего шифрование в отдельных полях данных	-1: Низкий уровень поддержания ИБ 0: Среднее поддержание ИБ 1: Высокий уровень обеспечения ИБ
C3: Сбои в работе мобильных приложений	Операционные сбои происходят из-за того, что пользователи системы не готовы к принятию протоколов ИБ	-1: Низкий уровень операционных сбоев 0: Операционные сбои иногда происходят 1: Высокий уровень операционных сбоев
C4: Сертификация по кибербезопасности	Предоставляет обоснование того, почему проверяемые события считаются адекватными для поддержки расследования инцидентов безопасности на операционном сервере	-1: Абсолютный отказ от проверяемых событий 0: Среднее внимание к проверяемым событиям 1: Приоритетное внимание к проверяемым событиям
C5: Аутсорсинг облачных ИТ-услуг	Использование справочных служб, технической поддержки и провайдера для защиты конфиденциальности переданной на аутсорсинг информации	-1: Нет поддержки безопасности связи 0: Несколько видов поддержки безопасности коммуникаций 1: Приоритетное внимание к безопасности коммуникаций
C6: Управление ИТ	Обоснование стратегий безопасности, согласованных с бизнес-целями и поддерживающих их	-1: Абсолютный отказ от управления ИТ 0: Среднее внимание к управлению ИТ 1: Приоритетное внимание к управлению ИТ
C7: Средства контроля беспроводной связи	Разработка политики и процедур для эффективного внедрения выбранных мер безопасности и контроля	-1: Абсолютный отказ от доступа к политике 0: Среднее внимание к доступу 1: Приоритетное внимание к доступу
C8: Мобильные подключенные устройства	Отсутствие обновлений или отсутствие исправлений	-1: Низкий уровень поддержания ИБ 0: Средний уровень обеспечения ИБ 1: Высокий уровень обеспечения ИБ
C9: Критерии приемлемости поставщиков услуг	Установление базовых требований к безопасности и их преобразование в критерии приемлемости при выборе поставщиков	-1: Нет подтверждающих критериев приемлемости поставщика 0: Несколько критериев, подтверждающих правомочность поставщика 1: Большое количество критериев, подтверждающих правомочность поставщиков
C10: Инвестиции в ИТ	Инвестиции в ИТ для поддержания актуальности и безопасности систем	-1: Нет поддерживающих инвестиций в ИТ 0: Несколько поддерживающих ИТ-инвестиций 1: Большое количество поддерживающих ИТ-инвестиций
C11: Ошибки пользователей	Администраторы должны просвещать пользователей о кибербезопасности и мерах, которые они должны предпринять для повышения общей безопасности взаимодействия в Интернете	-1: Без поддержки образования 0: Немного поддерживающего образования 1: Широкий спектр поддерживающего образования

Гузаиров М.Б., Вульфин А.М., Картак В.М., Yangyang Sun, Xiangdong Jia, Xianghua Han, Mangang Xie, Liang Zhang.

В тоже время, несмотря на активный интерес ученых к данной проблематике, необходимо отметить, что ряд вопросов остается открытым и требует более детального исследования. Так, особого внимания заслуживают принципы использования НКК для изучения причинно-следственных связей в системе нарушения целостности информационных систем. В более углубленной проработке нуждаются подходы к получению усредненной оценки локальных рисков, сформированной с использованием ансамбля когнитивных карт.

Таким образом, цель статьи заключается в рассмотрении возможностей применения нечетких когнитивных карт в условиях принятия решения для обеспечения ИБ.

НКК — это алгоритм машинного обучения со структурой графа, имеющего вершины и ребра [5]. Структура НКК позволяет декомпозировать сложную систему на более мелкие компоненты, которые могут быть реализованы как вершины в моделях НКК, а их взаимодействие — как ребра [6]. Процедура построения НКК может быть определена в три основных шага.

Первый шаг: уточнить цель НКК, если она не определена, то поиск причинно-следственных связей сделает формирование НКК невыполнимым.

Второй этап: определение релевантных концепций, влияющих на принимаемое решение.

Третий этап: поиск причинно-следственных связей между понятиями, определенными на предыдущем этапе, причем эти связи должны быть абстрагированы от определений лиц, принимающих решения, с помощью таких инструментов, как анкеты и интервью.

Таким образом, с математической точки зрения, НКК можно описать как набор узлов (концепций) $C_i, i = 1, \dots, n$, являющимся числом концепций в задаче, и все эти концепции вместе представляют собой вектор состояний $A = [A_1, \dots, A_n]$. На значимость каждого понятия влияют величины связанных с ним понятий с соответствующим причинно-следственным весом, и для того, чтобы система понятий развивалась, вектор A должен многократно проходить через матрицу связей W . Соответствующая математическая модель имеет следующий вид:

$$A_i^{(k+1)} = f \left(A_i^k + \sum_{j=1}^N A_j^k W_{ji} \right)$$

где: $A_i^{(k+1)}$ — значение концепции C_i на шаге $k + 1$;
 A_j^k — значение концепции C_j на шаге k ;

W_{ji} — вес связи между C_j и C_i ;
 $f(x)$ — сигмоидная пороговая функция, определяемая следующим уравнением:

$$f = \frac{1}{1 + e^{-\lambda x}}$$

где λ — положительная постоянная в определенном интервале, а $f(x)$ лежит между $[0, 1]$.

Итак, для построения НКК, которая определяет состояние ИБ некоей системы, прежде всего, необходимо сформировать множество наиболее весомых с точки зрения изучения данной проблемы концептов. В результате опроса и согласования мнений группы экспертов в данной предметной области были определены следующие концепты (см. табл. 1).

После того, как выбраны все концепты ИБ необходимо определить значения силы влияния между каждой парой концептов путем обработки данных, полученных в результате экспертного опроса [7]. Для этого зададим нечеткую лингвистическую шкалу, которая представляет собой упорядоченное множество лингвистических значений (термов) оценок наступления вероятных последствий, полученных в результате действия одного концепта на другой.

$$\text{Сила связи} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Не влияет, Очень слабая, Слабая} \\ \text{Средняя, Сильная, Очень сильная} \end{array} \right\}$$

Каждому из этих значений поставим в соответствие некоторый числовой диапазон, принадлежащий отрезку $[0, 1]$ для положительных связей и отрезку $[-1, 0]$ для отрицательных связей.

$$w_{ij} = \left\{ \begin{array}{l} (0,85;1], \text{ положительная очень сильная} \\ (0,6;0,85], \text{ положительная сильная} \\ (0,35;0,6], \text{ положительная средняя} \\ (0,15;0,35], \text{ положительная слабая} \\ (0;0,15], \text{ положительная очень слабая} \\ 0, \text{ не влияет} \\ (0;-0,15], \text{ отрицательная очень слабая} \\ (-0,15;-0,35], \text{ отрицательная слабая} \\ (-0,35;-0,6], \text{ отрицательная средняя} \\ (-0,6;-0,85], \text{ отрицательная сильная} \\ (-0,85;1], \text{ отрицательная очень сильная} \end{array} \right\}$$

НКК разработанная автором, которая иллюстрирует множественные причинно-следственные связи и характер взаимодействия выделенных концептов, изображена на рис. 1. Моделирование выполнено с использованием средств программного обеспечения Mental Modeler.

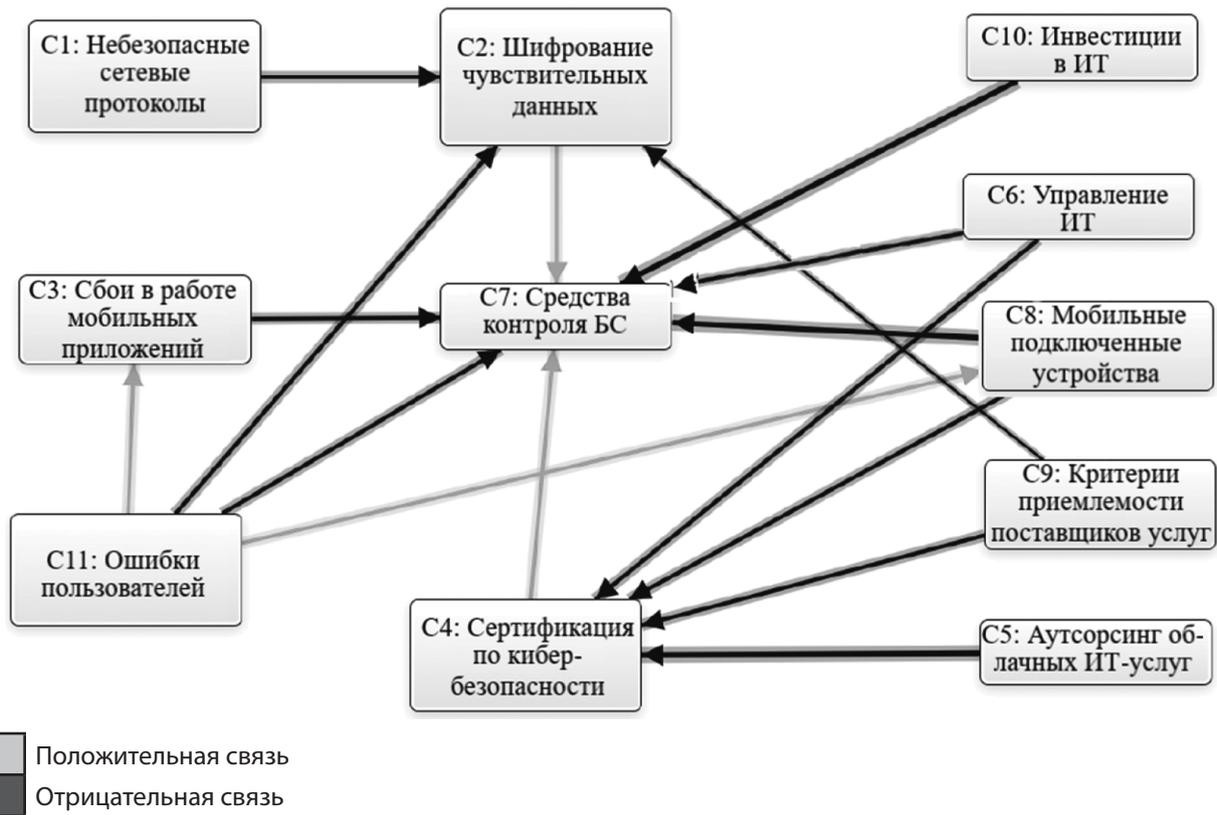


Рис. 1. НКК исследование состояния ИБ

В результате исследования полученной модели были определены ее наиболее весомые концепты: критерии приемлемости поставщиков услуг (C9), аутсорсинг облачных ИТ-услуг (C5) и управление ИТ (C6). С помощью сценарного моделирования установлено, что при максимально негативном влиянии каждого из этих концептов отдельно сертификация по кибербезопасности (C4) ухудшится соответственно на 0,29; 0,18 и 0,06.

Сравним влияние наиболее весомых концептов на защищенность исследуемой системы с помощью регрессионного анализа. Для достижения поставленной цели смоделируем десять разных сценариев, отражающих относительное изменение ИБ при заданных значениях выбранных концептов (таблица 2).

Построение сценариев способствует моделированию возможных последствий, вызванных общими факторами, которые влияют на ИБ определенным образом. Кроме того, эти сценарии могут поддержать процесс принятия решений при стратегическом планировании действий, нацеленных на предотвращение или смягчение уязвимостей, которые могут поставить под угрозу работу всех информационных систем [8]. Планирование действий по смягчению последствий, если оно осуществляется без должного внимания, может негативно повлиять на вероятность возникновения атак. Матричное представление нечеткой когнитивной карты (матрица весов w_{ij}), полученное в результате экспертных интер-

Таблица 2. Значения исследуемых концептов, полученные в результате сценарного моделирования

i	$C9$	$C5$	$C6$	$C4$
1	1	1	1	0,8
2	0,9	-0,1	0,7	0,13
3	-0,1	-0,3	-0,1	-0,8
4	1	-0,2	1	0,16
5	-0,2	0,3	0,9	-0,4
6	0,8	0,2	-0,3	-0,1
7	1	-0,1	-0,2	0,6
8	-0,3	-0,5	0,8	0,1
9	0,7	0,8	0,9	0,5
10	0,5	-0,3	-0,1	0,2

вью и процесса моделирования, может изменить свою конфигурацию в зависимости от корректировок экспертов.

Например, в сценарии 9 анализируется влияние на ИБ таких концептов как: критерии приемлемости поставщиков услуг — коэффициент (0,7), аутсорсинг облачных ИТ-услуг — (0,8), управление ИТ — (0,6) и сертификация по кибербезопасности (0,5). Рис. 2 наглядно иллюстрирует результаты этого сценарного анализа.

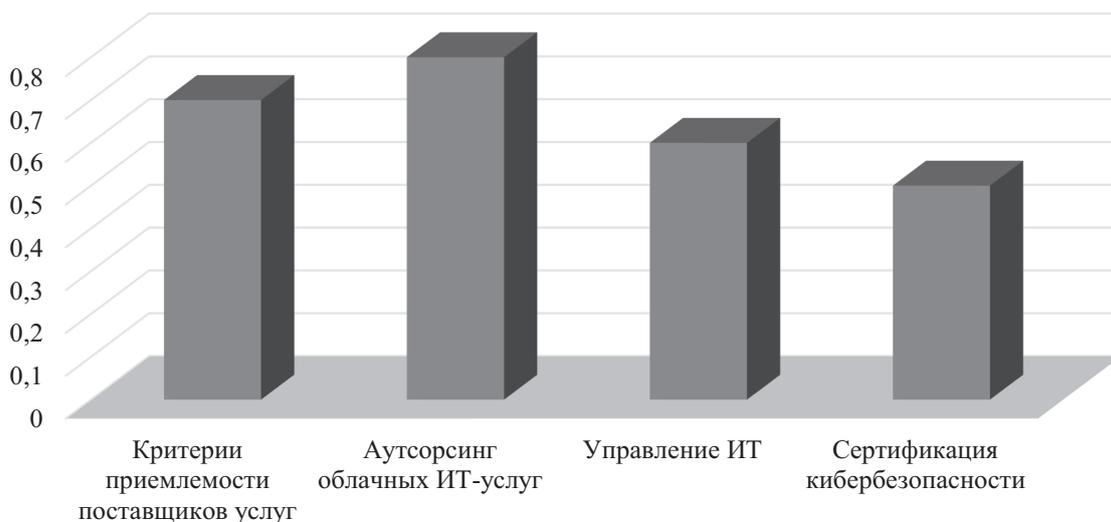


Рис. 2. Сценарий 9: анализ состояния ИБ

Этот сценарий подчеркивает связь с последствиями использования уязвимостей при выявлении обозначенных факторов. Так, например, если не будут должным образом разработаны критерии приемлемости поставщиков услуг и субъект будет пользоваться аутсорсингом облачных ИТ-услуг без внимания к защите конфиденциальных данных, к протоколам безопасности и технической поддержки, то вероятность атаки злоумышленников и прочих неправомерных действий в системе является максимальной.

Таким образом, подводя итоги отметим, что использование НКК для анализа факторов ИБ имеет значитель-

ный практический потенциал. Построенная в работе модель НКК позволила сделать причинно-следственные выводы на основе прямых цепочек и числовых данных, а также мнений экспертов по кибербезопасности. Предварительные результаты обнадеживают в отношении возможностей применения НКК лицами, которые принимают решения/менеджеров ИКТ, позволяя четко осознать влияние кибератак на ИБ и обеспечить более целенаправленный взгляд на необходимые защитные действия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цибизова Т.Ю. Мониторинг безопасности системы защиты информации критической информационной инфраструктуры на основе когнитивного моделирования // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023. № 6. С. 33–41.
2. Суздальский Д.А. Актуальные вопросы моделирования функционирования подсистемы информационной безопасности // Национальная ассоциация ученых. 2023. № 88-1. С. 47–52.
3. Палютина Г.Н. О применении когнитивного моделирования в адаптивной оценке рисков информационной безопасности // Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере. 2023. № 4 (50). С. 43–52.
4. Kazymur V., Posadska A. Researching the Cognitive Maps by Simulation Modeling // Technical Sciences and Technologies. 2021. № 1(7). P. 98–105.
5. Hordei O., Patsai B., The Use of Modeling in the Learning Process in the Formation of the Necessary Competencies // Economic Analysis. 2022. № 32(2). P. 62–72.
6. Чечулин А.А. Основные элементы методологии обеспечения информационной безопасности и защиты информации в компьютерных сетях // Информатизация и связь. 2022. № 3. С. 27–30.
7. Edward A. Cranford, Cleotilde Gonzalez Towards a Cognitive Theory of Cyber Deception // Cognitive Science. 2021. Volume 45, Issue 7. P. 78–84.
8. Kamal Kumar Gola Security analysis of fog computing environment for ensuring the security and privacy of information // Transactions on Emerging Telecommunications Technologies. 2023. Volume 34, Issue 10. P. 112–117.

© Суздальский Дмитрий Андреевич (t7699690@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИБЛИОТЕКИ DASH КАК BI-СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

USING THE DASH LIBRARY AS A BI-SYSTEM IN CONDITIONS OF IMPORT SUBSTITUTION

**D. Trifanov
A. Prostakova
A. Popov**

Summary. In the article, the authors of the work examine the use of BI systems common in companies in the Russian Federation, as well as the Dash library of the Python programming language for their compliance with legislation, speed of data processing and ease of use. Special attention is paid to a review of the legislative reality in the field of information technology use at the moment; it is on the basis of this review that the Dash library is proposed as a means of developing interactive dashboards for a company due to its versatility and the absence of a licensed boxed tool, which reduces legislative risks to a minimum. The authors, using open data, by modeling and developing the same analytical dashboard using different tools, conduct a comparative analysis of popular BI systems of the Dash tool according to the following parameters: speed of data processing and building visualizations, complexity of building an analytical dashboard, the possibility of using third-party servers without specialized software, maximum volume of processed data. As a result of the analysis, conclusions are formed, the advantages and disadvantages of each tool are considered, and Dash is highlighted as a modern and technologically advanced way to create analytical reporting.

Keywords: BI system, Python, Dash, Python, Data Studio, Tableau, import substitution.

В настоящее время современное ведение бизнеса в эпоху цифровой трансформации претерпевает значительные изменения. Процесс развития научно-технического прогресса информационных технологий происходит с огромной скоростью. Вследствие чего увеличивается потребность бизнеса в различных сферах, в том числе в преобразовании и визуализации данных. Существует множество методов, с помощью которых можно удовлетворить эти потребности, при этом они имеют системный подход к решению проблем бизнеса. Наиболее популярной реализацией таких методов в современном мире являются системы аналитической отчетности и обработки данных BI-системы (Business Intelligence), которые представляет собой набор различных методов и технологий для сбора, анализа и обработки данных. Из-за ограниченности множества ресурсов

Аннотация. В статье авторами работы рассматривается использование распространенных в компаниях Российской Федерации BI-систем, а также библиотеки Dash языка программирования Python на предмет их соответствия законодательству, скорости обработки данных и удобства эксплуатации. Отдельное внимание уделяется обзору законодательной действительности в сфере использования информационных технологий на текущий момент, именно исходя из данного обзора предлагается библиотека Dash, как средство разработки интерактивных дашбордов для компании в виду её универсальности и отсутствия лицензированного коробочного инструмента, что сводит законодательные риски к минимуму. Авторами, с помощью использования открытых данных, путём моделирования и разработки одного и того же аналитического дашборда с помощью разных инструментов проводится сравнительный анализ популярных BI-систем инструмента Dash по следующим параметрам: скорость обработки данных и построения визуализаций, сложность построения аналитического дашборда, возможность использования стороннего сервера без специализированного ПО, максимальный объем обрабатываемых данных. В результате анализа формируются выводы, рассматриваются преимущества и недостатки каждого инструмента, выделяет Dash как современный и технологичный способ создания аналитической отчетности.

Ключевые слова: BI-система, Python, Dash, Python, Data Studio, Tableau, импортозамещение.

в рыночной экономике, в том числе в Российской Федерации, данные системы являются высоко эффективными.

Обратим внимание на ситуацию непосредственно в РФ, где наиболее распространенными BI-системами являются MS Power BI, Data Studio, Tableau и Yandex Datalents, однако вследствие изменения законодательства могут возникнуть проблемы с их использованием [1]. В данной статье будет рассмотрена проблема соответствия различных BI-систем законодательству, скорости обработке данных и удобства взаимодействия, а также предложен вариант использования языка программирования Python и библиотеки Dash как самостоятельной BI-системы. Актуальность заключается в том, что в РФ для обработки данных можно использовать только

Трифанов Данила Сергеевич

ООО «ВК-ИТ»

trifanovrmk@gmail.com

Простакова Анастасия Александровна

ООО «ХКФ Банк»

prostakova.anastasia@yandex.ru

Попов Алексей Анатольевич

Кандидат технических наук, доцент, Российский
экономический университет им. Г.В. Плеханова

popov.aa@rea.ru

ко отечественное ПО, однако далеко не все BI-системы удовлетворяют данному критерию, поэтому необходимо искать пути решения, а непосредственно целью работы будет использование библиотеки Dash как решение исследуемой проблемы. Объектом исследования будут являться BI-системы, в том числе система на Python.

Для решения поставленной проблемы необходимо в рамках научного исследования применить такие методы, как

1. Юридический анализ, представляющий собой логический процесс разложения правовой нормы на отдельные элементы и признаки, а также формирование выводов соответствия правовому полю
2. Моделирование и разработка BI решений с помощью различного ПО для дальнейшего сравнительного анализа
3. Сравнительный анализ BI решений, необходимый для формирования выводов и заключения

Для начала стоит рассмотреть законодательную действительность Российской Федерации. В настоящий момент Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» обязывает всех операторов сотовой связи обрабатывать персональные данные граждан РФ Исключительно при помощи баз данных, расположенных на территории России (ч. 5 ст. 18) [2]. Аналогичное правило предусмотрено и в Федеральном законе от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» [3].

Хотелось бы отметить, что данный закон имеет исключения, а также разъяснение, согласно которому обрабатывать данные граждан России необходимо с использованием баз данных, не находящихся в России в ситуациях, если такая деятельность не подпадает под случаи, предусмотренные п.п. 2, 3, 4, 8 ч. 1 ст. 6 Закона N 152-ФЗ, и на территории России находятся используемые для обработки персональных данных базы данных, в которых содержится больший или равнозначный объем информации.

Такое разъяснение базируется на ч. 5 ст. 18 Закона N 152-ФЗ и общих положениях указанного закона, в которых не имеется разделения на «основную» базу с персональными данными и ее «копию» [2]. В обоих случаях речь идет о базах данных, с помощью которых обрабатываются персональные данные. Наряду с этим, закон не содержит указаний на полный запрет обработки данных граждан России с применением баз данных, не находящихся на территории России.

Далее рассмотрим некоторые системы на предмет соответствия ФЗ №152 следующих систем: MS Power BI, Data Studio и Tableau. В данный момент ни одна из этих

систем не удовлетворяет требованиям закона, так как сервера этих систем находятся в Европе и США. Именно поэтому использование напрямую облачных технологий становится невозможным, вследствие чего компании не могут в полной мере использовать все возможности рассмотренных BI-систем [4]. Это, безусловно усложняет развертывание систем в рамках компании и сокращает объем используемых бизнесом технологий. Более того, усложняет доступ компаний партнеров к дашбордам, например, в сфере аутсорсинга, ведь не каждая СОБ допустит стороннего клиента к использованию внутренних серверов компании. Следовательно, необходимо решение данной проблемы.

Возможным решением может являться разработка BI-решения с помощью инструмента, который позволяет самостоятельно разработать дашборд без коробочного решения [5]. Использование одного из высокоуровневых языков программирования и специализированной библиотеки может быть ключом к решению данной проблемы: для этого подходит язык программирования Python с библиотекой Dash, предназначенной для создания аналитических дашбордов [6]. Для оценки рациональности использования данного инструмента необходимо построить аналогичные аналитические дашборды на основании одинакового набора данных с помощью каждого из средств построения и провести сравнительный анализ по ключевым параметрам.

Изначально, необходимо определиться с общей структурой аналитического дашборда. Для построения визуализаций будет использовано 10 миллионов строк CSV файла открытого датасета об электронной коммерции. Датасет представляет собой набор данных со следующими атрибутами:

- Время целевого действия
- Тип события
- Категория товара
- Бренд
- Цена
- Пользовательский ID

На основании набора данных будут построены следующие визуализации:

- гистограмма «Топ-6 самых дорогих смартфонов в зависимости от бренда»: считаем максимальную цену смартфона в каждом бренде, а также фильтруем первые 6;
- воронка «Воронка продаж»: строим воронку по типам событий и наблюдаем конверсию в покупку;
- график «Количество просмотров»: зависимость количества просмотров устройств от даты;
- круговая диаграмма «Топ-6 самых популярных устройств при просмотре».

Исходя из этого и будем строить аналитические дашборды с помощью различных средств визуализации.

При использовании построений визуализаций с помощью BI системы Tableau, которая подключается к источнику данных напрямую, время загрузки занимает значительное время и при размере данных больше 10Gb делает время построения визуализаций от 4 до 60 минут [7]. Более того, использование системы практически невозможно в виду сложившейся санкционной политики, в связи с этим, использование системы для подсчета скорости загрузки в современных реалиях не имеет практического значения.

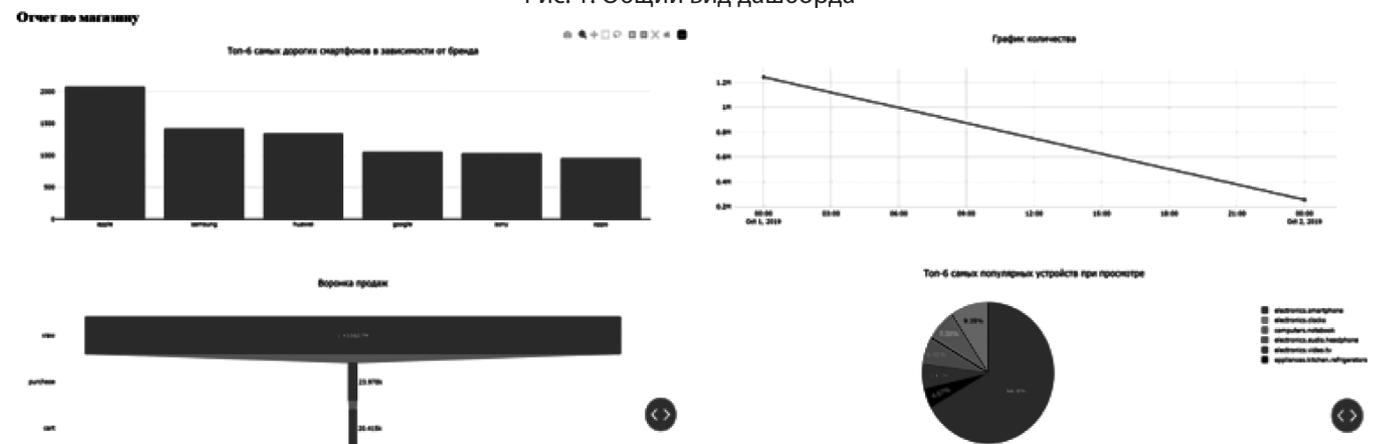
Для сравнения построим дашборды в MS Power BI, Data Studio и непосредственно с помощью Dash. Общая структура дашборда изображена на Рисунке 1.

Более подробно рассмотрим построение дашборда с помощью Python. Изначально необходимо импортировать необходимые для проведения разработки библиотеки. Далее, импортируем данные в переменную с помощью библиотеки Pandas. После этого на основании полученных данных обрабатываем их с помощью агрегации для построения визуализации.



Источник: Составлено авторами на основании [7], [8], [9]

Рис. 1. Общий вид дашборда



Источник: Составлено авторами на основании [10]

Рис. 2. Дашборд, построенный с помощью Python Dash

На основании полученных агрегаций сделаем хостинг аналитического дашборда на локальном компьютере, после чего увидим результат.

Исходя из проделанной работы, можно утверждать о том, что агрегированные данные с помощью различных средств визуализации одинаковы в результирующем итоге, а также бизнес-смысле. На их основании можно проводить сравнительный анализ.

Сравнительный анализ необходимо построить на основании ключевых факторов, влияющих на скорость разработки BI решения, скорости его работы и использования в современных законодательных условиях (Табл. 1). Исходя из эмпирических наблюдений была составлена следующая сравнительная таблица, приведенная ниже.

Таблица 1.

Сравнительные характеристики BI-систем и Dash

	Скорость обработки данных и построения визуализаций	Сложность построения (макс)	Возможности персонализации (макс)	Возможность использования стороннего сервера без специализированного ПО	Максимальный объем данных
Power BI RS	4:23	1	2	–	1 ГБ (без Premium)
Datastudio	40:23	2	1	–	
Dash (Python)	1:01	3	3	+	Зависит от мощности компьютера

Источник: Составлено авторами на основании [7], [8], [9]

Исходя из таблицы можно сделать следующие выводы:
 — разработка дашборда с помощью языка программирования делает его более производительным, чем использование коробочного решения, которое само написано на одном из языков [11];

- при одинаковых вычислительных мощностях дашборд разработанный с помощью Dash показывает лучшие результаты, в том числе из-за внутренней агрегации данных [12];
- возможности персонализации дашборда на Dash являются самыми широкими за счет использования CSS, HTML и JS однако, в Power BI также используют популярные визуальные практики [13];
- для разработки BI-системы на основании Python требуются высококвалифицированные сотрудники, знающие инструменты обработки данных на Python, включая библиотеки Numpy и Pandas, а также имеющие навыки программирования JS, HTML.

Итак, на основании проведенного исследования, можно прийти к следующему выводу: действительно, в современной правовой реальности можно успешно разрабатывать дашборды с помощью Dash, при этом они смогут работать с большим объемом данных и иметь хорошие возможности для визуализации. Однако могут появиться сложности при создании, так как это требует высокой квалификации. При прочих возможностях тестирования различных BI решений с одного АРМ с присущими ему неизменными техническими характеристиками можно сделать вывод, что для обработки значительных и больших данных по объему без использования предварительной агрегации наиболее успешно использование не коробочных BI систем, а специализированных языков программирования в виду ограничений на объем принимаемых данных и отсутствия инструментов внутренней агрегации больших данных, как, например, Yandex Datalens, что усложняет первичный анализ данных. Однако, стоит отметить, что, например, использование специализированной библиотеки Dash языка программирования Python требует значительных человеческих ресурсов, как в квалификации разработчика BI решения, так и в его владения методиками внутренней агрегации данных и персонализации UI.

ЛИТЕРАТУРА

1. Указ Президента Российской Федерации от 30.03.2022 № 166 «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».
2. Федеральный закон от 27.07.2006 N 149-ФЗ (ред. от 08.06.2020) «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».
3. Федеральный закон от 27.07.2006 N 152-ФЗ (ред. от 30.12.2020) «О персональных данных» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2021).
4. Даббас Э., Интерактивные дашборды и приложения с Plotly и Dash. Используем полноценный веб-фреймворк в Python на всю мощь — без JavaScript / перевод с английского А.Ю. Гинько. — Москва: ДМК Пресс, 2023. — 306 с.
5. Зыкова Г.В., Основы программирования на языке Python: учебно-методическое пособие / Г.В. Зыкова, А.С. Попов, Т.Н. Сапуглецева; научный редактор Г.В. Зыковой. — 2-е изд., стер. — Москва: ФЛИНТА, 2020. — 135 с.
6. Маккинни, У. Python и анализ данных / У. Маккинни; перевод с английского
7. Microsoft Power BI documentation [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/power-bi/> (Дата обращения 10.01.2024)
8. Tableau documentation [Электронный ресурс] — [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/power-bi/> (Дата обращения 10.01.2024)

9. Documentation of the Data Studio library [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/power-bi/> (Дата обращения 10.01.2024)
10. Dash Python Library Documentation [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/power-bi/> (Дата обращения 10.01.2024)
11. Мерчант, Б. Power BI: передовые методы оптимизации; перевод с английского А.Ю. Гинько. — Москва: ДМК Пресс, 2023. — 282 с.
12. Трифанов, Д.С. Архитектурное решение построения системы сквозной аналитики на основании open source ETL-систем / Д.С. Трифанов, А.А. Простакова // XXXV международные Плехановские чтения: Сборник статей дипломантов, Москва, 22–24 марта 2022 года. — Москва: Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, 2022. — С. 297–301. — EDN CNMPGY.
13. Черников Б.В., Попов А.А. Выбор информационной системы с учетом уровня готовности предприятия к информатизации // Информатизация и связь. 2016, №3, с. 152–159.

© Трифанов Данила Сергеевич (trifanovrmk@gmail.com); Простакова Анастасия Александровна (prostakova.anastasia@yandex.ru);
Попов Алексей Анатольевич (porov.aa@rea.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВОПРОС ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМИНА «ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК» В СОВРЕМЕННОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ОБЩЕСТВЕ

THE QUESTION OF THE USE OF THE TERM «DIGITAL DOUBLE» IN THE MODERN INFORMATION SOCIETY

**A. Chernigin
S. Plotnikov**

Summary. Introduction. The article is devoted to the problems in the modern information space related to the definition and application of the term «digital twin». The article analyzes the modern general definition of a digital double using the semantics of language constructions. The assessment of the relevance of the modern concept and the possibility of useful application of the concept of «digital twin» in various sectors of human activity is given. The correctness of the conducted research is confirmed by means of testing with the involvement of experts. The purpose of the work is to determine the spectrum of tasks of modern engineering, where clarification of the conceptual space of the definition of «digital twin» is required.

A modern concept. Consideration of the concept under study allows us to identify key points, determine the criteria of conformity and types of the term in question, generally accepted in modern society. The information obtained allows us to form an idea of an abstract idea of the necessary and desired capabilities of doubles.

Problems of the concept. Applying semantic methods to previously defined data, the definition and criteria of digital doubles with their isolation and transformation into a formula expression are investigated. The validity of the proposed expressions is considered in practice. An example of the problem associated with the vagueness of the definition and emerging contradictions in the classical concept of a digital double is demonstrated. The actual issues of the use of the term in the modern information society are determined

Testing with the involvement of experts. For a detailed study of the modern concept of the term, testing was carried out by a group of experts formed taking into account the application of this technology in various fields. The conducted research confirmed the problems and differences in the representation of doubles, and also allowed us to talk about the need for clarification, refinement and subsequent adaptation to the modern field of computer graphics and further development of the term. expert testing allows us to draw additional conclusions that at the moment, from the point of view of terminology, the idea of digital twins causes difficulties for information technology specialists. Reworking or clarifying the term will improve interdisciplinary interaction in various fields and at different levels of human interaction.

Keywords: industry 4.0, Digital twin, information systems and technologies, computer graphics, semantics.

Чернигин Андрей Николаевич

Аспирант, ассистент, МИРЭА —
Российский технологический университет
Usller@yandex.ru

Плотников Сергей Борисович

Кандидат технических наук, доцент,
МИРЭА — Российский технологический университет
Plotnikovsb@mail.ru

Аннотация. Введение. Статья посвящена проблемам в современном информационном пространстве, связанным с определением и применением термина «цифровой двойник». В статье анализируется современное общее определение цифрового двойника с использованием семантики языковых конструкций. Дается оценка актуальности современной концепции и возможности полезного применения понятия «цифровой двойник» в различных секторах деятельности человека. Корректность проведенного исследования подтверждается по средствам тестирования с привлечением экспертов. Целью работы является определение спектра задач современной инженерии, где требуется уточнение понятийного пространства определения «цифровой двойник».

Современная концепция. Рассмотрение исследуемого понятия, позволяет выявить ключевые моменты, определить критерии соответствия и виды рассматриваемого термина, общепринятые в современном обществе. Полученные сведения, позволяют сформировать представление об абстрактном представлении о необходимых и желаемых возможностях двойников.

Проблематика концепции. Применяя семантические методы к определенному ранее данным, исследуется определение и критерии цифровых двойников с выделением и преобразованием их в формульное выражение. Рассматривается на практике правомерность выдвигаемых выражений. Демонстрируется пример проблемы, связанной с расплывчатостью определения и возникающие противоречия в классической концепции цифрового двойника. Определены актуальные вопросы применения термина в современном информационном обществе

Тестирование с привлечением экспертов. Для детального изучения современного представления о термине проводилось тестирования группой экспертов, сформированной с учетом применения данной технологии в различных сферах. Проведённое исследование, подтвердило проблемы и различия в представлении двойников, а также позволило говорить о необходимости уточнения, доработки и последующей адаптации к современной сфере компьютерной графики и дальнейшего развития термина. экспертное тестирование позволяет сделать дополнительные выводы, что на данный момент, с позиции терминологии представление о цифровых двойниках вызывает затруднения у специалистов по информационным технологиям. Переработка или уточнение термина позволит улучшить междисциплинарное взаимодействие в различных сферах и на разных уровнях человеческого взаимодействия.

Ключевые слова: индустрия 4.0, Цифровой двойник, информационные системы и технологии, компьютерная графика, семантика.

Введение

Цифровые двойники являются важным концептуальным понятием, методологией и технологией в современном информационном обществе. На данном этапе развития общества, науки и промышленности, цифровые двойники являются важным научным и инженерным базисом для перехода к промышленной революции нового поколения, а именно индустриализации 4.0.

Многие ведущие разработчики и техно-гиганты, такие как Google, Apple и AMD разрабатывают собственный инструментарий для создания цифровых двойников с целью как научных исследований, разработки, тестирования сложных систем, так и сопровождения их производства и использования. Это обеспечивает быстрый и эффективный доступ к требуемым цифровым версиям своих изделий, большим объемам данных и информации, в том числе о взаимодействии с техносферой [1], [2], [3]. Несмотря на то, что компании сообщают о проведении исследований по созданию специализированных цифровых ассистентов, еще не было официальных заявлений в этом направлении о научных результатах, инженерных решениях и эффективном применении этих решений. Несомненно, что не только современный бизнес всех секторов экономики, но и научное общество заинтересованно в результатах исследований и использования цифровых двойников, цифровых помощников.

Технологии «цифровой двойник» могут обеспечить во многих случаях конкурентные преимущества, например, при, так называемом прогнозируемом обслуживании, когда виртуальные копии осуществляют постоянные, дистанционные взаимодействия со своими физическими прототипами, собирая различную информацию о состоянии с помощью датчиков. Анализ собранных данных позволяет оптимизировать работу, прогнозировать возможные поломки и т.п. [4], [5].

По существу, цифровые двойники становятся значимой частью современного мира, во многом определяющим темпы технологического развития, поэтому важно, именно сейчас на понятийном уровне, например, для спектра научных и инженерных задач компьютерной графики, решить задачу, связанную с оценкой, пониманием и границами определения «цифровой двойник» [6].

В обществе уже утвердилось определение цифрового двойника, как аналога реального объекта, который содержит абсолютно всю информацию о нем. Однако, на современном этапе развития науки и техники данная отличительная особенность реализуется лишь частично, в частности, ввиду ограниченности знаний о любых природных или рукотворных объектах и возможности вычислительных средств, моделирующих объекты.

Современная концепция

Изначальная концепция цифрового двойника подразумевает процесс получения цифровой копии физического объекта или процесса, с целью оптимизации эффективности создания и применения данного объекта. Другой весомой частью понятия цифрового двойника являются прототипы, или же до-физическая сущность, используемая с целью получения первичных данных об объекте исследования, что позволяет выявить критические заблуждения и ошибки, тем самым минимизируя затраты, связанных с реализацией технически сложных устройств в реальности. В этом смысле, полезно обобщенное и структурированное понятие, предложенное Майклом Гривзом в начале 21го века (представлено далее) [7].

Доцифровой двойник, или прототип — виртуальное представление разрабатываемой системы или процесса, используемый для выявления фундаментальных проблематик, до создания физического воплощения.

Цифровой двойник экземпляра — она же виртуальная модель, имеет в своей основе объект копирования, но чаще всего получает данные от однократного считывания объекта различными методами. В отличие от прототипа, цифровой экземпляр в подавляющем большинстве используется для дальнейшей работы вне естественной среды функционирования, в тех случаях, когда нет возможности предоставить всю систему целиком или в этом нет необходимости.

Умные цифровые двойники или агрегированные — самый совершенный двойник с точки зрения развития и передачи свойств от наследуемого существующего объекта. Основное преимущество — прямая связь и непрерывное получение данных, и само обновление двойника с использованием, например, датчиков и интернета вещей.

Общие требования, предъявляемые к цифровым двойникам:

- цифровой двойник должен иметь внешнее сходство;
- виртуальный продукт должен вести себя реалистично, другими словами, повторять поведения реального или симулировать поведение реального;
- цифровой двойник должен обладать возможностью динамического изменения представления о реальном физическом объекте или процессе.

Проблематика концепции

Опираясь на приведенные критерии и типы, с определенной долей приближения, можно структурировать данные о любом цифровом двойнике, однако, на прак-

тике в компьютерной графике, всё чаще, употребляется знак равенства, между терминами «цифровой двойник» и «3D модель». Рассмотрим правомерность этой позиции подробнее.

Используя критерии двойника, возможно это проверить для каждого случая, учитывая проблему, возникающую в момент масштабирования. В случае рассмотрения общей картины с применением семантики [8], получено соотношение:

$$(\exists p_1 \subset d\{x_1, x_2, \dots, x_n\}), (d \rightarrow D(p_1)), \quad (1)$$

где p — критерии цифрового двойника, а d — объект, называемый цифровым двойником, x — параметры объекта.

Из чего следует, что при масштабировании любой виртуальный объект будет цифровым двойником, и принадлежность зависит только от размера $d\{\dots\}$ множества переменных, из чего следует второе соотношение:

$$\lim_{x_n \rightarrow \infty} d\{x_1, x_2, \dots, x_n\} \ni D(p_1). \quad (2)$$

Рассмотрим на практике правомерность данного утверждения. Любая цифровая трехмерная модель копирует реальный объект или является следствием агрегации нескольких независимых, таким образом модель отвечает первому критерию внешнего соответствия. С другой стороны, не существует возможности досконально повторить реальный объект, скопировав «каждый его атом» и перенеся в виртуальное пространство, однако развитие технологий позволяет добиваться все большего совпадения копии с реальным объектом, системой или комплексом. Из этого следует неразрешенная неопределенность: «в какой момент, копия системы достаточна, чтобы соответствовать внешнему сходству?».

Логичным ответом может являться — как только внешнего сходства и поведения хватает для решения задачи, с данной допустимой погрешностью, то мы можем утверждать, что цифровой объект выполняет свои задачи и может считаться двойником:

$$(\exists c_1\{x_1, \dots, x_n\} \in c_2\{x_1, \dots, x_n\}), (p_n \rightarrow p_1) \quad (3)$$

То есть, если существует такой набор c_1 параметров x , предъявляемых для соответствия задач объекта, в наборе c_2 параметров объекта, то выполняется один или нескольких критериев цифрового двойника p_1 . Важным замечанием является — невозможность утверждать, что

$$(\forall x_n \notin y\{p_1^{(m)}, p_2^{(m_2)}, \dots, p_s^{(m_s)}\}) \quad (4)$$

множество y параметров не является подмножеством всех параметров x . Другими словами, нет полной уве-

ренности, что каждый параметр, содержащийся в задаче или объекте, до конца воссоздан для реализации цели задачи и не будет отличаться в своем физическом или ином свойстве, а также не является итогом другого явления или события, что может повлиять на корректность и достоверность измерений. Тем самым без использования бесконечного множества переменных состояний системы невозможно создать абсолютно полного двойника [9]. Добавления множества параметров тоже не может являться решением проблемы, т.к. вычислительные ресурсы конечны и одновременно с этим, невозможно перенести на них всю бесконечность переменных. В таком случае без использования упрощенного представления системы двойника и игнорирования ряда факторов, параметров и свойств, невозможно получить решение наших задач.

Проявление противоречий и неопределенностей показывает многогранность и неоднозначность исследуемого вопроса. При рассмотрении критерия внешнего соответствия, взаимосвязано с ним проявляется следующий критерий — «объект должен вести себя реалистично...», одновременно не получено исчерпывающее решение проблемы, что является внешним сходством и на сколько оно должно быть досконально воссоздавать объект, аналогично с реалистичностью поведения. Если продолжить углубление в детали и попытаться смоделировать двойника, который будет отражать систему двойников, другими словами, рекурсией самого двойника, то мы получаем еще более сложную систему, как для расчетов, так и для определения критериев, возникает парадокс: «рекурсивного двойника». В случае игнорирования условия отображения бесконечного повторения двойника внутри копируемого двойника, возможно получить решение для задачи копирования, если заранее определена глубины рекурсии, но остается вопрос о корректности воспроизведения реального объекта.

По следующему критерию цифрового двойника — «динамичность», возникают две основных неопределенности.

Какой критерий динамичности цифрового двойника? Должен ли он обновляться по возможности или под влиянием условий? Другими словами, при выполнении каких условий, он должен непрерывно соответствовать реальному прототипу, досконально копируя его как внешне, так и в параметрах свойств, а в каких моментах может остановить процесс симуляции поведения объекта, с целью углубления анализа о состоянии объекта в конкретный промежуток времени.

Ввиду фундаментальности определения цифрового двойника, происходит пересечение и отражение аналогичных проблем в других областях, одна из которых философия и тема: «Парадокс корабля Тесея». Если наш

двойник не должен быть статичным, то в какой момент при очередном изменении в свойствах или параметрах двойника он станет новым двойником?[10]

Рассмотрим ЦД реального объекта, при преобразовании выше приведенных уравнений может быть получена следующая зависимость:

$$(\exists p_1 \subset d\{x_1, x_2, \dots, x_n\}), (d \rightarrow D(p_1)),$$

Если $p_1 \neq p_2$

$$(\exists p_2 \subset d\{x_1, x_2, \dots, x_n\}), (d \rightarrow D(p_2)) \quad (5)$$

где в случае изменении критериев в наборе функций объекта p_2 , объект все еще остается цифровым двойником, если в нем выполняются изначальные критерии цифрового двойника. Если изменился набор, используемый для подтверждения первоначального термина, то двойник будет являться новым $D(p_2)$ с отличительными свойствами. Важным остается момент, что данное условие выполняется при наборе критериев p_2 не равны первоначальному p_1 . Таким образом набор параметров может служить фактором изменения двойника, замена объекта копирования по причинно-следственной связи приведет к получению нового цифрового двойника. Можно выразить суждение, что «если у объекта меняются только величина в характеристике одного или нескольких параметров, но остается неизменным набор этих параметров, то объект соответствует параметру динамичности». Другими словами, данное суждение не противоречит выдвинутому ранее уравнением.

Проблема, вытекающая из этого, заключается в определении пределов объекта копирования. Рассмотрим ее на примере компьютерной графики [11], если объект изменил только форму в случае цифровой двойник, который симулирует геометрические примитивные фигуры. При изменении примитива, например, октаэдра на сферу, это является изменением геометрической фигурой на аналогичную, другими словами, было изменена характеристика параметра, а не сам параметр. Пример соответствует параметру динамичности системы с точки зрения критериев двойников. Но при выполнении задачи поиска радиуса или объема фигуры необходимо изменить метод подсчета, так как он различается для разных фигур, применение формулы поиска объема, приведет к неверному решению. Следовательно, двойник не будет себя реалистично вести, что противоречит второму критерию соответствия двойнику. В случае изменения самого параметра — «формула расчета объема» будет получен новый двойник, так как он использует новые свойства и правила. Одновременно с этим используется старый цифровой двойник, который взаимодействует с геометрическими примитивами.

Данный пример является демонстрацией проблемы, связанной с расплывчивостью определения [12] и одновременно возникающих внутри самих критериев противоречий. В случае более углубленного анализа двойника, можно заметить следующий паттерн, если первоначально был создан двойник геометрических примитивов, то он по определению должен был носить в себе все свойства, всех примитивов, тем самым позволяя заменять фигуры на другие. Противоречие заключается уже в самом описании этого двойника, т.к. нет точных и конкретных критерием того, что подразумевается и где будет использоваться данный двойник. В случае использования математических формул фигур, при изменении будет получено ложное решение для сферы. Противоположно предыдущему примеру, если задача заключается, в визуальном отображении объекта на основе математических функций, то параметр, в части точности размеров, уже не является критическим недостатком и не влияет на выполнение поставленных задач. Данные примеры иллюстрируют критическую важность в части точного определение задач и области последующего применения.

Невозможность комплексного описания такого объекта, как цифровой двойник и расплывчивость самого определения двойника свидетельствует о поверхностном отражении самого понятия и, вследствие этого, появлением трудности в коммуникации разных агентов: человек—человек, человек—цифровое устройство, устройство—устройство.

Развитие общества, науки и инженерий, одни термины и определения меняются на другие, более детально отражающие задачи познания окружающего мира. Учитывая изложенное ранее, видятся задачи разрешения следующих самых актуальных вопросов применения термина «цифровой двойник» с учетом современных тенденций в информационных технологиях:

- Где находится граница, того, что можно называть цифровыми двойниками?
- Возможно ли считать всё, что смежно с технологиями цифровизации — двойником в той или иной степени, если отвечает критерию динамичности?
- Является ли, цифровой двойник в современном искусстве, проявлением творческой составляющей человека, который использует цифровой двойник компьютерной графики, как отражение своих мыслей, идей и мышления или является ошибочным выражением, которое не относится к области двойников?
- NFT токен (невзаимозаменяемый токен) — это цифровые двойники классического искусства и творчества или циклический тупик технологий?
- Точность определения в части критериев соответствия цифрового двойника, помогут решить существующие проблемы или послужат основой для еще большего числа новых?

— Может ли принцип получения и создания цифровых двойников влиять на их определение?

Искусственный интеллект или чаще употребляемый термин AI в данный момент является одним из самых острых моментов развития современных технологий [13], который вызывает самые большие этические споры в различных направлениях технического прогресса. Область двойников не стала исключением, последний вопрос является отражением проявления в данной области. Факт признания или не признания равноценности созданных двойников машиной без участия людей, может кардинально, изменить представление о сути двойников.

В связи с разными толкованиями термина «цифровой двойник» наблюдается недопонимание как в межличностном взаимодействии людей, так и появление, в следствие этого ошибок, например, при создании больших многоагентных системах [14], где применяются автоматизированные системы наравне с людьми. На данный момент проблема качественной коммуникации является основной для термина «цифровой двойник».

Тестирование с привлечением экспертов

Для подтверждения или опровержения ранее выдвинутых предположений было проведено тестирование отобранными экспертами [15], [16]. Состав экспертной комиссии:

- 2 эксперта, использующие в работе цифровые двойники предприятия. Данные эксперты работают с двойниками предприятий и систем производственных цепочек, а также разрабатывают данные системы. Они входят в изначальную область, которая была первоначально описана в классической концепции о ЦД [7];
- 2 эксперта-аналитика, больших данных в исследованиях социальных процессов; эксперты использующие цифровые двойники систем для обработки, анализа и последующего прогнозирования событий [2], [3];
- 3 эксперта, работа которых связана с цифровыми двойниками компьютерной графики, отличие которых от остальных заключается в специализации двойников для использования в визуальном отображении [17];
- 1 эксперт — с творческой работой по созданию художественных изображений в области современного искусства и цифровых технологий [18].

Состав экспертов был основан на предварительном анализе предметной области, а также на выделение основных затрагиваемых областей применения и использования цифровых двойников. Области были определены как гуманитарно-социальная, информаци-

онно-техническая, творческо-художественная и производственно-технологическая.

Обсуждения между экспертами в момент проведения тестирования отсутствовали. Вопросы были разделены на 3 типа, на каждый из которых эксперту предлагалось дать один или несколько ответов на свое усмотрение:

- Что по мнению эксперта может считаться цифровым двойником — сформированный пример готовой системы или объекта на основе критериев цифрового двойника?
- Что из продемонстрированного может соответствовать термину ЦД — графическая иллюстрация внешнего представления или проявления визуализации цифрового двойника?
- Какая классификация, по мнению эксперта отражает термин ЦД? Блок вопросов, связанных с делением и систематизацией самих цифровых двойников, а также свойств, которыми должен обладать продукт, для получения статуса «Цифровой двойник»?

С целью снижения влияния эффекта «Барнума-Форера» (эффект субъективного подтверждения) [19], каждый тип вопросов включал в себя несколько одинаковых вопросов, с разным соотношением общих представлений о цифровом двойнике.

По результатам проведенного тестирования (рис. 1), эксперты единогласно сошлись только по одному пункту — виртуальная 3D модель реального объекта может считаться цифровым двойником. Утвердительный ответ в данном вопросе связывается с самым простейшим представлением о цифровых двойниках. Виртуальная модель уже является цифровым воплощением объекта, наследуя внешние свойства реального объекта, тем самым демонстрируя два параметра соответствия термину «цифровой двойник»: внешнее соответствие и реалистичное поведение, в данном случае без уточнения задачи двойника. Стоит так же отметить, что в данном вопросе вторым, по числу отданных голосов, стал цифровой двойник производственного цикла, что свидетельствует о корреляции термина «цифровой двойник» и «производство» в представлении людей.

Визуализация цепочки поставок предприятия, представленная в следующем наборе (рис. 2), может считаться цифровым двойником, единогласно признали эксперты. Данный вопрос отображает не только единое согласие экспертов по одному из примеров, а одновременно с этим, ставит под сомнение ряд систем, которые могут считаться цифровым двойником. С учетом предыдущего вопроса, можно заметить корреляцию термина ЦД и связанных с производством аспектов, одновременно с этим, критическое расхождение по остальным примерам, говорит о низкой согласованности в опре-

Что по вашему мнению может считаться цифровым двойником?

9 ответов

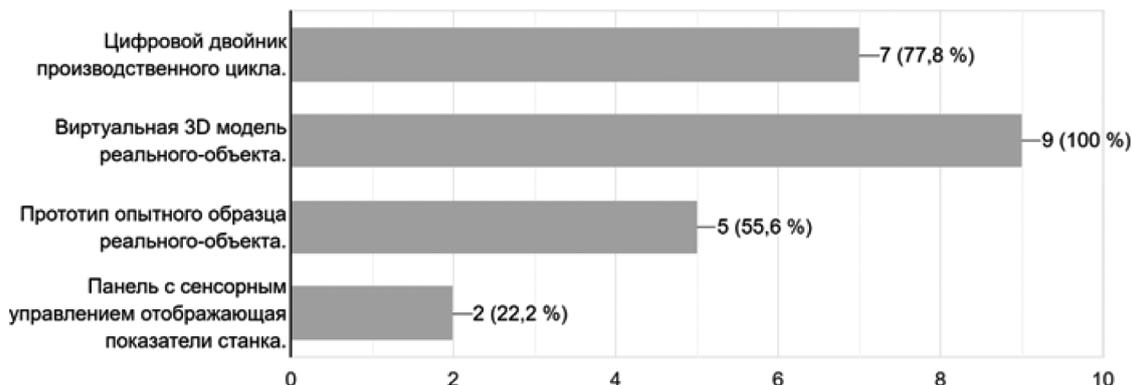


Рис. 1. Вопросы субъективного восприятия термина (вопрос 1)

Что по вашему мнению может считаться цифровым двойником?

9 ответов

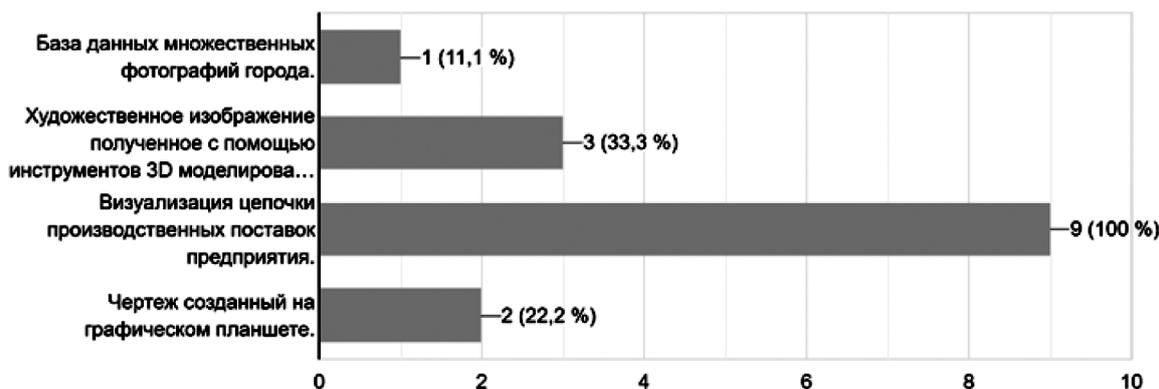


Рис. 2. Вопросы субъективного восприятия термина (вопрос 3)

Согласны ли вы с данными с утверждениями о видах термина "Цифровой двойник"

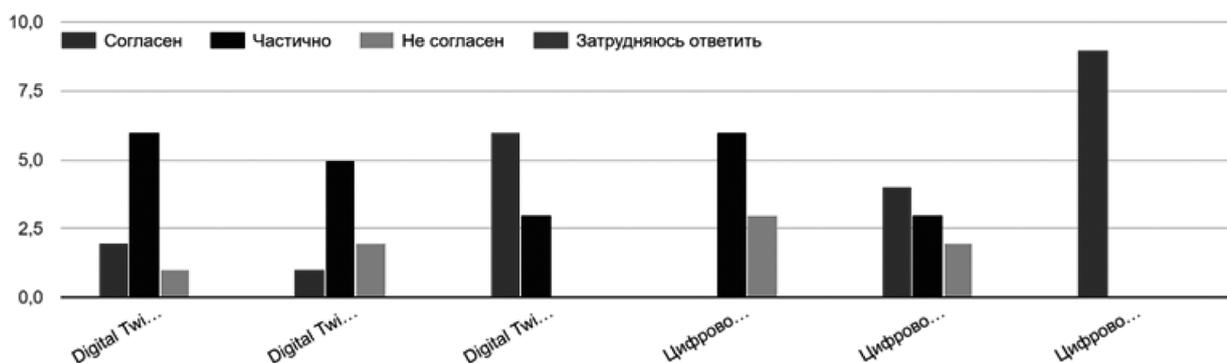


Рис. 3. Распределение голосов о вариантах делении термина

делении термина. В частности, изображение, полученное с помощью инструментов 3D моделирования, получило только треть голосов, против изначальных всех в первом вопросе. Данную особенность интересна тем, что итогом использования 3D-инструментов чаще всего является 3D модель объекта, таким образом можно

сделать предположение: «Не всегда объект, полученный с помощью инструментов создания двойников, будет являться двойником».

Последний вопрос, в котором есть согласие в ответах экспертов является вопрос о классификации и опреде-

лении термина ЦД экспертов (рис. 3). Основой данного вопроса являются классические виды двойников, представленные в открытых источниках. Были использованы 3 определения данных на английском языке и 3 определение аналогичные первым на русском языке. «Цифровой двойник изделия — позволяет производить множественные тестирования и испытания, на перенесенных в цифровую среду объектах.» — эксперты полностью согласились с данным утверждением.

Утвердительный ответ свидетельствует об их общем представлении о цифровом двойнике, как некоем виртуальном объекте, способном заменить реальное тестирование. Данный аспект большее всего соответствует второму критерию двойника: «должен вести себя реалистично при проведении тестирования». Схожесть ответов экспертов разных профессий свидетельствует, об общей цели двойников, не зависимо от области применения.

Одновременно с изложенным выше, отличия в оценках остальных видов отражает различия в представлении и вкладываемом смысле. Это может свидетельствовать о различии исходных позиций экспертов, на основании которых формируется соответствие термину «цифровой двойник», разноплановыми в областях применения двойников.

Основываясь на проведенном тестировании, можно заключить, что эксперты существенно расходятся в своих мнениях по предложенным вопросам, что свидетельствует о неоднозначном представлении термина в современном его употреблении. Одновременно с этим, существует общность представлений, не смотря на разные области профессиональной деятельности экспертов, что позволяет им без затруднений понимать друг друга и представляемые сущности в определенные моменты.

Заключение

На основании проведенного исследования, можно говорить о необходимости уточнения, доработки последующей адаптации к современной сфере компьютерной графики и дальнейшего развития термина «цифровой двойник». Проведенное экспертное тестирование позволяет сделать дополнительные выводы, что на данный момент, с позиции терминологии представление о цифровых двойниках вызывает затруднения у специалистов по информационным технологиям. По предположению переработка или уточнение термина позволит улучшить междисциплинарное взаимодействие в различных сферах и на разных уровнях человеческого взаимодействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. van Houten H. The rise of the digital twin: how healthcare can benefit—Philips //URL: <https://www.philips.com/aw/about/news/archive/blogs/innovation-matters/20180830-the-rise-of-the-digital-twin-how-healthcare-can-benefit.html>. — 2020.
2. CeArley D. et al. Top 10 strategic technology trends for 2018 //The Top. — 2016. — Т. 10. — С. 1–246.
3. Forni A.A. Gartner identifies the top 10 strategic technology trends for 2017 //URL: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2016-10-18-gartner-identifies-the-top-10-strategic-technology-trends-for-2017>. — 2016.
4. Rosen R., Wichert G., Lo G., Bettenhausen K. About The Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing. — IFAC PapersOnLine, 2015, Pages 567–57
5. F. Tao, H. Zhang, A. Liu and A.Y.C. Nee, «Digital Twin in Industry: State-of-the-Art», in IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 15, no. 4, pp. 2405–2415, April 2019, doi: 10.1109/TII.2018.2873186.
6. Ivanov D. et al. Digital supply chain twins: Managing the ripple effect, resilience, and disruption risks by data-driven optimization, simulation, and visibility // Handbook of ripple effects in the supply chain. — 2019. — С. 309–332.
7. Grieves M. Digital twin: manufacturing excellence through virtual factory replication //White paper. — 2014. — Т. 1. — №. 2014. — С. 1–7.
8. Jacobson P. I. Compositional semantics: An introduction to the syntax/semantics interface. — Oxford Textbooks in Linguistic, 2014.
9. Hall D. G. Continuity and the persistence of objects: When the whole is greater than the sum of the parts //Cognitive Psychology. — 1998. — Т. 37. — №. 1. — С. 28–59.
10. Rips L.J. Split identity: Intransitive judgments of the identity of objects //Cognition. — 2011. — Т. 119. — №. 3. — С. 356–373.
11. Тюзик В. Т. Инженерная и компьютерная графика. — БХВ-Петербург, 2013.
12. Sharma A. et al. Digital twins: State of the art theory and practice, challenges, and open research questions //Journal of Industrial Information Integration. — 2022. — С. 100383.
13. Карпов В.Э., Готовцев П.М., Ройзензон Г.В. К вопросу об этике и системах искусственного интеллекта //Философия и общество. — 2018. — №. 2(87). — С. 84–105.
14. Городецкий В.И., Бухвалов О.Л., Скобелев П.О. Современное состояние и перспективы индустриальных применений многоагентных систем //Управление большими системами: сборник трудов. — 2017. — №. 66. — С. 94–157.
15. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование. Часть 2. Экспертные оценки. — 2011.
16. Тесленко В.И. Методика анализа и оценка результатов тестирования //Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. — 2006. — №. 1. — С. 78–95.
17. Kwastek K. Aesthetics of interaction in digital art. — Mit Press, 2013.
18. Qiu C. et al. Digital assembly technology based on augmented reality and digital twins: a review //Virtual Reality & Intelligent Hardware. — 2019. — Т. 1. — №. 6. — С. 597–610.
19. Калита В.В., Гайдай А.С. Профессиональная направленность и тип описания как детерминанты эффекта Барнума //Вестник Кемеровского государственного университета. — 2013. — Т. 1. — №. 4 (56). — С. 113–117.

ВНЕДРЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И АВТОМАТИЗАЦИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТЬ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

INTRODUCTION OF INFORMATION TECHNOLOGIES AND AUTOMATION IN INDUSTRY: PROBLEMS AND SOLUTIONS

T. Chernyshova
E. Chernyshova
A. Titkov

Summary. The introduction of information technology and automation into industry is a key aspect of the Fourth Industrial Revolution, also known as Industry 4.0. It aims to increase efficiency, reduce costs and improve product quality. However, there are a number of problems along the way that require a comprehensive approach to solving. The article discusses the types of information technology in industry, the advantages and benefits of the introduction of information technology and automation in industry. The problems of the introduction of information technologies and automation in industrial enterprises are identified, as well as ways to solve the identified problems are proposed. The introduction of information technology in industrial enterprises is accompanied by a number of problems faced by IT specialists: uncertainty of requirements and implementation goals, resistance to change on the part of employees, integration with existing systems, data security, complexity of support and maintenance, training and development of competencies, risk assessment and management, limited budgets, scaling problems, maintenance the quality of service. Measures to solve these problems are proposed, as well as a methodology for ensuring cybersecurity of industrial enterprises in the implementation of information technologies, including the following stages: general security strategy, employee training, physical access security, network security, endpoint protection, access control, data backup, data encryption, monitoring and incident response, regular audit and testing vulnerabilities, updating and patching, sharing threat information, compliance with regulatory requirements, an incident recovery plan.

Keywords: automation, industrial automation, information technology, IT, information technology, information technology implementation, information technology in industry.

Чернышова Татьяна Владимировна

Старший преподаватель,
Московский государственный университет технологий
и управления имени К.Г. Разумовского
Chernyshova.T1@yandex.ru

Чернышова Евгения Александровна

Младший научный сотрудник, ООО НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР «СИНТЕЗ»
harchenkoevgenia@gmail.com

Титков Александр Анатольевич

Генеральный директор ООО «ВашЭксперт»
vashexpert2016@yandex.ru

Аннотация. Внедрение информационных технологий и автоматизации в промышленность является ключевым аспектом четвертой промышленной революции, также известной как Индустрия 4.0. Оно направлено на повышение эффективности, сокращение издержек и улучшение качества продукции. Однако на этом пути возникает ряд проблем, которые требуют комплексного подхода к решению. В статье рассмотрены виды информационных технологий в промышленности, преимущества и выгоды внедрения информационных технологий и автоматизации в промышленности. Выявлены проблемы внедрения информационных технологий и автоматизации на промышленных предприятиях, а также предложены пути решения выявленных проблем. Внедрение информационных технологий на промышленных предприятиях сопровождается рядом проблем, с которыми сталкиваются ИТ-специалисты: неопределенность требований и целей внедрения, сопротивление изменениям со стороны сотрудников, интеграция с существующими системами, безопасность данных, сложность поддержки и обслуживания, обучение и развитие компетенций, оценка и управление рисками, ограниченные бюджеты, проблемы с масштабированием, поддержание качества сервиса. Предложены меры по решению данных проблем, а также методика обеспечения кибербезопасности промышленных предприятий при внедрении информационных технологий, включающая этапы: общая стратегия безопасности, обучение сотрудников, физическая безопасность доступа, сетевая безопасность, защита конечных точек, управление доступом, резервное копирование данных, шифрование данных, мониторинг и реагирование на инциденты, регулярный аудит и тестирование уязвимостей, обновление и патчинг, совместное использование информации об угрозах, соблюдение нормативных требований, план восстановления после инцидентов.

Ключевые слова: автоматизация, автоматизация промышленности, информационные технологии, ИТ, информационные технологии, внедрение информационных технологий, информационные технологии в промышленности.

Автоматизация промышленного предприятия включает в себя несколько уровней, начиная от простых автоматических механизмов и заканчивая интегрированными системами, такими как MES (Manufacturing Execution Systems) и ERP (Enterprise Resource Planning), которые позволяют управлять всеми аспектами производственной и деловой деятельности предприятия. Развитие технологий, таких как Интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (AI), машинное обучение и робототехника, продолжает расширять возможности автоматизации, делая процессы ещё более умными и взаимосвязанными.

Растущая популярность внедрения информационных технологий и автоматизации на промышленных предприятиях обусловлена их выгодой. Автоматизация позволяет ускорить производственные процессы и увеличить количество выпускаемой продукции за единицу времени. Внедрение информационных технологий помогает минимизировать расходы на труд, энергию и сырьё за счёт оптимизации производственных процессов. Также автоматизация обеспечивает стабильное качество продукции путём постоянного контроля и устранения человеческого фактора, который может привести к ошибкам и дефектам. Вместе с тем автоматизация сокращает необходимость вовлечения работников в опасные и тяжёлые процессы, тем самым уменьшая риск производственных травм и аварий. Современные авто-

матизированные системы на основе информационных технологий могут быстро перенастраиваться для выпуска новых продуктов или изменения процессов, что делает производство более адаптируемым к потребностям рынка. Кроме того, автоматизация может способствовать более эффективному использованию ресурсов и снижению отходов, влияя таким образом на экологическую устойчивость производства [1, 3, 5].

Внедрение информационных технологий в промышленности является частью процесса цифровой трансформации и охватывает широкий спектр инструментов и систем (рис. 1).

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) позволяют контролировать и управлять производственными процессами в реальном времени, повышая их эффективность и безопасность. Системы планирования ресурсов предприятия (ERP-системы) интегрируют все бизнес-процессы предприятия, от закупок и логистики до производства, продаж и отчетности. Это помогает оптимизировать ресурсы и улучшить взаимодействие между отделами компании. Интернет вещей (IoT) и промышленный интернет вещей (IIoT) — это сенсоры и устройства сбора данных, которые установлены на оборудовании и соединены между собой через интернет, обеспечивая мониторинг состояния оборудования и оптимизацию производ-

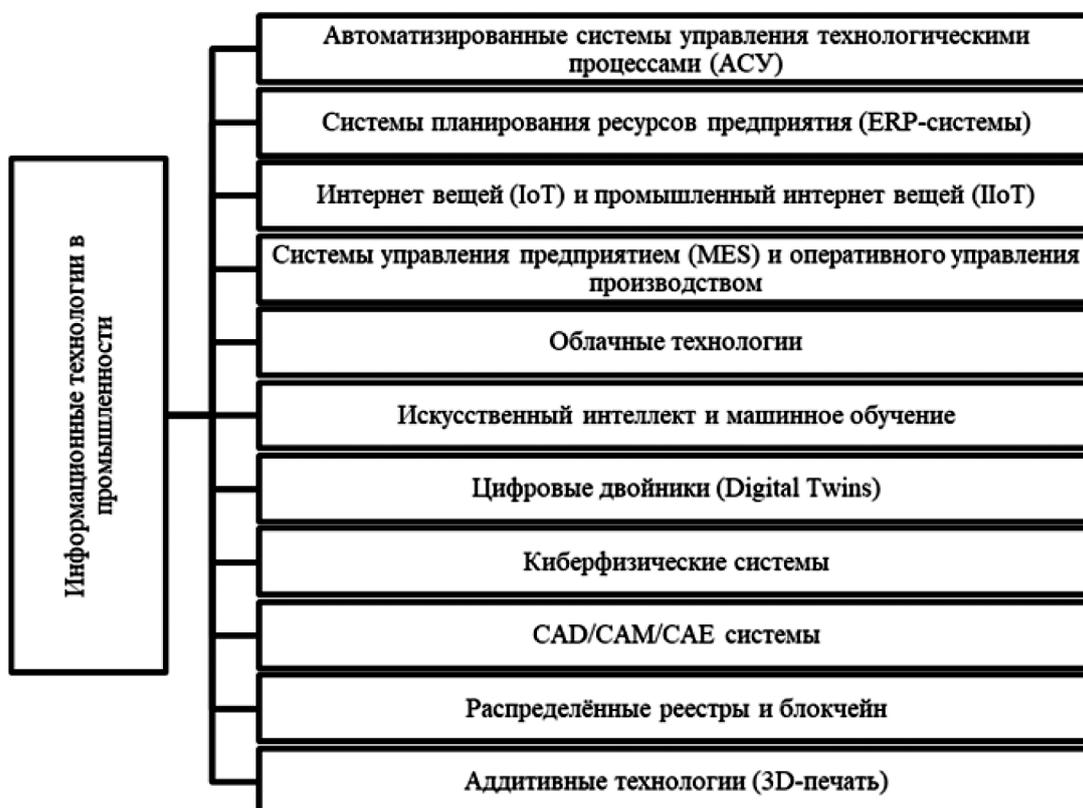


Рис. 1. Виды информационных технологий в промышленности

Источник: составлено автором

ственных процессов. Системы управления предприятием (MES) и оперативного управления производством направлены на более низкий уровень управления в сравнении с ERP и предназначены для оптимизации текущих производственных операций. Платформы и инфраструктура на базе облачных технологий обеспечивают предприятиям гибкость, масштабируемость и доступность вычислительных ресурсов и бизнес-приложений. Искусственный интеллект и машинное обучение — это алгоритмы, позволяющие производить анализ данных и совершенствовать процессы на основе предсказательной аналитики и автоматизации сложного принятия решений [3, 4, 7, 8].

Цифровые двойники (Digital Twins) представляют собой виртуальные копии реального производственного оборудования, процессов или систем, которые используются для моделирования, анализа и оптимизации. Эта технология позволяет моделировать и анализировать работу реального объекта в цифровом пространстве, что даёт возможность оптимизировать его функционирование, проводить эксперименты, прогнозировать результаты изменений и улучшать процессы без вмешательства в реальную систему. Цифровые двойники могут отображать реальное состояние оборудования и производственных процессов в реальном времени, что позволяет более эффективно отслеживать и контролировать автоматизированные системы, а также оперативно реагировать на возможные отклонения и неполадки. В целом, использование цифровых двойников в процессе автоматизации повышает эффективность управления производственными процессами, улучшает качество продукции и сокращает риски, связанные с эксплуатацией оборудования и инфраструктуры на промышленных предприятиях [2].

Киберфизические системы представляют собой такие системы, в которых физические объекты тесно связаны с компьютерными алгоритмами, сетевыми услугами и контролем данных, часто применяются в контексте умных фабрик (Industry 4.0). Системы CAD/CAM/CAE — программное обеспечение для автоматизированного проектирования, производства и инженерного анализа облегчает разработку продукции и подготовку её к производству. Распределённые реестры и блокчейн представляют собой технологии, которые могут быть использованы для улучшения цепей поставок, сертификации продукции и обеспечения прозрачности операций. Аддитивные технологии (3D-печать) — это изготовление объектов путем последовательного наращивания слоев материала, позволяющее создавать сложные детали на заказ и ускорять процесс прототипирования [9, 10].

Эти технологии позволяют улучшить качество производимой продукции, сократить время выхода продукта на рынок, повысить гибкость производства, уменьшить

затраты и усилить конкурентоспособность предприятий. Они также могут помочь в управлении ресурсами, в обучении и развитии персонала, а также в соблюдении законодательства и стандартов касательно безопасности и экологии.

Внедрение информационных технологий на промышленных предприятиях сопровождается рядом проблем, с которыми сталкиваются ИТ-специалисты. Наиболее распространённой проблемой является проблема нехватки финансовых ресурсов, так как большинство информационных технологий требует больших начальных инвестиций. Так, приобретение и внедрение нового специализированного оборудования, программного обеспечения и систем управления может потребовать значительных капитальных вложений. Поэтому ИТ-отделы часто работают с ограниченными бюджетами, что затрудняет приобретение лучших решений и технологий на рынке [5, 7].

Зачастую возникает неопределённость требований и целей внедрения информационных технологий. Например, бизнес-подразделения предприятия не могут четко определить, что они хотят от новых ИТ-систем. Это приводит к неоднозначным требованиям и изменениям в процессе внедрения, что усложняет работу ИТ-специалистов и увеличивает сроки и бюджет проекта.

Другой достаточно распространённой проблемой внедрения информационных технологий информационных технологий является сопротивление изменениям со стороны сотрудников. Многие работники привыкли к определенным процессам и не хотят изучать новые системы. Работники могут сопротивляться внедрению новых технологий из-за опасений потерять работу или необходимости изучать новые навыки [9].

Еще одной проблемой при внедрении информационных технологий является сложность интеграции с существующими устаревшими ИТ-системами. Это требует от ИТ-специалистов глубоких знаний как новых, так и старых технологий, а также дополнительных затрат.

Кроме того, с каждой новой технологией увеличивается риск утечек и кибератак. По мере увеличения количества подключенных устройств растет риск кибератак, что требует вложений в меры по обеспечению безопасности. ИТ-специалисты должны обеспечить защиту данных на всех уровнях, разработать и реализовать политики и процедуры безопасности. Новые ИТ-системы требуют постоянной поддержки и обновлений. ИТ-отделам необходимо обеспечивать бесперебойную работу систем, что может быть затруднительно из-за ограниченных ресурсов. Вместе с тем для эффективного внедрения и поддержки новых технологий ИТ-специалистам необходимо постоянно повышать свою квалификацию и следить за последними тенденциями в области ИТ [6, 9].

Также необходимо отметить, что при внедрении новых ИТ-систем возникают риски, связанные с производительностью, совместимостью и надежностью систем. ИТ-специалисты должны уметь идентифицировать и минимизировать эти риски. Необходимо отметить проблемы с масштабированием информационных технологий, так как новые системы должны быть готовы к масштабированию в соответствии с ростом и изменениями бизнеса. Разработка масштабируемых решений требует глубокого понимания бизнес-процессов и перспектив развития компании. При внедрении новых ИТ-систем важно не только запустить их в эксплуатацию, но и обеспечить высокий уровень обслуживания пользователей, что требует дополнительных усилий и ресурсов [1, 5].

Внедрение ИТ и автоматизации требует комплексного подхода, включающего стратегическое планирование, инвестиции в человеческий капитал, техническое обновление и постоянное совершенствование процессов.

Для преодоления выявленных проблем ИТ-специалистам необходимо тесно сотрудничать с бизнес-подразделениями, четко понимать цели внедрения, а также обладать гибкостью и готовностью к непрерывному обучению и развитию. ИТ-специалисты должны уметь показать сотрудникам преимущества новых технологий, обеспечить поддержку и обучение.

Также необходима реализация комплексных мер безопасности для защиты от киберугроз, которые включают в себя ряд стратегий и инструментов, которые вместе образуют многоуровневую оборону против различных видов атак. Предлагается следующая методика обеспечения кибербезопасности промышленных предприятий при внедрении информационных технологий:

1. Общая стратегия безопасности. Важно начать с создания четко определенной стратегии безопасности, которая включает в себя политику безопасности, стандарты и процедуры для всех аспектов ИТ-системы.
2. Обучение сотрудников. Пользователи являются одной из наиболее уязвимых зон в любой системе безопасности. Регулярные тренинги и информирование сотрудников о типах киберугроз и методах предотвращения инцидентов является ключевым элементом защиты.
3. Физическая безопасность доступа. Защита физического доступа к критически важным системам и оборудованию предотвращает непосредственные попытки вмешательства или кражи данных.
4. Сетевая безопасность. Использование сетевых устройств, таких как брандмауэры (firewalls), системы обнаружения и предотвращения вторжений (IDS/IPS), а также шифрование сетевого трафика для защиты от несанкционированного доступа и перехвата данных.

5. Защита конечных точек. Включает в себя антивирусное ПО, обновление ОС и приложений, чтобы предотвратить эксплуатацию уязвимостей.
6. Управление доступом. Методы аутентификации, авторизации и учета для обеспечения того, чтобы пользователи имели доступ только к тем ресурсам, которые необходимы для их работы.
7. Резервное копирование данных. Регулярное создание резервных копий предотвращает потерю данных в случае атаки.
8. Шифрование данных. Защита чувствительных данных с помощью шифрования, как в хранилищах, так и при передаче.
9. Мониторинг и реагирование на инциденты. Непрерывный мониторинг сети и систем на предмет подозрительной активности и быстрое реагирование на инциденты.
10. Регулярный аудит и тестирование уязвимостей. Проведение плановых проверок безопасности и тестирования на проникновение, чтобы идентифицировать и устранить уязвимости.
11. Обновление и патчинг. Своевременное применение патчей к операционным системам, приложениям и оборудованию помогает закрыть известные уязвимости.
12. Совместное использование информации об угрозах. Сотрудничество с другими организациями и правительственными структурами для получения информации о последних угрозах и лучших методах защиты.
13. Соблюдение нормативных требований. Учет требований законодательства и стандартов, таких как GDPR, HIPAA, PCI DSS и других, в зависимости от сферы деятельности и местоположения организации.
14. План восстановления после инцидентов (Disaster Recovery Plan). Разработка и тестирование плана действий на случай серьёзных инцидентов для минимизации времени простоя и потери данных.

Эффективная кибербезопасность требует постоянной бдительности и адаптации к новым угрозам, так как сфера киберугроз постоянно развивается.

Таким образом, внедрение информационных технологий на промышленных предприятиях сопровождается рядом проблем, с которыми сталкиваются ИТ-специалисты: неопределенность требований и целей внедрения, сопротивление изменениям со стороны сотрудников, интеграция с существующими системами, безопасность данных, сложность поддержки и обслуживания, обучение и развитие компетенций, оценка и управление рисками, ограниченные бюджеты, проблемы с масштабированием, поддержание качества сервиса. Предложены меры по решению данных проблем, а также методика обеспечения кибербезопасности про-

мышленных предприятий при внедрении информационных технологий, включающая этапы: общая стратегия безопасности, обучение сотрудников, физическая безопасность доступа, сетевая безопасность, защита конечных точек, управление доступом, резервное копирование данных, шифрование данных, мониторинг и ре-

агирование на инциденты, регулярный аудит и тестирование уязвимостей, обновление и патчинг, совместное использование информации об угрозах, соблюдение нормативных требований, план восстановления после инцидентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алмазова, К.И. Автоматизация технологических процессов производства на промышленных предприятиях России / К.И. Алмазова, А.О. Курочкина, Р.Н. Берлизев // Тенденции социально-экономического развития в период санкционного воздействия и цифровой трансформации: материалы III Международной научно-практической конференции, Краснодар, 29 марта 2023 года, 2023. — С. 72–76.
2. Арифалин, Н.А. Технология «цифровых двойников» и ее применение в процессе автоматизации основных процессов промышленного предприятия // Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet». — 2022. — №1. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-tsifrovyyh-dvoynikov-i-ee-primeneniye-v-protsesse-avtomatizatsii-osnovnykh-protsessov-promyshlennogo-predpriyatiya> (дата обращения: 17.02.2024).
3. Бояркин, А. Автоматизация в промышленности: технологии, виды, этапы внедрения. — URL: <https://sales-generator.ru/blog/avtomatizatsiya-v-promyshlennosti/?ysclid=lsps37uo7r683827715> (дата обращения: 17.02.2024).
4. Жуков, А.О. Автоматизация и цифровая трансформация основных бизнес-процессов промышленных предприятий с помощью искусственного интеллекта / А.О. Жуков, С.В. Пономарева, Н.А. Мерзлякова // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № 2. — С. 15–24.
5. Захаров, Н.А. Автоматизация процессов производства: системы автоматизации / Н. А. Захаров // Актуальные проблемы общества, экономики и права в контексте глобальных вызовов: Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, Москва, 14 апреля 2023 года, 2023. — С. 217–220.
6. Маштакова, А.В., Файзрахманова Е.В. Автоматизация бизнес-процессов на предприятии с помощью Robotic process automation // Экономика и бизнес: теория и практика. — 2021. — №1-1. — С. 205–208.
7. Мечикова, М.Н. Практика и перспективы внедрения технологий индустрии 4.0 на российских промышленных предприятиях в неблагоприятных внешнеэкономических условиях / М.Н. Мечикова, Т.Д. Климачев // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. — 2023. — Т. 12, № 2. — С. 100–106. — DOI 10.24412/2225-8264-2023-2-100-106.
8. Мотькин, И.Д. Особенности применения интернета вещей в промышленности / И.Д. Мотькин, М.И. Кондрашов // Технологии. — 2023. — № 2-2(214). — С. 5–7.
9. Романов И.Г., Трушин Н.Н. Проблемы и перспективы автоматизированного проектирования в производственных процессах // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2023. — №1. — С. 448–452.
10. Суромкин, А.С. Различные подходы к применению цифровых технологий в процессе автоматизации деятельности промышленного предприятия // Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet». — 2022. — №1. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razlichnye-podhody-k-primenenyu-tsifrovyyh-tehnologiy-v-protsesse-avtomatizatsii-deyatelnosti-promyshlennogo-predpriyatiya> (дата обращения: 17.02.2024).

© Чернышова Татьяна Владимировна (Chernyshova.T1@yandex.ru); Чернышова Евгения Александровна (harchenkoevgenia@gmail.com);
Титков Александр Анатольевич (vashexpert2016@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОЦЕССОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ И РОБОТОТЕХНИКИ

Чжан Чэнь

Балтийский государственный технический
университет «Военмех»
zhangchen2120@outlook.com

IMPROVING THE EFFICIENCY OF INDUSTRIAL PROCESSES USING AUTOMATION AND ROBOTICS

Zhang Chen

Summary. Automation and robotics have revolutionized industrial processes, making them more efficient, accurate and flexible. The integration of automation and robotics into production has become a key factor in the development of modern industry. The ability to improve quality, reduce staff errors and increase production speed has made these concepts indispensable for various industries. Moreover, automation and robotics are becoming especially relevant in the era of Industry 4.0, where smart manufacturing and electronics play a crucial role. With the involvement of a large number of domestic and foreign publications, the current state of automation and robotics, their application, current limitations and future prospects in the context of improving industrial processes in order to increase efficiency are considered. To highlight the research topic from a practical point of view, the concept of a digital double is presented. Further, using a real example of an existing industrial welding problem, the solution of a specific task of increasing the efficiency of a real industrial process is considered and appropriate estimates are given.

Keywords: automation, robotization, industrial processes, efficiency.

Аннотация. Автоматизация и робототехника совершили революционный переворот в промышленных процессах, сделав их более эффективными, точными и гибкими. Интеграция автоматизации и робототехники в производство стала ключевым фактором развития современной промышленности. Возможность повысить качество, уменьшить количество ошибок персонала и увеличить скорость производства сделала эти концепции незаменимыми для различных отраслей промышленности. Более того, автоматизация и робототехника становятся особенно актуальными в эпоху Индустрии 4.0, где «умное» производство и мехатроника играют решающую роль. С привлечением большого числа отечественных и зарубежных публикаций рассматривается современное состояние автоматизации и робототехники, их применение, текущие ограничения и будущие перспективы в контексте совершенствования промышленных процессов с целью повышения эффективности. Для освещения темы исследования с практической точки зрения представлена концепция цифрового двойника. Далее на реальном примере существующей задачи промышленной сварки рассмотрено решение конкретной задачи повышения эффективности реального промышленного процесса и даны соответствующие оценки.

Ключевые слова: автоматизация, роботизация, промышленные процессы, эффективность.

Автоматизация подразумевает использование различных систем управления, датчиков и исполнительных механизмов для управления промышленным оборудованием, при этом необходимость вмешательства человека значительно снижается. Автоматизация может быть простой, например, термостат, регулирующий температуру в помещении, или сложной, такой как полностью автоматизированная сборочная линия. Основная цель автоматизации — повышение эффективности и производительности при минимизации человеческих ошибок. Этот подход нашел свое место в различных отраслях промышленности, причем автомобильный сектор стал основным катализатором развития систем автоматизации, вызванного стремлением к гибкости и повышению производительности производства.

Можно выделить несколько ключевых факторов, составляющих предприятия проводить автоматизацию

процессов: повышение производительности, снижение производственных затрат, улучшение качества изготовления деталей, сокращение сроков поставки, выполнение задач, нецелесообразных для ручного труда, предотвращение расходов, не связанных с автоматизацией, а также сокращение или устранение ручных операций [1]. Кроме того, автоматизация позволяет операторам линии перейти более к управлению, освобождая их от монотонной, повторяющейся и трудоемкой работы, и одновременно обеспечивает конкурентоспособность компании. Одним из наиболее значительных достижений в области автоматизации является внедрение принципов четвертой промышленной революции Индустрия 4.0, которая характеризуется интеграцией цифровых технологий в промышленные процессы [2, 3]. Эта концепция включает в себя использование Интернета вещей (IoT), искусственного интеллекта (AI) и аналитики больших данных. В Индустрии 4.0 машины общаются и принимают решения самостоятельно, что

приводит к созданию так называемой «умной фабрики» [4]. Этот принцип приводит к повышению эффективности и производительности и сокращению времени простоя за счет применения предиктивного обслуживания, основанного на аналитике данных, машинном обучении и IoT [5]. Автоматизация и Индустрия 4.0 позволили повысить эффективность производства, ускорить принятие решений и улучшить распределение ресурсов. Благодаря анализу и оптимизации данных в режиме реального времени компании могут минимизировать отходы, снизить энергопотребление и повысить качество своей продукции [6].

Робототехника выходит шире за рамки автоматизации, предоставляя физические машины, которые могут выполнять задачи с высокой степенью автономности. Эти машины оснащены системами датчиков и приводов, которые позволяют им взаимодействовать с окружающей средой [7]. Робототехника играет важную роль в гибком производстве, особенно когда задачи требуют точности и адаптивности [8]. Робототехника становится все более распространенной в различных отраслях промышленности [9].

Существуют различные определения роботов, но стандарт ISO 8373 и ГОСТ Р 60.0.0.4-2019 [10] четко характеризуют робота как управляемый перепрограммируемый и многофункциональный манипулятор с одной или несколькими степенями свободы, способный манипулировать объектами с помощью запрограммированных движений для выполнения различных функций. Промышленные роботы обычно состоят из трех ключевых компонентов: манипулятора (робота), контроллера (блок управления) и пользовательского интерфейса (консоли программирования). Робот оснащен датчиками и актуаторами, которые являются органами чувств и мышцами роботизированных систем. Датчики предоставляют данные об окружении робота, включая информацию о температуре, влажности, освещенности и детализации объектов [11]. Актуаторы отвечают за преобразование цифровых инструкций в физические движения. Достижения в области сенсорных технологий, такие как датчики обнаружения света и дальности (LiDAR), камеры и ультразвуковые датчики улучшили способность роботов ориентироваться и взаимодействовать с окружающей средой [12]. Усовершенствование исполнительных механизмов, таких как современные серводвигатели, позволяет роботам выполнять задачи с большей точностью и маневренностью [13].

Интеграция технологий датчиков и приводов оказала глубокое влияние на развитие робототехники. Роботы способны выполнять такие сложные задачи, как сборка и перемещение, монтаж и даже сложные хирургические операции [14]. Они могут работать вместе с людьми в условиях совместной деятельности, что особенно полезно

в производственных условиях [15]. В настоящее время промышленные роботы играют ключевую роль на производственных линиях автомобильной промышленности, причем в последние годы их применение в этой отрасли получило значительное развитие. Сдвиг в сторону роботизации облегчает сборку различных автомобилей на общей производственной линии, что приводит к снижению производственных затрат для малых и средних предприятий по сравнению со специализированными автоматизированными или основанными на ручном труде сборочными линиями [16].

Основными причинами внедрения роботов в промышленность являются необходимость работы в опасных условиях, выполнение повторяющихся задач, управление сложными процессами обработки и поддержание непрерывной работы [17,18]. Современный уровень развития робототехники, включающий системы управления и сенсорные технологии, обеспечивает безопасное использование этих систем на производственных и сборочных линиях, и эта безопасность распространяется на совместные операции, сочетая атрибуты производительности роботов с улучшенными когнитивными способностями и навыками принятия решений операторов-людей, что повышает общую эффективность производства и сборки [19,20].

В настоящее время автоматизация и робототехника находят широкое применение в промышленности и обществе в целом. Наиболее заметными являются следующие области применения.

1. Производство является одним из основных направлений применения автоматизации и робототехники. Автоматизированные сборочные линии стали главным залогом конкурентоспособности компаний [21], производящих широкий спектр продукции, от бытовой электроники до автомобилей. Роботы могут выполнять повторяющиеся и опасные задачи с высокими точностью и последовательностью. Их применение позволяет свести к минимуму количество дефектов, что приводит к выпуску продукции более высокого качества [22].
2. Здравоохранение, где робототехника достигла значительных успехов. Например, все большее распространение получает роботизированная хирургия, позволяющая проводить минимально инвазивные процедуры с высокой точностью [23]. Роботы также могут помочь в уходе за пациентами, например, в доставке лекарств или в реабилитации больных [24].
3. Логистика и складское хозяйство. Электронная коммерция и потребность в быстром выполнении заказов привели к внедрению робототехники в логистику и складское хозяйство. Автоматизи-

рованные управляемые транспортные средства и беспилотники используются для обработки материалов и комплектации заказов, что значительно ускоряет процесс и снижает риск ошибок при управлении запасами [25,26].

Сельское хозяйство, где роботы используются для выполнения таких задач, как посадка, сбор и контроль урожая. Эти машины могут работать непрерывно, повышая эффективность сельскохозяйственных операций [27]. Интеграция автоматизации и робототехники в сельское хозяйство просто необходима для удовлетворения растущего мирового спроса на продовольствие.

Сервис и развлечения, где робототехника также нашла свое применение в сфере услуг и развлечений. Роботы используются в качестве администраторов, гидов в музеях и даже в качестве товарищей-компаньонов для пожилых людей [28]. Развлекательные роботы, например, используются в тематических парках, улучшают впечатления посетителей и обеспечивают уникальную форму развлечений [29].

Несмотря на значительные достижения и прорывы в области автоматизации и робототехники, которые привели к появлению самых разнообразных сфер применения, в этих технологиях сохраняются ограничения, которые необходимо устранить, рассмотрим их последовательно.

1. Высокие первоначальные инвестиции. Первоначальные затраты на внедрение систем автоматизации и робототехники могут быть весьма значительными. Малым и средним предприятиям может быть сложно инвестировать в эту технологию, что препятствует ее широкому внедрению [30].
2. Сложность интеграции. Интеграция автоматизации и робототехники в существующие системы может быть сложной и трудной. Она требует глубокого понимания специфических потребностей отрасли и часто предполагает индивидуальные решения. Такая сложность может стать препятствием для многих предприятий [31].
3. Проблемы с персоналом: опасения, связанные с изменением количества рабочих мест. Хотя автоматизация и роботизация могут повысить эффективность и производительность, они также могут привести к сокращению рабочих мест. Крайне важно управлять этим переходом, повышая квалификацию персонала и фокусируясь на ролях, которые дополняют автоматизацию, а не увольняя операторов линий, которые раньше выполняли повторяющиеся задачи [11].
4. Безопасность: обеспечение безопасности работников и людей при работе роботов в общих пространствах имеет первостепенное значение. Для

предотвращения несчастных случаев и травм необходимо разработать стандарты безопасности и процедуры оценки рисков [33].

5. Отсутствие стандартизации: Отсутствие стандартизированных интерфейсов и коммуникационных протоколов может препятствовать взаимодействию различных систем автоматизации и робототехники [33]. Усилия по стандартизации продолжаются, но для достижения бесшовной интеграции необходим ещё больший прогресс.

Технологии и научные знания продолжают развиваться, поэтому будущее автоматизации и робототехники открывает многообещающие возможности и перспективы для будущих исследований, а именно:

1. Совместная работа человека и робота: Совместные роботы, или «коботы», находят все большее применение на производстве. Эти роботы работают вместе с человеком, повышая производительность при выполнении сложных задач [34]. Будущие разработки в этой области будут направлены на улучшение простоты программирования и гибкости этих систем [35].
2. ИИ и машинное обучение: достижения в области ИИ и машинного обучения приведут к созданию более интеллектуальных и адаптируемых роботов, способных учиться на своем опыте и постоянно улучшать свою работу [36].
3. Взаимосвязанные системы: интеграция робототехники и автоматизации с принципами Индустрии 4.0 приведет к созданию более взаимосвязанных систем [37], что приведет к повышению эффективности и производительности, сокращению времени простоя, а также улучшению распределения ресурсов [38].
4. Доступность: в настоящее время предпринимаются усилия по снижению стоимости и сложности внедрения автоматизации и робототехники. В результате технология станет более доступной для широкого круга отраслей, включая малые и средние предприятия [39].
5. Устойчивость: концепция устойчивого развития станет одним из ключевых направлений в будущем. Роботы и автоматизированные системы могут сыграть решающую роль в сокращении отходов и энергопотребления. Устойчивое развитие станет неотъемлемой частью автоматизации и проектирования робототехники [40].

Прежде чем перейти к одной конкретной задаче повышения эффективности реального промышленного процесса рассмотрим интересную и очень полезную тему цифровых двойников. Термин «цифровой двойник» не нов, но в сочетании с достижениями в области искусственного интеллекта он приобретает все большую ценность для трансформации промышленных процес-

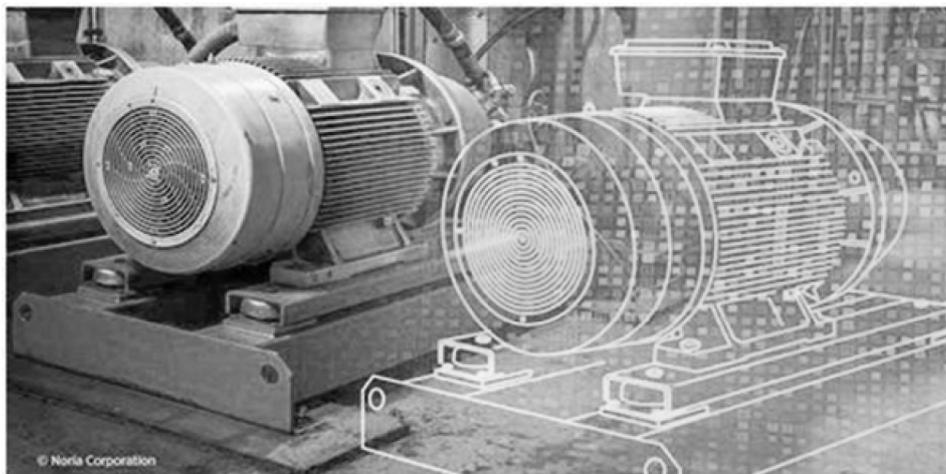


Рис. 1. Пример цифрового двойника электродвигателя [41]

сов, создавая дополнительную ценность для бизнеса. Цифровой двойник, создающий эволюционирующий профиль продукта, изделия или процесса на заводе, позволяет получить информацию о всех параметрах на протяжении всего жизненного цикла — проектирование, эксплуатация и техническое обслуживание. Цифровой двойник создает виртуальные копии физических объектов (рис. 1), производственных процессов и в сочетании с искусственным интеллектом позволяет операторам предприятий использовать полученные результаты для улучшения различных промышленных операций и процессов [41].

Концепция цифрового двойника предоставляет предприятиям возможность видеть свои операции и процессы, дает сведения о различных сценариях работы промышленных установок и процессов и помогает выявить условия для наибольшей эффективности [41].

Далее рассмотрим вопросы повышения эффективности конкретных промышленных процессов на реальном примере существующей задачи промышленной сварки.

Основной метод позиционирования, применяемый в промышленной сварке, заключается в использовании специализированных позиционеров: автоматизированных систем, которые отслеживают сварочный шов между заготовками. Этот метод позволяет достаточно точно позиционировать свариваемые заготовки [42], однако даже самые совершенные трекеры — это всего лишь манипуляторы, которые не могут адаптировать свои параметры позиционирования к сложной конфигурации конечного продукта.

Необходимость корректировки координат модели при позиционировании обусловлена тем, что сварные детали могут отличаться от своих 3D-моделей, например, из-за остаточной деформации при штамповке, неровных кромок, оставшихся после обрезки или резки и т.д.

Игнорирование этих факторов может привести к необходимости дополнительной доводки деталей, например, путем механической обработки, что замедляет весь процесс и не способствует получению полностью идентичных высококачественных деталей.

Эти проблемы в некоторой степени решаются с помощью специальных технологий компьютерного зрения [43]. Однако такие системы редко обеспечивают достаточно точное позиционирование; кроме того, они весьма чувствительны к различным помехам, таким как пригоревшие отложения, коррозия, брызги металла в мотеле, блики от дуговой сварки и т.д.

Решить эти проблемы возможно с помощью специального алгоритма (информационного модуля) для точной настройки координат позиционирования заготовки с целью минимизации несоосности. Для этого необходимо разработать метод, прототип интерфейса и фрагменты свариваемых элементов, которые будут свариваться в промежуточное изделие цилиндрической формы.

Разработанная CAD-модель не учитывает различные деформации, возникающие при подготовке заготовок к сварке. Правильно настроенное сварочное оборудование и хорошая программа контроля позволят получить продукт наилучшего качества. Однако реальный производственный опыт доказывает невозможность точного воспроизведения модели, так как всегда имеют место пружинение, память формы и другие эффекты, присущие деталям из металла.

При подготовке заготовки подвергаются механическим, термическим и различным воздействиям, которые могут повлиять на их геометрическую форму [44]. Это могут быть деформации в свариваемых кромках, вызванные механическим воздействием штамповки или механической обработкой. При сварке таких заготовок по идеальным моделям получаются швы крайне низкого

качества. Поэтому необходимо синтезировать алгоритм для корректировки положения в реальном времени на основе конфигурации свариваемых поверхностей.

Анализ методов позиционирования заготовок, используемых при роботизированной сварке, показывает, что большинство из них учитывают только некоторые метки, предварительно нанесенные на заготовку для корректировки сварного шва.[45]. Поэтому предлагается принципиально иная концепция, основанная на 3D-сканировании заготовок перед сваркой [46]: 1) 3D-сканирование заготовок; 2) модель заготовки в формате STL; 3) формирование моделей сварных поверхностей; 4) поиск оптимального положения заготовки; 5) координаты смещения заготовки относительно оригинала; 6) передача данных в блок управления.

Это решение удачно основано на том, что специализированные сканеры могут создавать очень точные 3D-модели заготовок; дальнейший анализ генерирует глобальные координаты для смещения заготовок, чтобы максимизировать площадь контакта сварных поверхностей для лучшего сварного шва. В этом случае точность позиционирования напрямую зависит от точности манипуляторов и 3D-сканеров. Современное оборудование обеспечивает точность до десятых долей миллиметра, что значительно лучше, чем при любом другом методе позиционирования.

Таким образом, решение проблемы позиционирования заготовок при роботизированной сварке остается сложной задачей, для которой необходимо разработать алгоритм поиска оптимального положения заготовок на основе конфигурации для последующей сварки [47]. В качестве критерия оптимальности здесь предлагается использовать стандартное расстояние между рассматриваемыми точками поверхности, поскольку этот показатель напрямую связан с объемом пустого пространства между двумя поверхностями (объемом сварного шва) [46].

Концепция алгоритма поиска оптимального положения заготовок при роботизированной сварке заключается в следующих этапах: 1) формирование массива точек, лежащих на кромках свариваемых поверхностей; 2) поиск наибольшей площади контакта при продольных смещениях в пределах припусков; 3) поиск наибольшей площади контакта при повороте заготовок в пространстве относительно координатных осей; 4) поиск максимального поперечного сдвига; 5) отображение значений смещения заготовок относительно системы глобальных координат.

Алгоритм оптимального позиционирования представляет собой следующие этапы. Первым этапом является импорт 3D-объекта и генерация моделей сварных

поверхностей. Все остальные расчеты выполняются на основе сгенерированных поверхностей. Следующий этап — поиск оптимального положения при продольном перемещении заготовок (вдоль шва); смещение не должно превышать допусков. На этом этапе вычисляется стандартное расстояние между рассматриваемыми точками свариваемых поверхностей, т.е. насколько близко поверхности могут быть приближены друг к другу на каждой итерации. Каждая итерация описывается расстоянием между наибольшими значениями рассматриваемых точек. Чем больше это расстояние, тем больше площадь контакта при соединении заготовок [46].

Алгоритм основан на итерационном смещении и вычислении ключевого показателя на каждой итерации. Количество итераций зависит от приращения смещения. Важно, что алгоритм основан на предположении, что точки поверхности за пределами игнорируются. Смещение должно быть в пределах допусков и не превышать 0,1 мм.

Оптимальное положение выбирается путем оценки всех возможных смещений. В результате получают данные о стандартных расстояниях между точками поверхности, а также максимальные расстояния от поверхности до поверхности для всех итераций продольного/бокового смещения.

Оператор системы использует эти данные, чтобы решить, подтвердить ли предложенную автоматикой конфигурацию или выбрать итерацию самостоятельно. Для этого алгоритм позволяет отслеживать максимальное и среднее расстояния между свариваемыми поверхностями. При ручном управлении у оператора есть несколько вариантов смещения. Это необходимо для сложных случаев, когда входных данных недостаточно для принятия решения. В результате для итерации со смещением, выбранным пользователем получают данные о максимальных и средних значениях, распределение максимальных и средних расстояний между точками поверхности за одну итерацию смещения [46].

Следующий этап — поворот заготовок относительно их координатных осей. Процедура идентична той, что выполняется при продольном смещении.

Таким образом, программа генерирует координаты для смещения заготовки, чтобы максимизировать площадь контакта с поверхностью. Это обеспечивает более точное позиционирование, а значит, снижает вероятность брака, уменьшает необходимость последующей обработки и значительно снижает трудозатраты оператора.

Расчеты показывают, что внедрение такого модуля несколько усложнит процесс и увеличит продолжитель-

ность производственного цикла. Цикл увеличится примерно на 3–5 минут в зависимости от формы и размера заготовки. Это включает в себя время на сканирование заготовок, анализ данных, поиск оптимального положения и передачи координаты на блок управления. Для большинства сварочных операций такое удлинение цикла не является критичным.

Среднее расстояние между рассматриваемыми точками свариваемых поверхностей напрямую коррелирует с объемом пространства между плоскостями. Испытания прототипа показали следующее: 1) продольные смещения сокращают среднее межповерхностное расстояние на 7 %; 2) дальнейшие повороты вокруг координатных осей уменьшают среднее расстояние на 10 %. Достижение этой цели снижает процент брака до 14 %. Таким образом, значительно повышается эффективность промышленного процесса сварки сложных деталей [46].

В заключение следует отметить, что были рассмотрены различные аспекты автоматизации и роботизации

промышленных процессов. Конечно, в наличии имеется намного большее количество инструментов и их трансформаций. Тем не менее, необходимо хорошо представлять, что в ограниченных рамках невозможно уделить абсолютно каждому аспекту и инструменту. Автоматизация и робототехника оказали значительное влияние на промышленные процессы, повысив их эффективность, точность и гибкость. Внедрение этих технологий в производство, здравоохранение, логистику, сельское хозяйство и другие отрасли принесло множество преимуществ. Однако такие проблемы, как высокая первоначальная стоимость, сложность, нарушение работы персонала, проблемы безопасности и отсутствие стандартизации, все еще препятствуют более широкому применению этих технологий. Тем не менее, будущее автоматизации и робототехники многообещающе, и в настоящее время определены основные направления исследований и улучшений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цветаев С.С., Логачев К.И. Актуальные проблемы автоматизации промышленных предприятий / Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012, №1, С. 87–89.
2. Туккель И.Л. Завтра, технологическое завтра, наступило вчера // Инновации. 2017. № 11. С. 3–5.
3. Платонов В.Р. Переход к киберфизическим системам управления Индустрии 4.0 в энергетике и электротехнике промышленных объектов / Экономика: вчера, сегодня, завтра, 2022, Т. 12, №. 4А, С.406–411.
4. Фонтана К.А., Ерзкян Б.А. «Умная фабрика» и ключевые технологии Индустрии 4.0 (обзор) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2022. № 4. С. 53–67.
5. Ковалев А.В., Сальников В.С. Интеллектуальная система технического обслуживания промышленного оборудования на основе прогнозной модели / Известия ТулГУ. Технические науки, 2017, Вып.8., Ч.2, С.265–270.
6. Алтухов А.И., Дудин М.Н., Анищенко А.Н. Оптимизация энергопотребления на предприятиях АПК с использованием технологий «умное производство» (промышленный Интернет вещей) / Проблемы рыночной экономики. — 2019 — № 1 — С. 58–66.
7. Взаимодействие человека и робота в коллаборативных робототехнических системах / Р.Р. Галин, В.В. Серебряный, Г.К. Тевяшов, А.А. Широкий // Известия Юго-Западного государственного университета. 2020; 24(4), С.180–199.
8. Галин Р.Р. Сотрудничество человека и робота на примере коллаборативной робототехники // XIV Международная конференция по электромеханике и робототехнике «Завалишинские чтения-2019», Санкт-Петербург, 17–20 апреля 2019 года, Санкт-Петербург, 17–20 апреля 2019 года, С.241–246.
9. Neythalath, N.; Søndergaard, A.; Bærentzen, J.A. Adaptive robotic manufacturing using higher order knowledge systems. Autom. Constr. 2021, 127, 103702.
10. ГОСТ Р 60.0.0.4-2019. Роботы и робототехнические устройства. Термины и определения
11. Опришко В.Д., Машихин А.Ю. Проектирование и разработка прототипа программного обеспечения на основе технологии RFID для умного дома // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral», 2023, №3, С.537–549.
12. Михайлов Б.Б., Назарова А.В., Ющенко А.С. Автономные мобильные роботы — навигация и управление / Известия ЮФУ. Технические науки. Раздел I. Технологии управления и моделирования. С.48–67.
13. Антонов А.В., Воронников С.А. ПРИКАСПИЙСКИЙ ЖУРНАЛ: управление и высокие технологии, 2016, № 2 (34), С.58–69
14. Moghaddam, M.; Nof, S.Y. Parallelism of pick-and-place operations by multi-gripper robotic arms. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2016, 42 (3), pp. 135–146.
15. Галин Р.Р. Умное производство. взаимодействие человека и робота // Материалы конференции «Информационные технологии в управлении», Санкт-Петербург, 2020. С. 196–198.
16. Villani, V.; Pini, F.; Leali, F.; Secchi, C. Survey on human–robot collaboration in industrial settings: Safety, intuitive interfaces and applications. Mechatronics 2018, 55, 248–266.
17. Варшавский А.Е., Дубинина В.В. Мировые тенденции и направления развития промышленных роботов // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2020. Т. 11. № 3. С. 294–319.
18. Галин Р.Р., Серебряный В.В., Тевяшов Г.К., А.А. Широкий. Взаимодействие человека и робота в коллаборативных робототехнических системах / Известия Юго-Западного государственного университета. 2020; 24(4), С. 180–199.
19. Химиченко А.А. Перспективы робототехники / Всероссийский экономический журнал ЭКО, 2008, С. 77–86

20. Юревич Е.И. Основы робототехники. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 416 с.
21. Маслов А.Р. Применение многооперационных станков в автомобильной промышленности / Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты, 2006, С.23–25
22. Единое решение для роботизированного ударного упрочнения штампов в автомобилестроении / CAD/CAM/CAe Observer, 2017, №8(116), С.70–72.
23. Уханов М.М., Иващенко А.В., Федяев И.М., Яблоков А.Е., Колганов И.Н., Тлустенко В.П. Применение робот-ассистированных систем для операций в области головы и шеи / Голова и шея, 2019; 7(2), С.52–63
24. Цветкова Л.А., Черченко О.В., Шептунов С.А. Оценка перспектив развития медицинской робототехники в России в проекции патентного анализа / Врач и информационные технологии, 2015, №3, С.49–63.
25. Хрущёва М.Ю. Автоматизация складских комплексов (на примере компании «Amazon») / Colloquium-journal, 2019, С.141–142.
26. Балувев М.С. Перспективы использования робототехники для выполнения логистических работ / Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. 2021. № 2 (48), С.24–28.
27. Черненко А.Б. и др. Особенности применения роботизированных платформ в сельском хозяйстве / Проблемы современной науки и образования, 2020, №8, С.18–23.
28. Коллективы интеллектуальных роботов. Сферы применения / под ред. В.И. Сырымкина. — Томск: СТТ, 2018. — 140 с. (Серия: «Интеллектуальные технические системы») (подсерия: «Когнитивная робототехника»).
29. Нельзина О.Ю., Окорочков А.В., Поляков Т.П. Тематические парки как учреждения музейного типа: проблемы и перспективы / О.Ю. Нельзина, А.В. Окорочков, Т.П. Поляков. — М.: Институт Наследия, 2019 — 288 с.
30. Barton, M.; Budjac, R.; Tanuska, P.; Gaspar, G.; Schreiber, P. Identification overview of industry 4.0 essential attributes and resource-limited embedded artificial-intelligence-of-things devices for small and medium-sized enterprises. Applied Sciences, 2022, Vol. 12, №. 11, art. no. 5672, 26 pages.
31. Сырецкий Г.А. Робототехника и автоматизация производства: современное состояние / Интерэкспо Гео-Сибирь, 2017, №2, Т.5, С.24–29.
32. Зоргнер А. Автоматизация рабочих мест: угроза для занятости или источник предпринимательских возможностей? / Форсайт, 2017, Т. 11, № 3, С.37–48.
33. Черепанов Н.В. Проблемы внедрения технологии промышленного интернета вещей / Инновации и инвестиции, 2019, №11, С.160–163.
34. Довгаль В.А., Козлова Н.Ш. Анализ актуальности использования коллаборативных роботов для процесса производства компонентов возобновляемых источников энергии / Вестник АГУ, 2023, Вып.2, С.68–73
35. Халл, Т., Рентюк, В. Что необходимо знать о коллаборативных роботах / Т. Халл, В. Рентюк. — Control Engineering Россия. — 2019. — № 6. — С. 48–51.
36. Гончаров А.М., Рябов С.В. Искусственный интеллект как основное направление развития робототехнических комплексов / Военная мысль, 2021, № 6, С.65–70
37. Лясковская Е.А. Индустрия 4.0 и устойчивое развитие: от устойчивых бизнес-моделей к цифровой устойчивости / Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент», 2021. Т. 15, № 4. С. 73–83
38. Ерзикаян Б.А., Фонтана К.А. Технологии Индустрии 4 — фактор, способствующий внедрению циркулярной экономики для достижения устойчивого развития (обзор зарубежной литературы) // Проблемы рыночной экономики. — 2022 — № 3 — С. 59–77.
39. Фролов В.Г., Дробот Е.В., Абрамов Е.Г. Реализация стратегий Индустрии 4.0 российскими и зарубежными предприятиями: возможности для российской текстильной промышленности / Технология текстильной промышленности, 2022, № 2, С.312–323.
40. Кожевина О.В., Салиенко Н.В. Устойчивое развитие и цифровая трансформация промышленного сектора // Вестник МИРБИС. 2019 № 3 (19). С. 6–13.
41. Ron Beck. Digital Twins and AI: Transforming Industrial Operations, Reliable Plant, 2020.
42. Ken Chen. A path-planning algorithm of the automatic welding robot system for three-dimensional arc welding using image processing / Ken Chen, Guang-Zhong Cao, Jun-Di Sun, Jun-Jun Yang // 13th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI). — 2017.
43. Chengtao C. Unfeatured Weld Positioning Technology Based on Neural Network and Machine Vision / C. Chengtao, W. Boyu, L. Yue, Y. Yongjie // IEEE 3rd International Conference on Image, Vision and Computing (ICIVC). — 2018.
44. Gorkavyu, M.A. Intelligent System for Prognostication and Optimization of Power Expenses of Technological Processes at Robotized Productions / M.A. Gorkavyu; A.S. Gudim; A.Y. Efimov; Denis B. Solovev // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). — 2018.
45. Li Wen — Boo. A calibration algorithm of the structured light vision for the arc welding robot / Wen-Bo Li, Guang-Zhong Cao, Jun-Di Sun, YuXin Liang, Su-Dan Huang // 14th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI). — 2017.
46. Efimov A.Y., Gorkavyu M.A., Gorkavyu A.I., Solovev D.B. Improving the efficiency of automated precision robotics-enabled positioning and welding / 2019 International science and technology conference «Eastconf», Eastconf, 2019.
47. Li, Xinde. A Robust Welding Seam Identification Method / Xinde Li, Xiangheng He, Mohammad Omar Khyam, Shuzhi Sam Ge // 3rd International Conference on Advanced Robotics and Mechatronics (ICARM). — 2018.

© Чжан Чэнь (zhangchen2120@outlook.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ ОГРАНИЧЕНИЙ ПРИ СИММЕТРИЧНОМ И АССИМЕТРИЧНОМ ШИФРОВАНИИ ДАННЫХ

ANALYSIS OF LIMITATIONS IN SYMMETRIC AND ASYMMETRIC DATA ENCRYPTION

**A. Shurygin
A. Brysin
Yu. Zhuravleva
D. Potapova**

Summary. The article analyzes the existing encryption algorithms. Using the example of the Magma and Grasshopper encryption algorithms, the possibility of implementing an encryptor based on Russian cryptographic standards is considered. A simplified block diagram of data encryption and decryption has been developed.

Keywords: encryption, decryption, virus, protection.

Шурыгин Андрей Михайлович

МИРЭА — Российский технологический университет

Брысин Андрей Николаевич

Кандидат технических наук, доцент,

МИРЭА — Российский технологический университет

brysin@rambler.ru

Журавлева Юлия Алексеевна

Кандидат технических наук, доцент,

МИРЭА — Российский технологический университет

Потапова Дарья Александровна

Преподаватель,

МИРЭА — Российский технологический университет

Аннотация. В статье проведен анализ существующих алгоритмов шифрования. На примере алгоритмов шифрования Магма и Кузнечик рассмотрена возможность реализации шифровальщика на базе российских криптографических стандартов. Разработана упрощенная блок-схема шифрования и дешифрования данных.

Ключевые слова: шифрование, дешифрование, вирус, защита.

Шифровальщики относятся к роду вредоносных программ, которые производят несанкционированное шифрование файлов в системе, используя секретный ключ, известный только злоумышленнику. Согласно существующей классификации ФСТЭК, эта угроза имеет код УБИ.170.

Эксплуатация этой уязвимости является следствием недостаточной антивирусной защиты, «слабой» конфигурации системы или механизмов разграничения доступа [5]. При успешном заражении, основная система сохранит свою работоспособность, но доступность и целостность данных, а также внутренних систем будет нарушена. Если в коде шифровальщика нет ошибок, то при сотрудничестве с операторами вредоносного ПО, данные можно восстановить в исходное состояние (в большинстве случаев после уплаты внушительного выкупа). Помимо измененных файлов, в некоторых случаях может быть нарушена и конфиденциальность данных, если вымогатели перед шифрованием файлов, скачали их на свой сервер для дальнейшего шантажа скомпрометированной организации [6].

Согласно проведенному анализу, данный вид угроз стал актуален начиная примерно с 2020 года. С учетом этого и в условиях отказа от Windows с переходом на Astra Linux, проблема обеспечения безопасности этой Unix-подобной операционной системы становится очень актуальной. Рассмотрим наиболее известные зарубежные алгоритмы шифрования

Разработка алгоритма DES (Data Encryption standard) началась с объявленного в 1973 году конкурса на создание шифра. Изначально компания IBM представила на конкурс шифр Lucifer, но он не удовлетворил требованиям комиссии, после чего был доработан до DES и опубликован в 1975 году. Алгоритм основан на сети Фейстеля с 16 раундами и 56-битным ключом.

Разработанный в 1990 году частной швейцарской компанией Ascom, шифр IDEA (International Data Encryption Algorithm) задумывался в качестве замены DES.

Шифр CAMELLIA был разработан несколькими крупными японскими компаниями и впервые представлен 10 марта 2000 года. Стал одним из финалистов европейского конкурса по определению безопасных шифров NESSIE.

Алгоритм шифрования, пришедший на смену DES по причине устаревания первого — AES (Advanced Encryption Standard, aka Rijndael). Разработан в 1993 году двумя криптографами (Винсентом Рейманом и Еханом Даменом) из Левенского католического университета (Бельгия);

Поточный шифр RC4 (Rivest cipher 4 или Ron's code) на самом деле требует лицензии для использования. Был разработан сотрудником компании RSA Security в 1987 году и до 1994 года был коммерческой тайной.

Чтобы обойти обязательное лицензирование, использовались названия ARC4 или ARCFOUR.

Алгоритм шифрования SOSEMANUK разработан французскими криптографами в 2004 году. Опубликован в 2008 году после того, как стал одним из финалистов конкурса eStream. Как и SOSEMANUK, Salsa участвовал в конкурсе eStream, в котором стал победителем в области поточных шифров. Был разработан американским криптографом и математиком (Даниэлем Бернштейном) в 2005 году и опубликован в 2007. Модификация Salsa — ChaCha разработана и опубликован в 2008 году им же.

Из соображений обеспечения безопасности ключа дешифрования было бы удобнее использовать асимметричный алгоритм шифрования, поскольку в таком алгоритме для зашифрования и расшифрования используется два разных ключа. В таком случае открытый ключ ничего не даст тому, кто будет пытаться расшифровать файлы самостоятельно. Однако такие алгоритмы существенно медленнее симметричных и пригодны только для шифрования небольших случайных последовательностей символов (например ключей), поскольку в иных случаях шифр поддается криптоанализу. Например, чтобы обеспечить достаточное шифрование открытого текста длиной 128 бит, рекомендуется использовать ключ длиной 1024 или даже 2048 бит. Поскольку размер файлов чаще всего превышает 128 бит, ключ для надежного шифрования таких файлов должен быть в разы больше, что добавляет огромные ресурсозатраты для вычисления шифротекста.

Симметричные алгоритмы шифрования существенно быстрее и производительнее, что критично в случае шифрования большого объема файлов (в том числе, возможно, и файлов большого размера). В отличие от асимметричных алгоритмов, в данном случае для расшифрования и зашифрования используется один и тот же ключ, а значит в случае попадания файла с ключом в руки реверсера, велика вероятность расшифровывания файлов.

Логично будет использовать симметричные алгоритмы, поскольку асимметричные как минимум неприемлемы для шифрования чего-либо кроме небольших ключей, составляющих случайный набор данных. Помимо этого, симметричные алгоритмы быстрее и производительнее асимметричных.

Проведем сравнение известных алгоритмов «Магма» и «Кузнечик», описанных в ГОСТ [1], между собой и двумя популярными за рубежом алгоритмами симметричного шифрования — AES (Advanced Encryption Standard) и DES (Data Encryption Standard). Результат сравнения представлен в таблице 1.1:

На основе проведенного анализа можно утверждать, что при одинаковой длине ключей у «Кузнечика» и «Маг-

Таблица 1.1.

Сравнение алгоритмов шифрования

Алгоритм	Длина ключа (бит)	Размер блока (бит)	Число раундов
Кузнечик	256	128	10
Магма	256	64	32
AES	128, 192, 256	128	10–14
DES	56	16	64

мы», у второго алгоритма размер блока существенно меньше, а соответственно и безопасность шифрования будет значительно ниже, чем у первого. Однако даже при большей длине блока, «Кузнечик» значительно превосходит более старый алгоритм «Магма» по скорости шифрования за счет использования более простых и эффективных алгоритмов. Современные алгоритмы, используемые в реализации, дают «Кузнечнику» выигрыш и в скорости, и в надежности по сравнению с «Магмой».

При сравнении AES и DES, первичным критерием считаем длину ключа — у DES она равна всего 56 битам (против 256 бит у AES), а это очень плохо сказывается на криптостойкости алгоритма, даже с учетом 64 раундов. Такая длина ключа допускает взлом шифра методом перебора всех возможных вариантов, которых по причине 56-битного ключа не очень много.

По итогам сравнения алгоритмов, наиболее перспективными вариантами считаю «Кузнечик» и AES. Согласно исследованию, проведенному в МГТУ им. Н.Э. Баумана в 2022 году [2], AES и «Кузнечик» почти не различаются по производительности. Учитывая тенденцию блокировки иностранных технологий в РФ, будет более предпочтительно выбрать отечественный «Кузнечик» как основной алгоритм шифрования, используемого в имитации вируса-шифровальщика.

Для проведения анализа работы шифровальщика, была составлен имитатор атаки по упрощенная блок-схема работы этой вредоносной программы, представленная на Рисунках 1 и 2.

Алгоритм работы шифровальщика начинается с того, что «жертва» запускает исполняемый файл вируса. Шифровальщик в самом начале процесса обращается к серверу оператора и отправляет в запросе уникальный идентификатор «жертвы». При получении такого запроса сервер генерирует ключ для симметричного шифрования, сохраняет его в базу данных в соответствии с идентификатором «жертвы», после чего отвечает на полученный запрос, отправив этот ключ в теле ответа. Таким образом ключ симметричного шифрования будет сохранен только в базе данных оператора, а в памяти компьютера «жертвы» будет существовать лишь на время шифрования. Поскольку симметричный ключ генери-

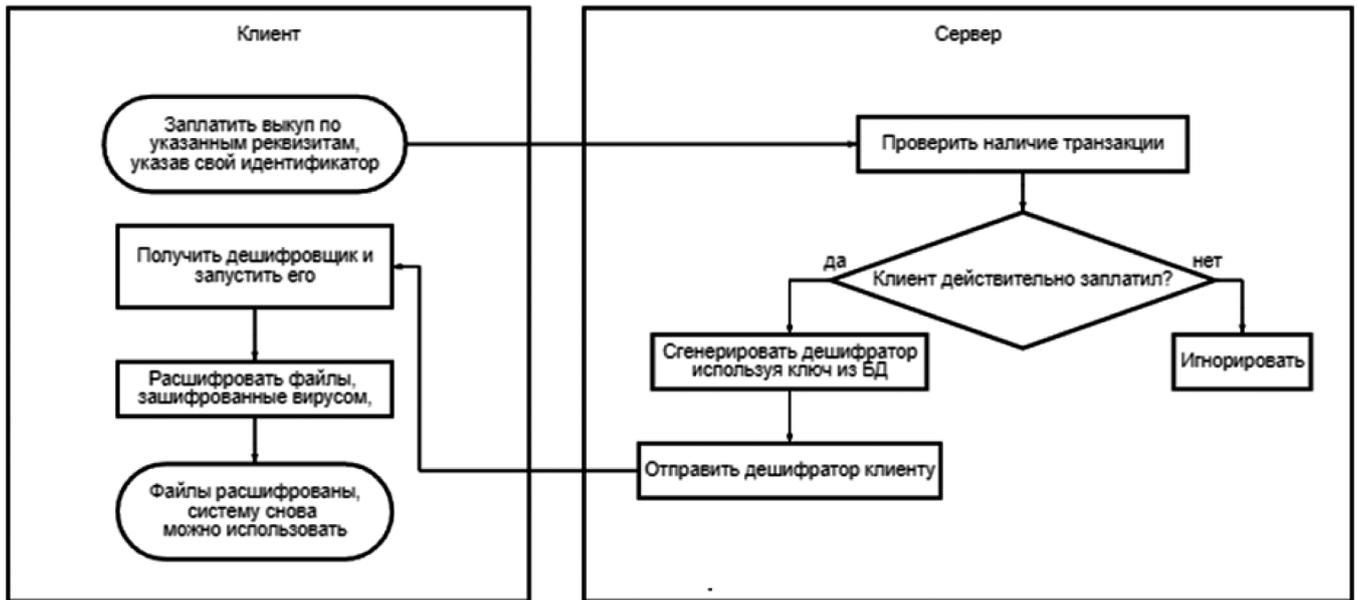


Рис. 1. Упрощенная схема алгоритма шифрования в вирусе

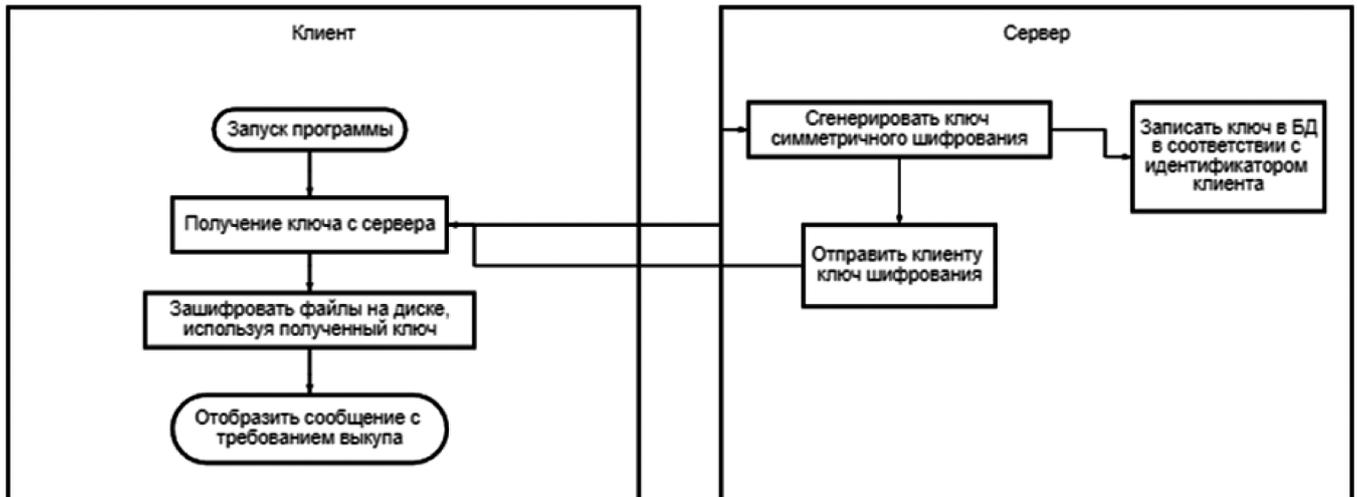


Рис. 2. Упрощенная схема алгоритма дешифрования в вирусе

руется прямо в процессе работы программы, его получение при помощи вскрытия исполняемого файла не будет возможно, что сильно усложнит попытки расшифровать зашифрованную инфраструктуру без участия операторов вируса. В конце процесса шифрования следует продемонстрировать сообщение с требованиями, которые «жертве» нужно выполнить для восстановления зашифрованной инфраструктуры. В общем случае это требование выкупа, пример которого можно увидеть на рисунке 3. В требованиях важно убедить «жертву» в том, что единственный, кто может помочь ему — это оператор вируса, а попытки прибегнуть к помощи сторонних организаций лишь безвозвратно повредят файлы.

Алгоритм дешифрования начинается с обращения «жертвы» к оператору вируса. Когда условия согласованы и выкуп уплачен, оператор генерирует соответствующий дешифратор, используя ключ шифрования,

хранящийся в его базе данных. «Жертва», получив дешифратор, запускает его. Дешифратор, используя встроенный в себя ключ, точно также проходит по файловой системе, только вместо шифрования, он расшифровывает файлы, которые затронуты вирусом. После работы дешифратора все файлы будут восстановлены и с ними можно будет работать.

Выводы

Следует признать что в настоящее время альтернативы алгоритму блочного шифрования кузнечик пока не существует. В российской федерации отсутствуют уникальные решения по асимметричным ключам и в соответствии с ГОСТ Р 34.11-2012 регламентируются только тип хеш-функции (алгоритм Стриборг) Стойкость асимметричного алгоритма шифрования основывается на проблеме дискретного логарифмирования в группе точек

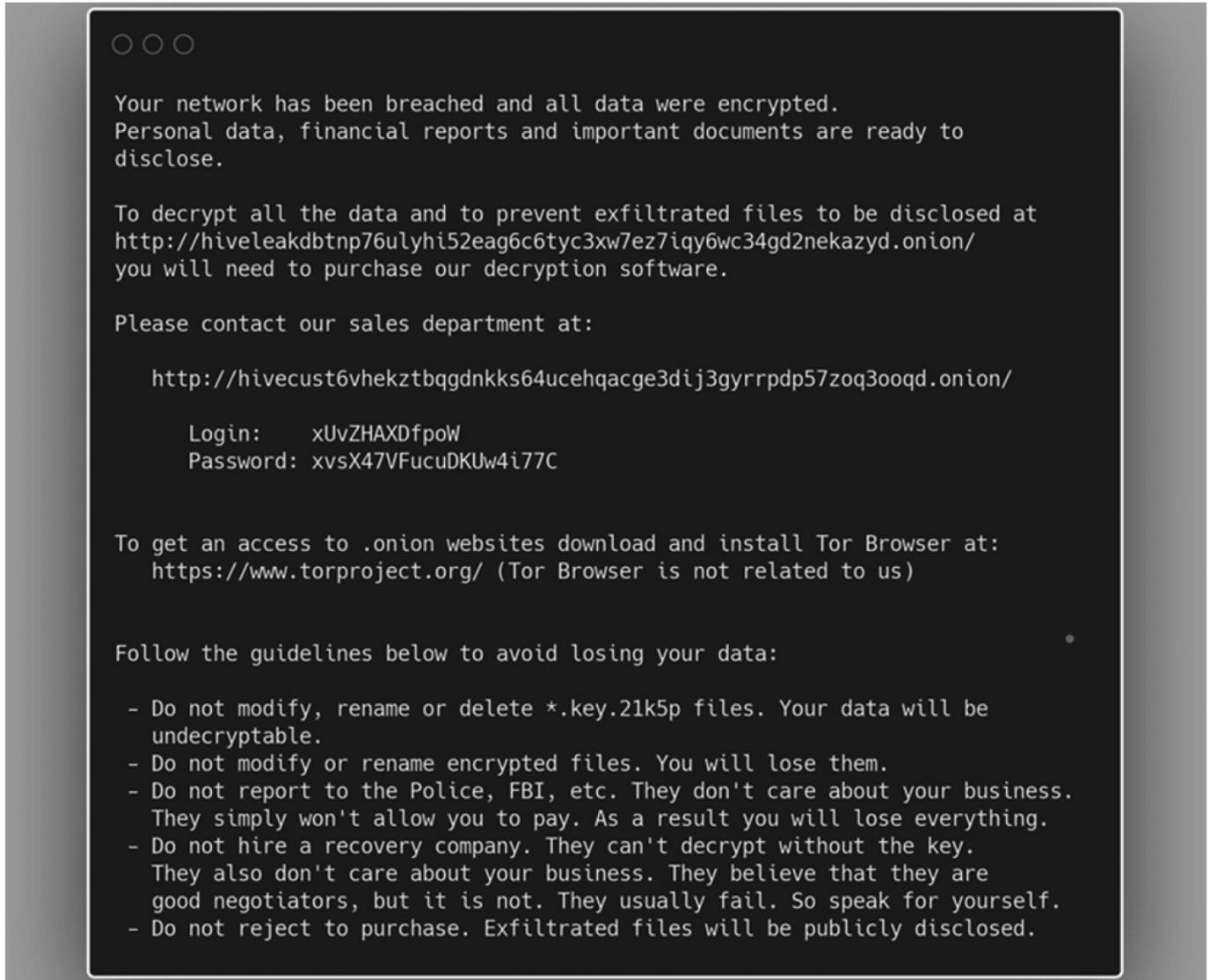


Рис. 3. Пример сообщения, оставленного шифровальщиком Hive

эллиптической кривой. На данный момент нет метода решения данной проблемы. Выходом является объединение удобства асимметричного алгоритма с надежностью и скоростью симметричного. При использовании

гибридного шифрования, симметричный алгоритм со случайным ключом будет использоваться для шифрования любого объема данных, а асимметричный уже будет использоваться для защищенного хранения ключа.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 34.10-2015. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Процессы формирования и проверки электронной цифровой подписи, IDT.
2. Соболев М.А. Сравнительный анализ российского стандарта шифрования по ГОСТ Р 34.12–2015 и американского стандарта шифрования AES. // Политехнический молодежный журнал. 2022 №04 (69) // [Электронный ресурс] // URL: <http://ptsj.ru/catalog/ices/insec/785.html> (Дата обращения: 22.10.2023).
3. Prashant Tilekar. VMware ESXi Servers: A Major Attack Vector for Ransomware // Онлайн-портал ForeScout: [Электронный ресурс] // URL: <https://www.forescout.com/blog/vmware-esxi-servers-a-major-attack-vector-for-ransomware/> (Дата обращения: 22.10.2023).
4. Lawrence Abrams. LockBit ransomware builder leaked online by «angry developer» // Онлайн-журнал BleepingComputer // [Электронный ресурс] // URL: <https://www.bleepingcomputer.com/news/security/lockbit-ransomware-builder-leaked-online-by-angry-developer/> (Дата обращения: 22.10.2023).
5. LockBit ransomware — What You Need to Know // Онлайн-портал Kaspersky // [Электронный ресурс] // URL: <https://www.kaspersky.com/resource-center/threats/lockbit-ransomware> (Дата обращения: 22.10.2023).
6. Erebus Linux Ransomware: Impact to Servers and Countermeasures // Отчет исследовательской лаборатории TrendMicro // [Электронный ресурс] // URL: <https://www.trendmicro.com/vinfo/us/security/news/cyber-attacks/erebus-linux-ransomware-impact-to-servers-and-countermeasures> (Дата обращения: 22.10.2023).

© Шурыгин Андрей Михайлович; Брысин Андрей Николаевич (brysin@rambler.ru); Журавлева Юлия Алексеевна; Потапова Дарья Александровна
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАБОТКОЙ И ПЕРЕДАЧЕЙ ВИРТУАЛЬНЫХ ДАННЫХ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ ВУЗА

SIMULATION MODEL OF MANAGEMENT OF PROCESSING AND TRANSMISSION OF VIRTUAL DATA IN COMPUTING COMPLEXES AND COMPUTER NETWORKS OF THE UNIVERSITY

O. Yakovleva
O. Romashkova
T. Ermakova
S. Chiskidov

Summary. The article presents the results of developing and reproducing a scenario for implementing a business process for managing the processing and transmission of virtual data in the educational process: parametric data for the "AS IS" and "AS SHOULD BE" scenarios are specified and configured, parameters for performing tasks, input events and logical operators are specified; reporting documentation was generated with the results of executing the business process scenario.

Keywords: scenario, business process, educational process, virtual data, processing and transmission, parameters, resources, task.

Яковлева Оксана Викторовна

Аспирант, ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет (МГПУ)»
ksana-meleshkina@rambler.ru

Ромашкова Оксана Николаевна

Доктор технических наук, профессор, профессор, ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС)»
ox-rom@yandex.ru

Ермакова Татьяна Николаевна

Кандидат технических наук, доцент, ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет (МГПУ)»
ermaktat@bk.ru

Чискидов Сергей Васильевич

Кандидат технических наук, доцент, профессор ФГБОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России» г. Химки (Московская обл.), Россия
chis69@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты разработки и воспроизведения сценария реализации бизнес-процесса управления обработкой и передачей виртуальных данных в образовательном процессе: заданы и настроены параметрические данные для сценариев «КАК ЕСТЬ» и «КАК ДОЛЖНО БЫТЬ», заданы параметры выполнения задач, входных событий и логических операторов; сформирована отчетная документация с результатами выполнения сценария бизнес-процесса.

Ключевые слова: сценарий, бизнес-процесс, образовательный процесс, виртуальные данные, обработка и передача, параметры, ресурсы, задача.

Введение

В настоящее время наблюдается рост объемов виртуальных данных, используемых, в частности, для информационного взаимодействия и управления в организациях высшего образования, но одновременно с этим остается нерешенной проблема комплексной автоматизации процесса обработки и передачи виртуальных данных в ходе осуществления образовательного процесса в образовательных организациях высшего образования, готовящих специалистов по техническим направлениям подготовки [1, 2].

Данная работа посвящена созданию модели и сценарию воспроизведения бизнес-процесса управления обработкой и передачей виртуальных данных в образовательном процессе.

Создание модели бизнес-процесса управления обработкой и передачей виртуальных данных в образовательном процессе

В ходе выполнения анализа области исследования с использованием инструментального средства Bizagi Modeler была построена диаграмма бизнес-процесса управления обработкой и передачей виртуальных данных в образовательном процессе на примере организации высшего образования [3], которая представлена на рисунке 1. Главные действия, которые осуществляют в ходе выполнения данного бизнес-процесса, можно выделить следующие:

1. Потребитель виртуальных данных (ВД) формирует заявку на использование виртуальных данных в образовательном процессе (ОП).

2. Если заявка потребителя ВД была отклонена, он получает соответствующее уведомление.
3. Техник отдела по обработке и передаче виртуальных данных (ОиПВД) рассматривает заявку на использование ВД в ОП.
4. В случае положительного решения по заявке техник отдела по ОиПВД выполняет регистрацию заявки на использование ВД в ОП.
5. Инженер отдела по ОиПВД делит на группы заявки на использование ВД в ОП, определяет очередность выполнения заявок, осуществляет выбор заявки на использование ВД в ОП из сформированной очереди на выполнение, осуществляет смену статуса заявки, формирует заказ на выделение специальных виртуальных данных, необходимых для выполнения заявки, и выполняет заявку на использование ВД в ОП.
6. Программист отдела по ОиПВД выполняет заказ на выделение специальных виртуальных данных, необходимых для выполнения заявки.
7. Начальник отдела по ОиПВД согласует выделение ВД по заявке, полученной вне очереди, а также готовит отчетную документацию по выполнению заявок на использование ВД в ОП.

Создание сценария выполнения бизнес-процесса «КАК ЕСТЬ»

Устанавливаем необходимые свойства для воспроизведения существующего сценария, как показано на рисунке 2.

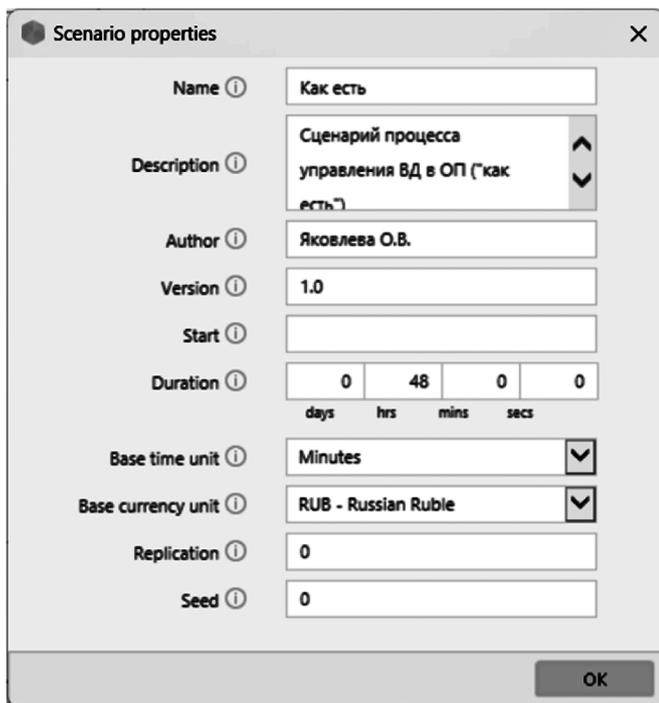


Рис. 2. Параметры существующего сценария

После этого определяем имеющиеся ресурсы для выполнения сценария и задаем расходы на их содержание, как показано в таблице 1.

Таблица 1.

Ресурсы сценария «КАК ЕСТЬ»

№ п/п	Ресурсы	Количество	Стоимость (руб./час)
1.	Потребитель ВД	20	0
2.	Техник отдела по ОиПВД	1	400
3.	Инженер отдела по ОиПВД	1	600
4.	Программист отдела по ОиПВД	1	500
5.	Начальник отдела по ОиПВД	1	700

Затем определяются параметрические данные для входного потока заявок и выполнения всех задач и логических операторов, заданных в сценарии [4]. На рисунке 3 показан процесс определения необходимых параметров для осуществления задачи по рассмотрению заявки на использование ВД в ОП.

После того как были заданы все требующиеся параметрические данные, осуществляем запуск воспроизведения сценария «КАК ЕСТЬ». Результаты, показывающие, насколько загружены ресурсы в процессе воспроизведения сценария «КАК ЕСТЬ», и результаты, позволяющие оценить временные ресурсы, затрачиваемые на осуществление задач, показаны на рисунках 4, 5.

По итогам воспроизведения существующего сценария можно сделать следующий вывод. Из 80 пришедших на выполнение заявок на использование ВД в ОП полностью было реализовано лишь 22. Отчетная документация была сформирована по 19 заявкам. Помимо этого, ожидание для заявок, пришедших на обработку, возрастает на 50 %. Также возникает рост затрат на осуществление задач, возложенных на сотрудников отдела по ОиПВД.

Данная ситуация вызвана тем, что Техник отдела по ОиПВД, Инженер отдела по ОиПВД и Начальник отдела по ОиПВД имеют большую загруженность (почти на 100 %) и не справляются с обработкой пришедших заявок на использование ВД в ОП. Программист отдела по ОиПВД, наоборот, недогружен (около 20 %). При этом он теряет 25 % заказов на специальные ВД (СВД) из-за высокой трудоемкости его работы. Кроме того, общие затраты на осуществление этого процесса составляют более 80 тыс. руб. В качестве возможного решения можно попробовать снизить нагрузку на инженера путем перераспределения его обязанностей между программистом и, возможно, техником. Помимо этого, реализация задач, решаемых сотрудниками отдела по ОиПВД, осуществляется достаточно долгое время и нуждается в автоматизации. Данные действия позволят уменьшить временные затраты на подготовительные работы и реа-

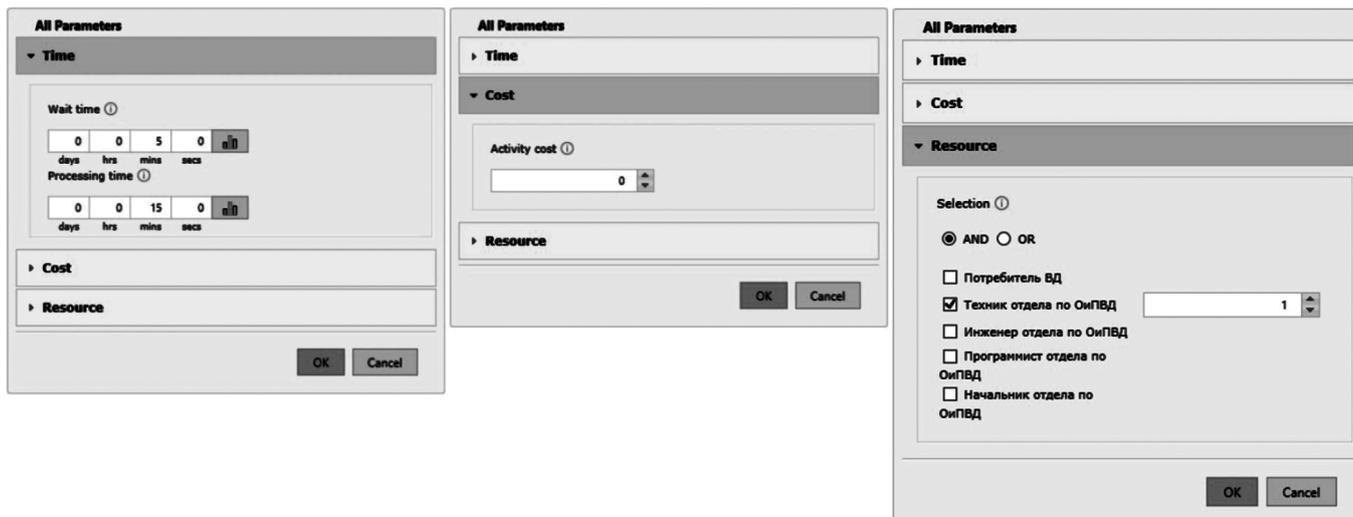


Рис. 3. Ввод параметрических данных для задачи рассмотрения заявки на использование ВД в ОП

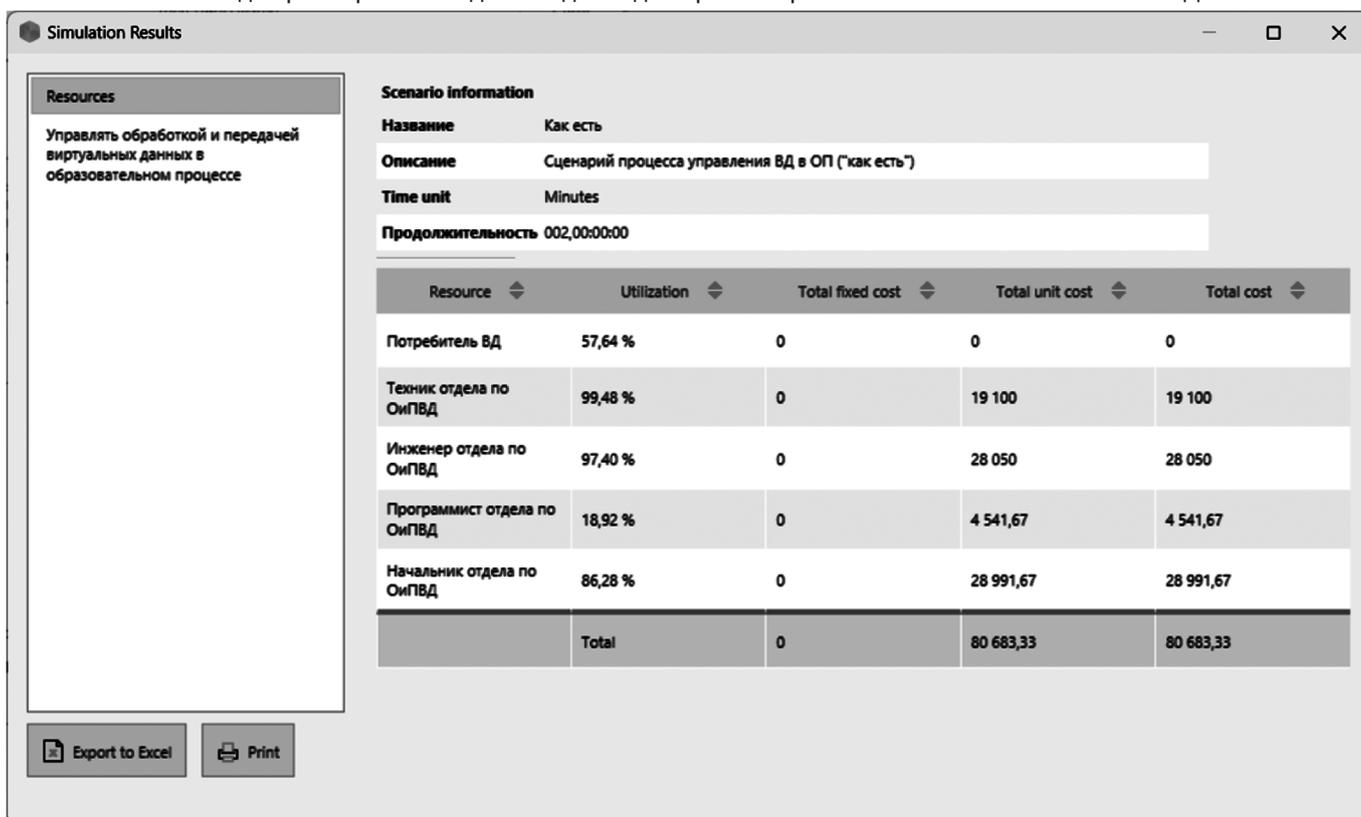


Рис. 4. Анализ степени загруженности ресурсов

лизацию задач данного процесса [5]. Однако в этом случае является возможным появление издержек, которые связаны с увеличением уровня заработной платы, получаемой сотрудниками отдела по ОиПВД.

Создание сценария бизнес-процесса «КАК ДОЛЖНО БЫТЬ»

Переходим к разработке перспективного сценария и устанавливаем параметры его выполнения, как показано на рисунке 6.

Затем устанавливаем количество имеющихся ресурсов для выполнения сценария и расходы на их содержание, как показано в таблице 2.

Далее переходим к установке характеристик осуществления всех задач и подпроцессов, представленных в перспективном сценарии, как показано в таблице 3.

После того как все необходимые для выполнения сценария данные были установлены, переходим к его воспроизведению. Результаты, показывающие, насколько

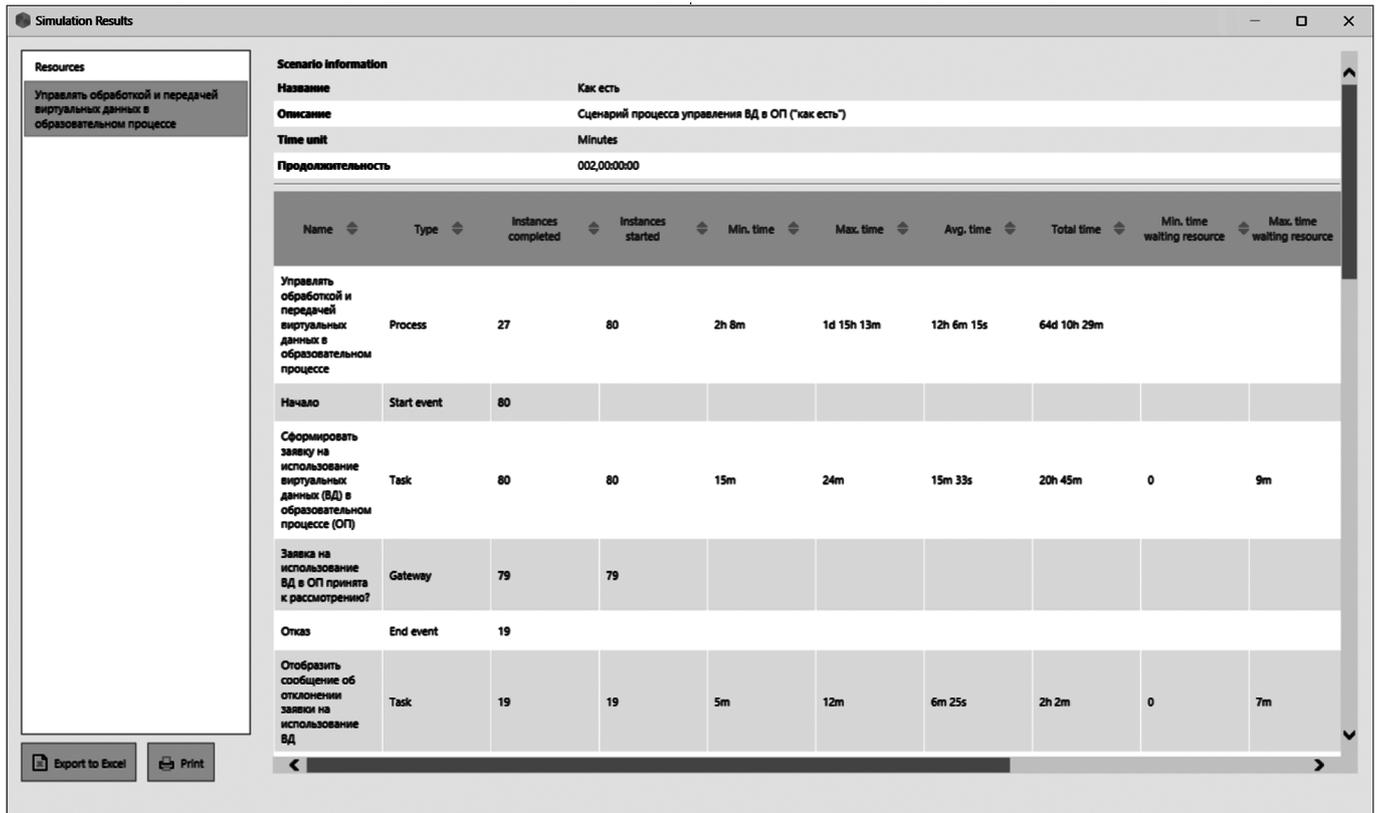


Рис. 5. Результаты оценки времени выполнения задач (фрагмент)

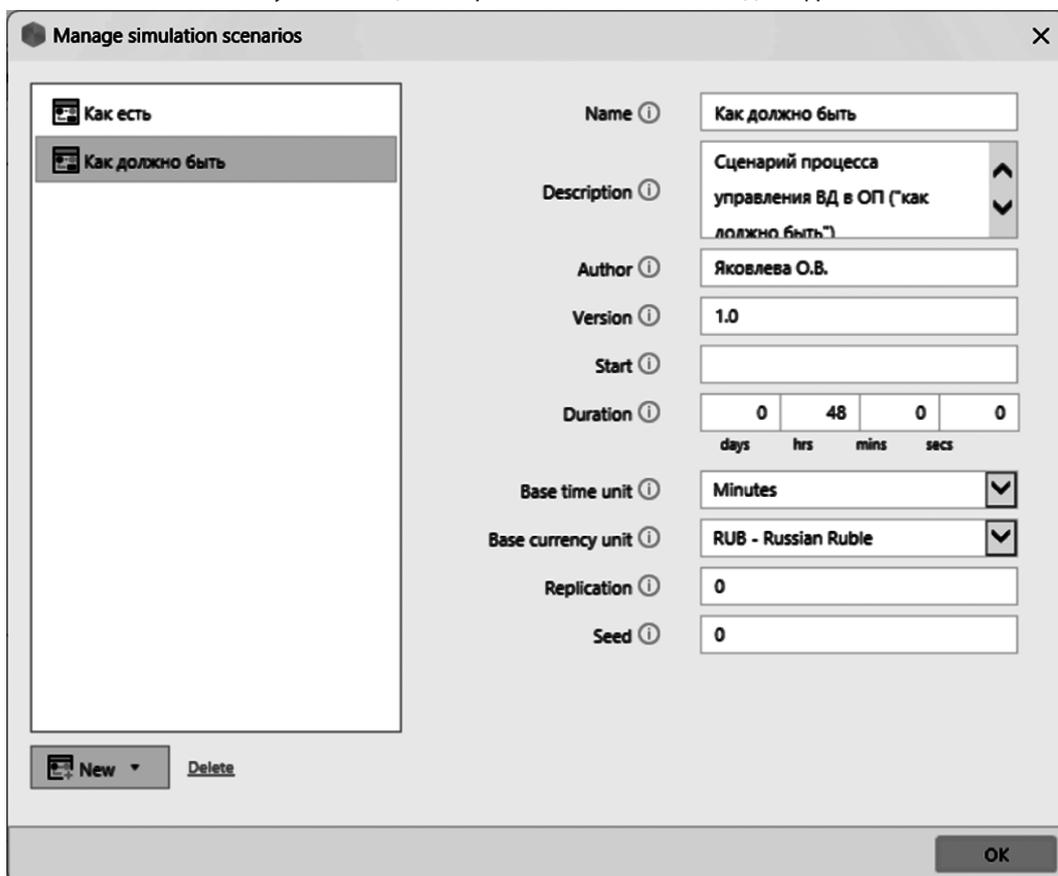


Рис. 6. Создание перспективного сценария

Таблица 2.
Ресурсы сценария «КАК ДОЛЖНО БЫТЬ»

№ п/п	Ресурсы	Количество	Стоимость (руб./час)
1.	Потребитель ВД	20	0
2.	Техник отдела по ОиПВД	1	450
3.	Инженер отдела по ОиПВД	1	650
4.	Программист отдела по ОиПВД	1	550
5.	Начальник отдела по ОиПВД	1	750

ко загружены ресурсы в процессе воспроизведения перспективного сценария, и результаты, позволяющие оценить временные ресурсы, затрачиваемые на осуществление задач, показаны на рисунках 7, 8.

По итогам воспроизведения перспективного сценария можно сделать следующий вывод. Из 80 пришедших на обработку заявок на использование ВД в ОП полностью была реализована 61 заявка, что составило 76 %. Отчетная документация была сформирована по 65 заявкам, в том числе по 4, стоящим в ожидании на обслуживание. Такие высокие показатели выполнения заявок на использование ВД в ОП связаны с уменьшением временных ресурсов на реализацию задач данного процесса, а также выполнением техническим специалистом функций инженера в ходе исполнения заявки на исполь-

зование ВД в ОП. Помимо этого, путем автоматизации осуществления задач процесса управления обработкой [6] и передачей ВД в ОП произошло сокращение общих затрат на его реализацию. Загрузка программиста возросла до 53 %. При этом он стал успевать выполнять в 4 раза больше заказов. В целом загруженность сотрудников отдела стала более сбалансированной и в среднем составила 42 %. Кроме того, сократились общие затраты на организацию труда сотрудников отдела, размер которых составил порядка 42 тыс. руб., что почти в 2 раза меньше, чем при существующем сценарии. При этом почасовая оплата труда должностных лиц на этапе внедрения автоматизации процесса «Управлять обработкой и передачей ВД в ОП» была установлена несколько выше (всего на 50 рублей), чем при существующем сценарии.

Заключение

В ходе выполнения моделирования сценариев управления обработкой и передачей виртуальных данных в образовательном процессе были получены результаты, которые позволят в дальнейшем предпринять необходимые действия по оптимизации данного процесса. Полученные результаты найдут свое применение в процессе создания соответствующего программного инструментария на базе платформы 1С:Предприятие [7] и позволят автоматизировать процесс выполнения данной задачи.

Таблица 3.

Характеристики осуществления задач перспективного сценария

Задача	Время ожидания, мин	Время выполнения, мин	Ресурсы
Сформировать заявку на использование виртуальных данных (ВД) в образовательном процессе (ОП)	2	10	Потребитель ВД — 20
Рассмотреть заявку на использование ВД в ОП	1	3	Техник отдела — 1
Зарегистрировать заявку на использование ВД в ОП	0	3	Техник отдела — 1
Отобразить сообщение об отклонении заявки на использование ВД	0	2	Потребитель ВД — 20
Классифицировать заявку на использование ВД в ОП	1	2	Инженер отдела — 1
Согласовать выделение ВД внеочередной заявке	1	2	Начальник отдела — 1
Поставить заявку на использование ВД в ОП в очередь	0	2	Инженер отдела — 1
Отобразить сообщение о принятии заявки на использование ВД в ОП в работу	0	2	Потребитель ВД — 20
Выбрать очередную заявку на использование ВД в ОП из очереди	1	2	Инженер отдела — 1
Изменить статус заявки на использование ВД в ОП	1	2	Инженер отдела — 1
Исполнить заявку на использование ВД в ОП	1	10	Инженер отдела — 1 ИЛИ Техник отдела — 1
Сформировать заказ на выделение специальных ВД (СВД) под заявку	1	2	Инженер отдела — 1
Выполнить заказ на выделение СВД под заявку	45	75	Программист отдела — 1
Отобразить сообщение об исполнении заявки на использование ВД в ОП	0	2	Потребитель ВД — 20
Подготовить отчет по заявкам на использование ВД в ОП	5	10	Начальник отдела — 1

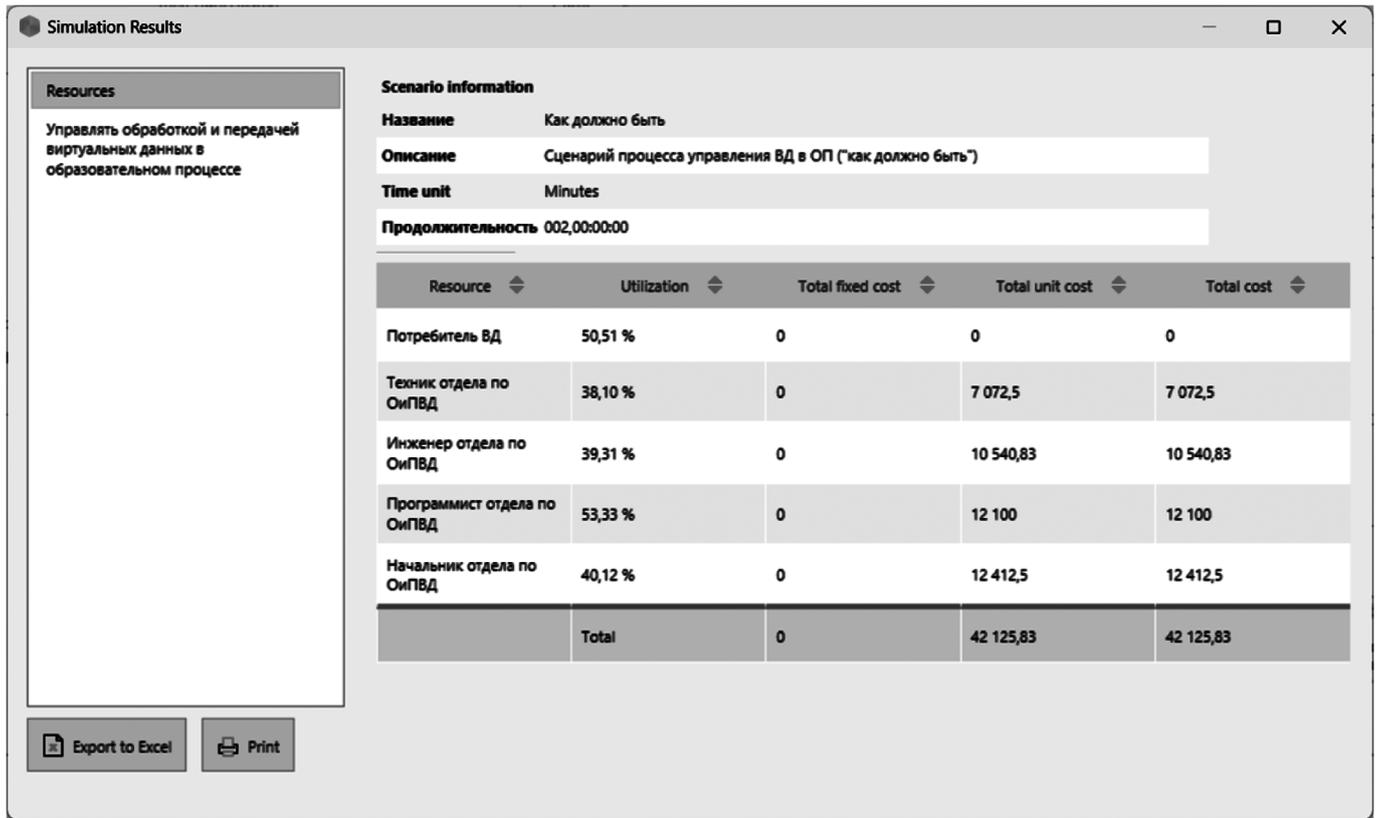


Рис. 7. Анализ степени загрузки ресурсов

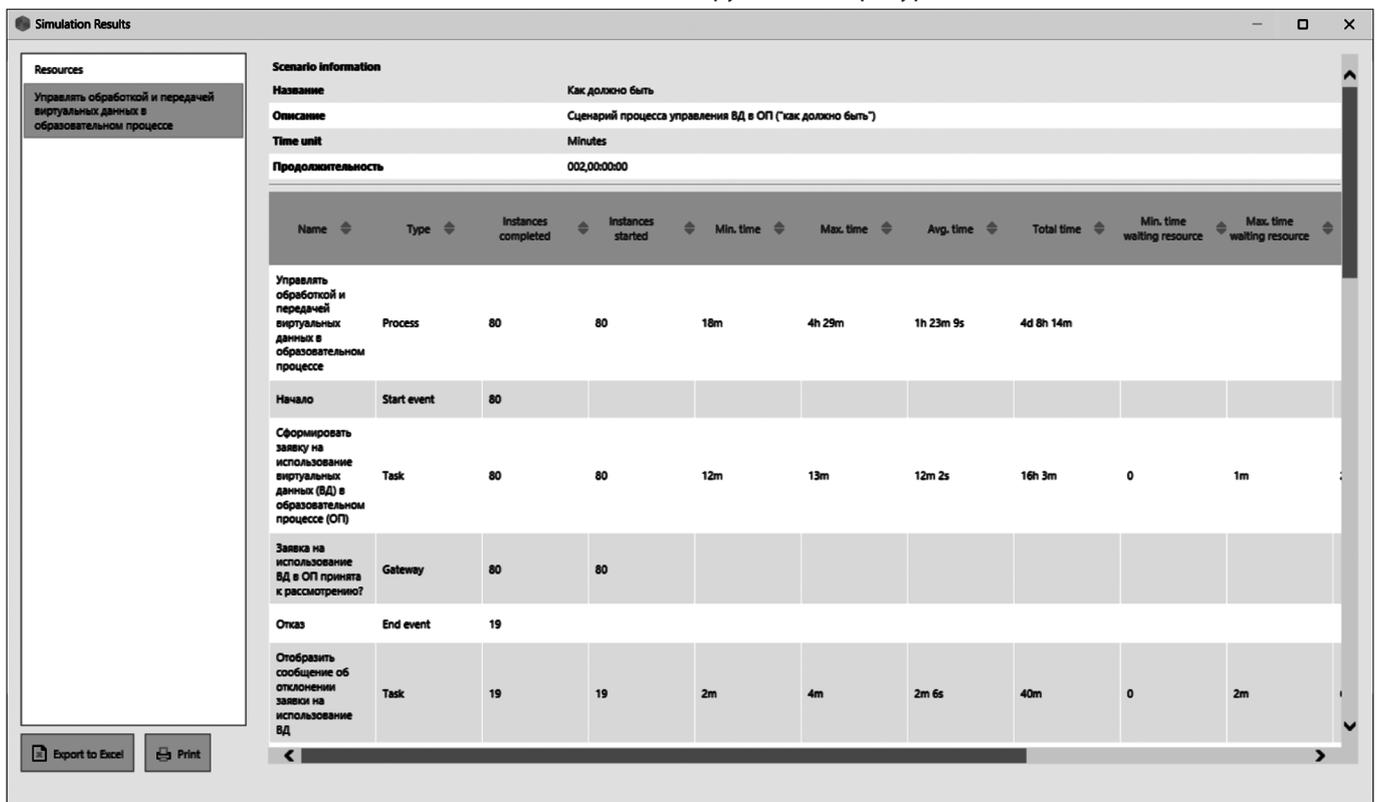


Рис. 8. Результаты оценки времени выполнения задач (фрагмент)

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. 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.
3. 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, ITTMM 2019» 2019. С. 92–101.
4. Ромашкова О.Н., Орехова Е.В. Единая образовательная информационная среда организации и поддержки открытого и непрерывного образования // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2016. № 1. С. 128–134.
5. 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.
6. Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н. Моделирование информационных процессов управления образовательным комплексом // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2014. № 2. С. 122–129.
7. Ромашкова О.Н., Чискидов С.В. Методологии и технологии проектирования информационных систем // Учебно-методическое пособие / Часть 1. Москва, 2020.

© Яковлева Оксана Викторовна (ksana-meleshkina@rambler.ru); Ромашкова Оксана Николаевна (ox-rom@yandex.ru);
Ермакова Татьяна Николаевна (ermaktat@bk.ru); Чискидов Сергей Васильевич (chis69@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭУС-ТОНКОИГОЛЬНАЯ ПУНКЦИЯ ПАРАЗЗОФАГЕАЛЬНОГО ЛИМФАТИЧЕСКОГО УЗЛА ДЛЯ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ВЕРИФИКАЦИИ САРКОИДОЗА СРЕДОСТЕНИЯ. ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

EUS IS A FINE NEEDLE PUNCTURE OF THE PARAESOPHAGEAL LYMPH NODE FOR MORPHOLOGICAL VERIFICATION OF MEDIASTINAL SARCOIDOSIS.
DESCRIPTION OF THE CLINICAL CASE

**N. Aliev
M. Burdyukov
A. Karaeva
M. Khamidov
S. Shamilova**

Summary. This clinical observation describes the possibilities of endoscopic ultrasonography (EUS) in the diagnosis of sarcoidosis. After visualization of the paraesophageal lymph node, its fine needle puncture was performed under the control of EUS (EUS TYPE) and morphological verification.

Keywords: sarcoidosis, endoscopic ultrasonography, lymph node, mediastinum.

Алиев Наибхан Абдулгамидович

Ассистент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет»;
заведующий поликлиническим отделением
клиники ЦЛД;
врач-эндоскопист, ГБУ РД «Республиканская клиническая больница №2», (Махачкала)
Surgeonaliev@mail.ru

Бурдюков Михаил Сергеевич

д.м.н., доцент, ФГБОУ ДПО Российская академия непрерывного профессионального образования;
врач-эндоскопист, ГБУЗ ГКБ им. Боткина ДЗМ;
руководитель, центр эндохирургии Федеральной сети клиник «Евроонко» (Москва)
Burdyukovms@gmail.com

Караева Айшат Караевна

Ассистент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет»;
Главный врач, клиника ЦЛД;
Заведующая кабинетом компьютерной томографии
ГБУ РД «Республиканская клиническая больница им. А.В. Вишневого» (Махачкала)
Aishat05@gmail.com

Хамидов Магомед Ахмедович

д.м.н., профессор,
ФГБОУ «Дагестанский государственный медицинский университет» (Махачкала)
Khamidov67@mail.ru

Шамилова Сабина Гаджимагомедовна

к.м.н., ассистент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный медицинский университет»;
Заместитель главного врача,
клиника ЦЛД по лечебной работе (Махачкала)
Sabina.shamilova.84@mail.ru

Аннотация. Данное клиническое наблюдение описывает возможности эндоскопической ультрасонографии (ЭУС) в диагностике саркоидоза. После визуализации параззофагеального лимфатического узла, выполнена его тонкоигольная пункция под контролем ЭУС (ЭУС-ТИП) и морфологическая верификация.

Ключевые слова: саркоидоз, эндоскопическая ультрасонография, лимфатический узел, средостение.

Введение

Саркоидоз — это системное гранулематозное заболевание, поражающее преимущественно легкие (в 90 % случаев), а также лимфатические узлы (10–20 %), кожу (15 %), глаза (10–30 %), печень (20–30 %) и ряд других органов, в т.ч. сердце [6]. Несмотря на неуклонно растущее за последние десятилетия количество публикаций, посвященных саркоидозу, этиопатогенез этого заболевания остается мало изученным. Наряду с аутоиммунной природой саркоидоза, все чаще обсуждается роль дисрегуляции иммунного ответа, нарушений процессов аутофагии и участия инфламмосом в патогенезе заболевания, которые активно рассматриваются в качестве дополнительных мишеней для терапевтического воздействия [3].

Морфологическая верификация диагноза у онкологических пациентов является одним из основных факторов, влияющих на адекватный выбор тактики лечения. Одним из способов малоинвазивного получения образцов опухолевой ткани объемных образований средостения и верхнего этажа брюшной полости для морфологического исследования является тонкоигльная пункция под контролем эндосонографии (ЭУС-ТИП) [7]. Диагностическая ценность этого метода достаточно высокая — чувствительность и специфичность достигают 95 и 100 % соответственно [1].

Литературные справки

На сегодняшний день, морфологическая верификация диагноза достигается не у всех обратившихся за медицинской помощью онкологических больных, а при некоторых болезнях не превышает 50 % [8]. ЭУС позволяет выполнять прецизионную диагностику и стадирование опухолевых новообразований органов пищеварения, забрюшинного пространства и средостения не транскутанно, а из просвета верхних отделов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), а также получать образцы опухолевой ткани путем осуществляемой по самому короткому маршруту ЭУС-ТИП, ход которой полностью контролируется.

Изначально ЭУС-ТИП была разработана как метод получения опухолевых клеток при небольших новообразованиях поджелудочной железы [4,5]. В настоящее же время ЭУС-ТИП становится одним из основных способов получения образцов опухолевой ткани при поражении поджелудочной железы, верхних отделов ЖКТ, прилежащих тканей, печени и средостения [2,7].

Данное клиническое наблюдение посвящено возможностям ЭУС/ЭУС-ТИП в диагностике и морфологической верификации саркоидоза средостения.

Материал и методы

Пациент С., 63 л., обратился с жалобами на кашель, небольшую одышку, слабость. По анализам: небольшое увеличение показателей С-реактивного белка (>17 мг/л). После консультации врача-пульмонолога, он направлен на компьютерную томографию (КТ) органов грудной клетки (ОГК), где описывают увеличенные внутригрудные лимфоузлы и один крупный параэзофагеальный лимфоузел. Конечно, сопоставив все имеющиеся данные мы уже подозревали саркоидоз, тем более у рентгенологов есть свои четкие КТ-критерии дифференциальной диагностики саркоидоза, но всё-таки этот параэзофагеальный лимфоузел вызвал у нас большой интерес.

Пациенту была выполнена ЭУС, где в нижне-грудном отделе пищевода (заднее средостение) визуализируется параэзофагеальное гипоэхогенное образование округлой формы, с анэхогенными зонами и гиперэхогенными включениями, размером 27x28 мм, прорастающее в 4-эхо слой пищевода (мышечный). На первый взгляд, если не знать анамнеза и клинических данных, образование больше напоминает гастроинтестинальную стромальную опухоль (ГИСО) или истинно-солидное образование, нежели лимфатический узел.

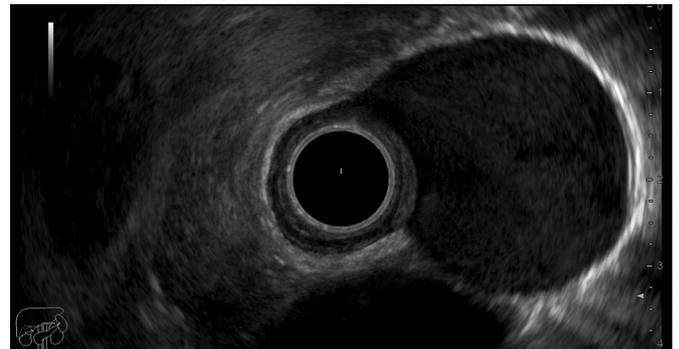


Рис. 1. ЭУС: параэзофагеальное образование нижне-грудного отдела пищевода

При цветовом доплеровском картировании (ЦДК) образование оказалось аваскулярным, при эластографии средней плотности и эти критерии не в пользу злокачественности.

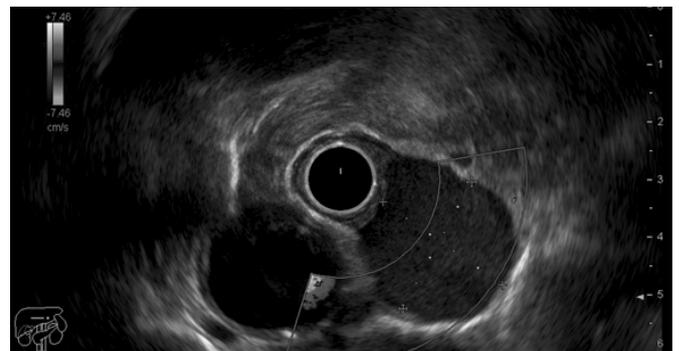


Рис. 2. ЭУС: цветовое доплеровское картирование

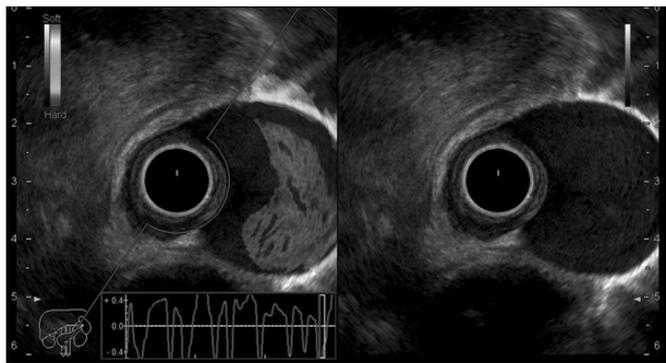


Рис. 3. ЭУС: эластография

Далее, было принято решение пунктировать данное образование, чтобы получить цитологическое заключение и окончательно развеять все сомнения. Пункция была выполнена иглой диаметром 22G без технических сложностей.

Результат цитологического исследования: в препарате эпителиоидные клетки, располагающиеся в структурах и разрозненно, округло-овальные, наслаивающиеся ядра с точечным распределением хроматина, единичными нуклеолами. Встречаются единичные клетки Пирогова-Лангханса, фибробласты, гистиоциты, лимфоциты.

Заключение: цитологическая картина саркоидоза с преобладанием эпителиоидных клеток.

Комментарий цитолога в вопросе дифференциальной диагностики саркоидоза и туберкулеза: при туберкулезе развивается крупноклеточная гиперплазия, некроз лимфоцитов, дегенеративные изменения клеток, их распад — казеозный детрит; материал, как правило, бывает представлен в виде бесструктурных аморфных масс, окрашенных в темно-фиолетовый цвет, на их фоне сохраняются лимфоциты или тени их ядер, полуразрушенные эпителиоидные клетки и клетки Пирогова-Лангханса.

Выводы

Таким образом, симбиоз методов в очередной раз позволил поставить точный диагноз для эффективного лечения болезни и обеспечения качества жизни пациента. Благодаря высокой точности и разрешающей способности ЭУС у нас появляются сомнения в плане злокачественности образований. Именно поэтому всегда надо быть готовым сменить аппарат с радиального на конвексный и выполнять ЭУС-ТИП. В данном клиническом случае мы получили результат благодаря сочетанию КТ и ЭУС-ТИП с последующей цитологией!

ЛИТЕРАТУРА

- Annema J.T., van Meerbeeck J.P., Rintoul R.C., et al. Mediastinoscopy vs endosonography for mediastinal nodal staging of lung cancer: a randomized trial // JAMA. 2010 Nov 24. Vol. 304, N 20. P. 2245–2252.
- Chen V.K., Eloubeidi M.A. Endoscopic ultrasound-guided fine-needle aspiration of intramural and extraintestinal mass lesions: diagnostic accuracy, complication assessment, and impact on management // Endoscopy. 2005. Vol. 27. P. 984–989.
- Drent M, Crouser ED, Grunewald J. Challenges of Sarcoidosis and Its Management. N Engl J Med. 2021;385:1018–32. <https://doi.org/10.1056/NEJMra2101555>.
- Dumonceau J.M., Polkowski M., Larghi A. et al. Indications, results, and clinical impact of endoscopic ultrasound (EUS)-guided sampling in gastroenterology: European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) clinical guideline // Endoscopy. 2011. Vol. 43. P. 897–912.
- Eltoum I.A., Alston E.A., Roberson J. Trends in pancreatic pathology practice before and after implementation of endoscopic ultrasound-guided fine-needle aspiration: an example of disruptive innovation effect? // Arch. Pathol. Lab. Med. 2012. Vol. 136. P. 447–453.
- Valeyre D, Prasse A, Nunes H, et al. Sarcoidosis. Lancet. 2014;383:1155–67. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60680-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60680-7).
- Бурдюков Михаил Сергеевич, Юричев И.Н., Нечипай А.М., Чистякова О.В., Долгушин Б.И., Унгиадзе Г.В. Эффективность ЭУС-ТИП в верификации объемных образований средостения и верхнего этажа брюшной полости: факторы влияния // Клиническая и экспериментальная хирургия. 2015. №4 (10).
- Давыдов М.И., Аксель Е.М. (ред.) Статистика злокачественных новообразований в России и странах СНГ в 2012 г. М.: Издательская группа РОНЦ, 2014. 226 с.

© Алиев Наибхан Абдулгамидович (Surgeonaliev@mail.ru); Бурдюков Михаил Сергеевич (Burdyukovms@gmail.com); Караева Айшат Караевна (Aishat05@gmail.com); Хамидов Магомед Ахмедович (Khamidov67@mail.ru); Шамилова Сабина Гаджимагомедовна (Sabina.shamilova.84@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПЕРВИЧНО-МНОЖЕСТВЕННЫЙ РАК КОЖИ

PRIMARY-MULTIPLE SKIN CANCER

V. Belous

Summary. Introduction. Primary multiple skin cancer (PMRCS) are malignant tumors of the epidermis, which are characterized by the appearance of more than one lesion on the skin or mucous membranes. PMRCS pose a serious medical and social problem due to their high incidence and tendency to relapse and metastasis.

Materials and methods. A retrospective analysis of 102 case histories of patients diagnosed with PMR was conducted, who were hospitalized in the oncology department of the university clinic in the period from 2015 to 2020. The analysis included an assessment of the clinical and morphological features of the disease, survey data, information about the treatment performed and long-term results.

Results. The main risk factors of PMRK, the features of the clinical course and the consequences of the disease have been identified. Data on the frequency of side effects and the effectiveness of various treatment methods for PMRK have been obtained.

Keywords: primary multiple skin cancer, skin melanoma, skin tumour diseases, cancer risk factors.

Белоус Владимир Владимирович

Врач-онколог-хирург, соискатель, Витебский
Государственный Медицинский Университет

arhangelskaya.silver@yandex.ru

Аннотация. Введение. Первично-множественный рак кожи (ПМРК) представляет собой группу злокачественных опухолей эпидермиса, которые характеризуются возникновением более чем одного очага заболевания на коже или слизистых оболочках. ПМРК представляют серьезную медико-социальную проблему из-за высокой частоты встречаемости и склонности к рецидивам и метастазированию.

Материалы и методы. Проведен ретроспективный анализ 102 историй болезни пациентов с диагнозом ПМРК, госпитализированных в онкологическое отделение университетской клиники в период с 2015 по 2020 год. Анализ включал оценку клинико-морфологических особенностей заболевания, данные обследований, сведения о проведенном лечении и отдаленных результатах.

Результаты. Выявлены основные факторы риска ПМРК, особенности клинического течения и последствия заболевания. Получены данные о частоте побочных эффектах и эффективности различных методик лечения ПМРК.

Ключевые слова: первично-множественный рак кожи, меланома кожи, опухолевые заболевания кожи, факторы риска онкологических заболеваний.

Введение

Первично-множественный рак кожи (далее ПМРК) представляет собой группу злокачественных опухолей эпидермиса, которые характеризуются возникновением более чем одного первичного новообразования на коже или слизистых оболочках у пациента в течение жизни [9, с. 24; 5, с. 13]. Данная патология относится к наиболее распространенным видам злокачественных новообразований, составляя до 20 % от всех диагностируемых раковых опухолей в мире [1, с. 60].

По современным статистическим данным, ежегодно регистрируется более 150 тысяч новых случаев ПМРК только в Северной Америке [14, с. 79]. В Российской Федерации показатель заболеваемости также остается высоким и ежегодно увеличивается примерно на 4–5 % [10, с. 96]. Так, согласно отчетам онкологических диспансеров, в 2019 г. было зарегистрировано более 30 тысяч новых случаев ПМРК [2].

Повышенный риск развития ПМРК связан с такими факторами, как наличие большого количества невусов и меланоцитарных неви на коже, светлый фототип кожи, воздействие ультрафиолетового излучения, наследственные предрасположенности [11; 15, с. 25]. Кроме того, важное значение имеют иммунодефи-

цитные состояния, трансплантация органов, прием иммунодепрессантов [12, с. 900; 8, с. 16].

В силу мультифокального характера развития опухолевого процесса у больных ПМРК, данное заболевание сопровождается повышенным риском рецидивирования и метастазирования в лимфоузлы и внутренние органы по сравнению с одиночным раком кожи [9, с. 56; 13, с. 98]. Кроме того, ПМРК характеризуется более агрессивным течением и более низкой выживаемостью пациентов [10, с. 105; 14, с. 209]. Все вышеперечисленные особенности определяют актуальность дальнейшего изучения основных аспектов данной патологии.

Дальнейшее развитие опухолевого процесса при ПМРК обусловлено целым комплексом патогенетических механизмов, которые до конца не раскрыты. По мнению ряда авторов, первичная индукция опухоли начинается на фоне активации онкогенов и/или инактивации генов-супрессоров опухолей вследствие действия эндогенных и экзогенных факторов [9, с. 58]. Так, накопление мутаций в генах p53 и CDKN2A, регулирующих пи процессы пролиферации и дифференцировки кератиноцитов, приводит к нарушению их функции и создает предпосылки для трансформации нормальных клеток в опухолевые [13, с. 88]. При этом важную роль играют факторы окружающей среды, в первую очередь солнечное излучение с коротковолновой длиной [14, с. 86].

Вместе с тем, дальнейшее прогрессирование опухоли обеспечивается также перестройкой внеклеточного матрикса и микроокружения под влиянием ростовых факторов, секретируемых неопластическими клетками [10, с. 122]. Показано, что молекулы MMP-1 и MMP-9, высвобождаемые раковыми клетками, способствуют протеолизу коллагена I типа и расщеплению ламинина, облегчая проникновение и миграцию опухолевых клеток [15, с. 23]. В дальнейшем происходит ангиогенез новообразований под влиянием фактора роста эндотелия сосудов (VEGF) и базального фибробластного фактора роста (bFGF), что обеспечивает опухоли питанием и кислородом [11]. Немаловажную роль играет снижение иммунного ответа на раковые клетки вследствие нарушения функционирования антигенпрезентирующих клеток и селекции иммунных клонов *in situ* [12, с. 949].

При мультифокальном развитии ПМРК предрасполагающие факторы создают благоприятные условия для одновременной трансформации нескольких клонов кератиноцитов. Кроме того, гематогенное и лимфогенное метастазирование опухолевых клеток способствует формированию вторичных очагов в коже и лимфатических узлах [16, с. 94]. Данный процесс, по-видимому, облегчается экспрессией металлопротеиназ и интегринов на поверхности неопластических клеток [1, с. 61].

Материалы и методы

В настоящем исследовании нами были проанализированы данные 102 пациентов с подтвержденным диагнозом ПМРК, госпитализированных в онкологическое отделение университетской клиники в период 2015–2020 годов. Критериями включения в исследование являлись: наличие мультифокальных первичных признаков рака кожи, возраст пациентов старше 18 лет, доступность полных клинических данных и парафиновых блоков опухолевой ткани.

Изучение историй болезни осуществлялось с соблюдением этических норм в соответствии с Хельсинкской декларацией. Анонимизация персональных данных исключила возможность идентификации пациентов. Структура анамнеза включала сведения о демографических характеристиках, факторах риска, жалобах и объективных признаках заболевания, результатах дополнительных методов исследования.

Морфологическая верификация опухолей проводилась по гематоксилин-эозиновым срезам парафиновых блоков. Для уточнения гистогенеза новообразований использовалась иммуногистохимическая окраска на панкератин, S-100 белок, HMB-45 антиген. Степень дифференцировки определялась в соответствии с классификацией ТНМ. Статистическая обработка включала описательный анализ количественных и качественных

признаков, сопоставление клинико-морфологических данных. Проверка гипотез осуществлялась с помощью непараметрических методов с учетом ранговой природы признаков. Значимость различий оценивалась критерием χ^2 с порогом достоверности $p < 0,05$.

Результаты исследования

Диагностика первично-множественного рака кожи (далее — ПМРК) имеет ряд особенностей, обусловленных мультифокальным характером развития опухолевого процесса. Своевременное выявление всех очагов заболевания имеет важное значение для назначения адекватной терапии и достижения наилучших результатов лечения. Первичный осмотр кожных покровов является обязательным этапом скрининга ПМРК. При этом тщательно осматриваются участки, подверженные воздействию солнечного света (лицо, шея, верхние конечности), а также зоны с неоднократными случаями образования меланоцитарных невусов и недерматозов [9, с. 73; 10, с. 143].

Важными признаками, требующими биопсии, являются пигментные образования, отличающиеся по цвету и форме от окружающих тканей, а также новообразования диаметром более 5 мм с неровными, размытыми или расширенными сосудами [11]. При выявлении подозрительных участков проводится удаление в полном объеме с гистологическим исследованием [12, с. 950].

После установления диагноза ПМРК целесообразно проведение дерматоскопии всего тела для обнаружения скрытых мелких очагов [13, с. 78]. Данный метод позволяет увеличить точность диагностики в 1,5–2 раза по сравнению с визуальным осмотром [14, с. 229].

В ряде случаев ПМРК сопровождается нарушениями иммунного гомеостаза. Для выявления таких пациентов применяют определение уровня иммуноглобулинов и субпопуляций лимфоцитов в крови [15, с. 23].

Важное значение имеет выявление метастатических поражений регионарных лимфоузлов. Методами выбора являются УЗИ-сканирование и МРТ лимфатических бассейнов [16, с. 95; 1, с. 60]. При подозрении на наличие метастазов показано исследование пунктатов из лимфоузлов [2]. Для верификации необычных и труднодиагностируемых очагов целесообразна консультация дерматолога-онколога. Он определяет тактику дальнейшего обследования с применением специальных методов, таких как конфокальная микроскопия кожи [3].

В результате проведенного ретроспективного анализа были получены следующие данные. Выявлено, что наиболее распространенными локализациями опухолевого процесса при ПМРК являлись лицо (34 %), шея

(16 %), верхние конечности (15 %) и туловище (12 %). Средний возраст пациентов составил $62,3 \pm 8,9$ года, преобладали лица старше 60 лет [15, с. 22].

Оценка факторов риска позволила установить, что у 79 % больных имелась хроническая солнечная инсоляция в анамнезе, а у 65 % — большое количество солнечных или лазерных недерматозов на коже [2]. У 37 % пациентов были выявлены наследственные предрасположенности к развитию опухолей кожи, в частности синдром Дискератозиса [11; 4, с. 40]. Сопоставление результатов клинического осмотра с данными гистопатологического исследования опухолей подтвердило диагноз ПМРК базальноклеточного рака в 82 случаях и спиноциточного рака — в 20 случаях [12, с. 951; 1, с. 62]. У 6 больных выявлены первичные меланомы кожи с множественными вторичными метастазами в легкие и кожу. Анализ отдаленных результатов лечения показал, что через 3 года после первичной терапии рецидивы заболевания регистрировались у 27 пациентов (26,5 %), в том числе метастазы — у 8 больных (7,8 %) [16, с. 94]. При этом у 4 пациентов (3,9%) развилась летальность в результате прогрессирования заболевания [13, с. 77; 3].

Дополнительный анализ полученных данных позволил оценить зависимость частоты рецидивов и метастазирования от стадии заболевания при постановке первичного диагноза.

Так, у больных на I стадии ПМРК (T1N0M0) в течение 3-летнего периода наблюдения рецидивы выявлены в 15 % случаев (8 из 53 пациентов), метастазы отсутствовали [12, с. 950; 1, с. 63]. При II стадии (T2N0M0) показатель рецидивности составил уже 28 % (14 из 50), метастатические осложнения установлены у 3 больных (6 %) [15, с. 24; 3]. Самые неблагоприятные прогностические показатели зафиксированы при III стадии заболевания (T3N1M0). Так, рецидив ПМРК диагностирован у 42 пациентов из 63 (67 %), а количество больных с метастазами составило 12 человек (19 %) [13, с. 67; 16, с. 95].

Кроме того, выявлена зависимость вероятности рецидива от локализации первичной опухоли. Так, если при локализации на лице и шее показатель составил 39 % (25 из 64), то при поражении туловища — уже 52 % (13 из 25), а верхних конечностей — 58 % (23 из 40) [11; 2]. Статистическая оценка связи между степенью дифференцировки опухоли и результатами лечения показала, что при высокодифференцированном ПМРК вероятность рецидива находится на уровне 35 % (30 из 86), а метастазирования — 5 % (4 из 86). В то время как при низкодифференцированном раке эти показатели составили соответственно 56 % (26 из 46) и 14 % (6 из 46) [10, с. 178; 14, с. 99].

Для более детальной оценки влияния терапевтических подходов на отдаленные результаты лечения были

проанализированы данные о проведенных видах вмешательств.

Так, у 32 пациентов I стадии ПМРК проводилась монотерапия в виде хирургического удаления всех очагов под местной анестезией. У 8 из них (25 %) через 3 года зарегистрирован локальный рецидив [1, с. 60].

В группе из 43 больных II стадией после оперативного лечения назначалась адьювантная лучевая терапия дозой 50 Гр в пораженную область. У 8 пациентов (18,6 %) в дальнейшем развился рецидив в пределах облученной зоны [14, с. 97].

При III стадии у 41 пациента применялась комбинированная схема — операция и последующая химиотерапия цисплатином. У 13 больных (31,7 %) необходимо было проведение повторных оперативных вмешательств в связи с повторно-рецидивным течением [12, с. 952]. Анализ данных 15 пациентов со стадией III и высоким риском метастазирования, которым назначалась полихимиотерапия до операции (схема цисплатин+5-фторурацил), выявил только 2 случая (13,3 %) прогрессирования в течение 3 лет [16, с. 96].

Посмотрим на динамику трех лет:

Среди 102 пациентов у 6 (5,9 %) в течение 3 лет были диагностированы вторичные новообразования, не связанные непосредственно с ПМРК. У 4 пациентов (3,9 %) выявлен рак предстательной железы, у 1 — рак толстой кишки, у 1 — опухоль поджелудочной железы [1, с. 61]. Кроме того, анализ результатов инструментальных методов исследования выявил у 4 больных (3,9 %) отдаленные метастатические поражения печени и легких, несмотря на отсутствие признаков дистантного метастазирования в момент постановки первичного диагноза [14, с. 95].

У 7 пациентов (6,9 %) через 1-3 года после завершения основной терапии развилась выраженная фоточувствительность кожи и ксероз на фоне нарушения иммунного гомеостаза [16, с. 93]. У 4 из них (3,9 %) пришлось проводить длительный курс иммуностропной терапии.

Обсуждение полученных результатов позволяет сделать ряд важных выводов о клинико-морфологических особенностях ПМРК и факторах, влияющих на течение и результаты терапии данного заболевания.

Так, выявленная связь между стадией опухолевого процесса и вероятностью рецидивов свидетельствует о том, что именно на ранних этапах лечения ПМРК следует применять наиболее радикальные методы, направленные как на удаление всех морфологически верифицированных очагов заболевания, так и на профилактику возможного микрометастазирования.

Анализ влияния локализации первичных опухолей позволяет сделать вывод о целесообразности более широкого применения адъювантных методов лечения, в первую очередь лучевой терапии, при поражении туловища и верхних конечностей с учётом повышенного риска рецидива. Изучение эффективности различных схем комбинированного лечения убедительно демонстрирует преимущества интегральных подходов, особенно неоадъювантной химиотерапии при III стадии ПМРК.

В то же время полученные данные о частоте осложнений в поздние сроки подчёркивают необходимость длительного наблюдения за больными и коррекции схем терапии с учётом онкологического анамнеза.

Несмотря на полученные в исследовании ценные сведения о выявленных особенностях ПМРК и эффективности различных методов терапии, некоторые вопросы остаются недостаточно изученными и требуют дальнейшего освещения. В частности, целесообразно провести дополнительный анализ зависимости результатов лечения от морфологических подтипов опухолей при ПМРК. Известно, что базальноклеточный и спино-клеточный рак отличаются по степени агрессивности и чувствительности к терапии. Однако в настоящем исследовании не оценивалось влияние данного фактора.

Кроме того, необходимо более детальное изучение роли наследственных мутаций в патогенезе ПМРК. Установлено, что в развитии опухолей значимую роль играет активация онкогенов и инактивация генов-супрессоров. Однако сведения об ассоциации конкретных генетических вариантов с клиническими проявлениями заболевания остаются фрагментарными.

Также следует уделить внимание особенностям иммунологической реакции на опухоль при ПМРК. Доказано, что иммунодефицит способствует прогресси-

ванию и рецидивам. Вместе с тем малоизучен механизм иммунного ответа и возможности иммунотерапевтических подходов.

Расширение знаний в этих направлениях позволит более глубоко понять патогенез ПМРК и разработать более эффективные стратегии диагностики и лечения этого опасного онкологического заболевания.

Заключение

В результате проведенного ретроспективного исследования был получен ценный фактический материал, позволивший характеризовать основные клиничко-морфологические особенности течения ПМРК и оценить эффективность различных методов терапии.

Было показано, что у 79 % пациентов в анамнезе имелась хроническая солнечная инсоляция, а у 65 % — множественные неви и недерматозы на коже. У 37 % больных выявлены наследственные предрасположенности к развитию рака кожи.

Установлено, что наиболее распространенными локализациями ПМРК являлись лицо (34 %), шея (16 %) и верхние конечности (15 %). Выявлена статистически значимая связь между стадией заболевания и частотой рецидивов (67 % на III стадии) и метастазирования (19 % на III стадии).

Показано, что для I стадии оптимальной является хирургическая резекция (25 % рецидивов), для II — дополнительная лучевая терапия (18,6 % рецидивов), для III — неоадъювантная полихимиотерапия (13,3 % прогрессирования при этой схеме).

Таким образом, полученные данные представляют научный интерес для улучшения диагностики и оптимизации тактики лечения первично-множественного рака кожи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гончаренко Г.В. Первично-множественные злокачественные опухоли наиболее распространенных локализаций — статистика онкологического кабинета поликлиники / Г.В. Гончаренко // Research>n Practical Medicine Journal. -2015. — № 4. — С. 59–65.
2. Злокачественные новообразования в России в 2022 году (заболеваемость и смертность) (под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, А.О. Шахзадовой). М.: МНИОИ им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России. 2023
3. Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. Состояние онкологической помощи населению России в 2022 году. М.2023
4. Кит О.И., Геворкян Ю.А., Солдаткина Н.В., Харагезов Д.А., Колесников В.Е., Милакин А.Г. Первично-множественный колоректальный рак: возможности мининвазивных оперативных вмешательств. Колопроктология. 2017;(1):38–42. <https://doi.org/10.33878/2073-7556-2017-0-1-38-42>, EDN: XVGRMP
5. Сергеев Ю.Ю. Первично-множественный рак кожи: описание клинического случая и обзор литературы / Ю.Ю. Сергеев, В.В. Мордовцева, О.Р. Катунина, В.Ю. Сергеев // Медицинский алфавит. — 2019. — № 1(7). — С. 78–82.
6. Солдаткина Н.В., Кит О.И., Геворкян Ю.А., Милакин А.Г. Первично-множественный колоректальный рак: клинические аспекты. Терапевтический архив. 2016;88(8):53-58. <https://doi.org/10.17116/terarkh20168853-58>, EDN: WKGCEF
7. Шевцов И.В. Обоснование роли радиочастотно-ассистированной резекции в хирургическом лечении локализованного рака почки: диссертация ... кандидата медицинских наук: 14.01.17 / Шевцов Иван Владимирович. — Санкт-Петербург, 2013. — 74 с.: ил.13.

8. Янковой А.Г., Прокопенко Е.И., Синютин А.А., Степанов В.А. и др. Опухолевое поражение трансплантированной почки // Клиническая нефрология. — 2016. — Т. 3. — С. 53–59.
9. AlBugami M., Kiberd B. Malignancies: pre and post transplantation strategies // *Transplant Rev (orlando)*. — 2014. — Vol. 28(2). — P. 76-3. — doi: 10.1016/j.trre.2013.12.002.
10. Collet D., Mumford L., Banner N.R. et al. Comparison of the incidence of malignancy in recipients of different types of organ: a UK registry audit // *Am. J. Transplant.* — 2010. — Vol. 10. — P. 1889–96. — doi: 10.1111/j.1600-6143.2010.03181.x.
11. Engels E.A., Pfeiffer R.M., Fraumeni J.F. Jr. et al. Spectrum of cancer risk among US solid organ transplant recipients // *JAMA*. — 2011. — Vol. 306(17). — P. 1891-901. — doi: 10.1001/jama.2011.1592.
12. Ilcheva M, Nikolova P, Hadzhiyska V, Mladenov K. Impact of FDG PET/CT on detection of synchronous and metachronous malignancies and clinical management in patients with multiple primary cancers. *Neoplasma*. 2022 Jul;69(4):948-956. https://doi.org/10.4149/neo_2022_220203N135
13. Lehnhardt M, Bohm J, Hirsch T, et al. Strahlen-induzierte Angiosarkome der Brust. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 2017;49(2): 103-10 [Lehnhardt M, Bohm J, Hirsch T, et al. Radiation-induced angiosarcoma of the breast. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 2017;49(2):103–10 (in German)]. DOI:10.1055/s-0043-106583
14. Neuzillet Y, Tillou X., Mathieu R. et al. Comité de Transplantation de l'Association Française d'Urologie; Comité de l'Association Française d'Urologie. Renal cell carcinoma (RCC) in patients with end-stage renal disease exhibits many favourable clinical, pathologic, and outcome features compared with RCC in general population // *Eur. Urol.* — 2011. — Vol. 60(2). — P. 366–73.
15. Tillou X., Guleryuz K., Collon S., Doerfler A. Renal cell carcinoma in functional renal graft: Toward ablative treatments // *Transplant. Rev. (Orlando)*. — 2016. — Vol. 30(1). — P. 20–26. — doi: 10.1016/j.trre.2015.07.001.
16. Viart L., Sarga N., Collon S. et al. The High Rate of de novo Graft Carcinomas in Renal Transplant Recipients // *Am J Nephrol.* — 2013. — Vol. 37. — P. 91–96. — doi: 10.1159/000346624.

© Белоус Владимир Владимирович (arhangelskaya.silver@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭНДОТЕЛИН-1 И ФАКТОР РОСТА ЭНДОТЕЛИЯ СОСУДОВ (VEGF) КАК МАРКЕРЫ ЭНДОТЕЛИАЛЬНОЙ ДИСФУНКЦИИ У БОЛЬНЫХ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА (ИБС), В ТОМ ЧИСЛЕ ПЕРЕНЕСШИХ НОВУЮ КОРОНАВИРУСНУЮ ИНФЕКЦИЮ (COVID-19)

ENDOTHELIN-1 AND VASCULAR ENDOTHELIAL GROWTH FACTOR (VEGF) AS MARKERS OF ENDOTHELIAL DYSFUNCTION IN PATIENTS WITH CORONARY HEART DISEASE (CHD), INCLUDING THOSE WHO HAVE SURVIVED NEW CORONAVIRUS INFECTION (COVID-19)

**D. Bolgov
S. Kuznetsov
M. Tkachenko**

Summary. The article presents a modern view of the significance of two of the most important markers of endothelial dysfunction — endothelin-1 and vascular endothelial growth factor. The antagonism of the effects of the vasoconstrictor endothelin-1 and the vasodilator, which is critical in maintaining proper vascular tone, nitric oxide, their mutual influence and effect on the vasomotor function of the endothelium is shown. Using the example of a method for quantitative determination of the concentration of endothelin-1, using an enzyme-linked immunosorbent assay, in the plasma of patients diagnosed with coronary heart disease, as well as a laboratory-confirmed diagnosis of coronavirus infection caused by the SARS-CoV-2 virus (COVID-19), the possibility of predicting additional risks is shown cardiovascular complications in this group of patients. The topic under consideration will be of interest to cardiologists, therapists, as well as specialists in other related fields. The issues covered by the authors in this work require further in-depth study.

Keywords: endothelial dysfunction, markers of endothelial dysfunction, endothelial damage, endothelin-1, vascular endothelial growth factor (VEGF), coronary heart disease (CHD), SARS-CoV-2 (COVID-19).

Болгов Даниил Юрьевич

аспирант, ФГБОУ «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
d.bolgoff2015@yandex.ru

Кузнецов Сергей Иванович

д.м.н., профессор, ФГБОУ «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
09ksi@mail.ru

Ткаченко Максим Сергеевич

врач по медицинской профилактике, БУЗ ВО
«Воронежская городская поликлиника №22»
mtkachenko3@yandex.ru

Аннотация. В статье изложен современный взгляд на значение двух из наиболее важных маркеров эндотелиальной дисфункции — эндотелина-1 и фактора роста эндотелия сосудов. Показан антагонизм эффектов вазоконстриктора эндотелина-1 и вазодилатора, имеющего критическое значение в поддержании должного сосудистого тонуса, оксида азота, их взаимное влияние и действие на вазомоторную функцию эндотелия. На примере метода количественного определения концентрации эндотелина-1, посредством иммуноферментного анализа, в плазме пациентов имеющих диагноз ишемической болезни сердца, а так же лабораторно подтвержденный диагноз коронавирусной инфекции, вызванной вирусом SARS-CoV-2 (COVID-19), показана возможность прогнозирования дополнительных рисков сердечно-сосудистых осложнений у данной группы пациентов.

Рассматриваемая тема будет интересна кардиологам, терапевтам, а также специалистам других смежных направлений. Вопросы, освещаемые авторами в данной работе, требуют дальнейшего углубленного изучения.

Ключевые слова: эндотелиальная дисфункция, маркеры эндотелиальной дисфункции, повреждение эндотелия, эндотелин-1, фактор роста эндотелия сосудов, ишемическая болезнь сердца (ИБС), SARS-CoV-2 (COVID-19).

Введение

В соответствии с современными представлениями, одним из ключевых патогенетических механизмов многих заболеваний является эндотелиальная дисфункция (ЭД) — прогрессирующее нарушение структуры и функции эндотелия, характеризующееся дисбалансом между факторами, обеспечивающими местные процессы регуляции тонуса сосудов, гемостаза, пролиферации и миграции клеток крови в сосудистую

стенку [1, 2, 3]. ЭД рассматривается как одно из ранних проявлений патологии сердечно-сосудистой системы и ассоциирована с артериальной гипертензией (АГ), ишемической болезнью сердца (ИБС), хронической сердечной недостаточностью (ХСН), а также патологическими изменениями сосудов при сахарном диабете (СД), метаболическом синдроме, хронической болезни почек (ХБП), онкологических и многих других заболеваниях [2, 4]. Эндотелиальные клетки, вследствие своего уникального положения на границе между циркулирующей кро-

вью и тканями, отличаются особенной уязвимостью при действии разнообразных патогенных факторов, находящихся в системном и местном кровотоке. Именно эндотелиоциты первыми встречаются с продуктами обмена веществ, свободными радикалами, тяжелыми металлами и лекарственными препаратами, которые вызывают повреждение внутренней выстилки сосудов [4]. Биологическая роль эндотелия далеко не исчерпывается его транспортными и барьерными функциями, хотя, безусловно, с ними связана [5, 6]. Уже давно он рассматривается в качестве активного эндокринного органа, диффузно рассеянного по всем тканям. Эндотелий синтезирует субстанции, важные для контроля свертывания крови, регуляции сосудистого тонуса и артериального давления, фильтрационной функции почек, сократительной активности сердца, метаболического обеспечения мозга [7, 8]. Так как ишемическая болезнь сердца (ИБС) является наиболее распространенным заболеванием сердечно-сосудистой системы с высоким риском сердечно-сосудистых событий и смерти то диагностика ЭД представляет собой одну из наиболее актуальных проблем современного здравоохранения [9, 10]. Уже давно экспериментальные и клинические исследования свидетельствуют о важной роли эндотелиальной дисфункции в развитии атеросклероза и возникающей на его основе ИБС [11]. Дополнительным фактором риска не благоприятных сердечно-сосудистых событий, для больных ишемической болезнью сердца, выступает наличие факта перенесенной новой коронавирусной инфекции (COVID-19). К настоящему времени разработано и стандартизировано много способов инструментальной оценки функциональной активности эндотелия [3, 4]. Однако не менее важным методом оценки выраженности ЭД в клинических условиях является лабораторная диагностика — оценка содержания в биологических жидкостях и тканях различных факторов (маркеров), образующихся в эндотелии [12]. В настоящее время известны и в той или иной мере изучены такие маркеры эндотелиальной дисфункции как метаболиты оксида азота, эндотелин-1, фактор фон Виллебранда, фактор роста эндотелия сосудов (vascular endothelial growth factor, VEGF), молекулы адгезии и другие. В данной статье авторы показали значимость одного из основных факторов, маркера ЭД, отражающего состояние вазомоторной функции эндотелия — эндотелина-1 (ЭТ-1), а так же фактора роста эндотелия сосудов (VEGF) у больных ИБС, в том числе перенесших новую коронавирусную инфекцию COVID-19.

При написании статьи использовались базы данных следующих интернет ресурсов: www.elibrary.ru, PubMed, www.cyberleninka.ru, www.scopus.com, MedLine, Web of Science. Поиск осуществлялся с использованием ключевых слов: ишемическая болезнь сердца (ИБС), COVID-19, эндотелиальная дисфункция, эндотелин-1, фактор роста эндотелия сосудов, оксид азота.

Цель исследования

Целью статьи является раскрытие роли двух из наиболее значимых маркеров, эндотелина-1 и фактора роста эндотелия сосудов (VEGF), в сложных процессах формирования эндотелиальной дисфункции у больных ишемической болезнью сердца, в том числе перенесших новую коронавирусную инфекцию COVID-19. Показать возможность практического применения исследования уровня эндотелина-1 в плазме крови данных пациентов с целью прогнозирования развития возможных дополнительных рисков со стороны сердечно-сосудистой системы.

Теоретический анализ

В настоящее время под ЭД понимается сложный процесс, в основе которого лежит дисбаланс между процессами вазоконстрикции и вазодилатации, происходит нарушение выработки факторов воспаления и пролиферации сосудов, нарушается баланс в системе тромбообразования. В результате всё это приводит к ремоделированию сосудистой стенки [13]. Ведущая роль, в патогенезе ЭД отводится оксиду азота (NO) который имеет критическое значение в поддержании должного сосудистого тонуса и соответственно, необходимой величины локального кровотока через сосуд [13, 14, 15]. Этот фактор присутствует во всех эндотелиальных клетках, независимо от размера и функции сосудов. NO синтезируется в клетках эндотелия из L-аргинина под влиянием фермента эндотелиальной NO-синтазы (eNOS). NO проникает в гладкомышечные клетки и вызывает релаксацию путем активации гуанилатциклазы, увеличивая концентрацию циклического гуанозинмонофосфата, который опосредует эффекты NO. Оксид азота является медиатором эндотелийзависимой вазодилатации (ЭЗВД) благодаря ингибирующему действию на такие вазоконстрикторы, как Ang II и эндотелин (ЭТ-1). Так же NO тормозит агрегацию тромбоцитов, адгезию лейкоцитов, пролиферацию и инфильтрацию гладкомышечных клеток сосудов. NO препятствует окислительной модификации ЛПНП [16]. В нормально функционирующем эндотелии низкие уровни NO постоянно высвобождаются для поддержания кровеносных сосудов в состоянии дилатации и обеспечения неадгезивности эндотелия по отношению к форменным элементам крови. В противовес NO как вазодилататору в организме вырабатывается мощный вазоконстриктор — ЭТ-1, он относится к числу биологически активных бициклических полипептидов широкого спектра действия, состоящий из комбинации 21 аминокислоты. Эндотелин-1 отражает состояние вазомоторной функции эндотелия, является маркером ЭД [17, 18, 19]. ЭТ-1 представлен главным образом в эндотелии, однако он образуется также во многих других клетках [18]. Например, может синтезироваться в различных органах и тканях и определяется в эндотелиальных

клетках, гладкомышечных клетках сосудов, астроцитах, нейронах, гепатоцитах, эндометрии, клетках Сертоли, мезанглиоцитах, эндотелиоцитах молочных желез, тканевых базофилах. В патофизиологических условиях большое количество неэндотелиальных клеток в сердце, включая кардиомиоциты, также может синтезировать ЭТ-1 в ответ на растяжение миокарда [20]. Продукции ЭТ-1 в организме способствуют гипоксия, ишемия, гемодинамическая перегрузка, изменение кислотно-щелочного равновесия, гипергликемия, гиперхолестеринемия, окислительный стресс [18, 21, 22], а также действие ангиотензина II, тромбина, ЛПНП, кортизола [17, 18]. Таким образом, выработке ЭТ-1 способствуют многие патологические состояния. Индукторами синтеза ЭТ-1 являются вазоконстрикторы, факторы роста, цитокины, тромбин, молекулы адгезии. В противовес им ингибиторами синтеза ЭТ-1 являются простагландин, эстрогены, предсердный натрийуретический пептид, а также сам NO. ЭТ-1 является мощным вазоконстриктором и митогенным фактором для гладкомышечных клеток сосудов, фибробластов, кардиомиоцитов. В низких концентрациях он участвует в регуляции роста клеток эндотелия и стимулирует продукцию ими NO и простагландина. Содержание ЭТ-1 в крови чаще всего определяется иммуноферментным методом. ЭТ-1 служит одним из значимых маркеров ЭД при целом ряде распространенных соматических заболеваний: ИБС [17], ХСН и инфаркте миокарда [4, 19], ишемическом повреждении головного мозга [23, 24]. Вазоконстрикторный эффект ЭТ-1 приводит к повышению периферического сосудистого сопротивления, а также сопротивления сосудов сердца, мозга и почек, вследствие чего ЭТ-1 играет важную роль в патогенезе различной сердечно-сосудистой патологии, к числу которой принадлежит и ишемическая болезнь сердца. Было исследовано содержание ЭТ-1 у пациентов с ИБС, причиной которого явился атеросклероз венечных артерий сердца, при этом установлено, что ИБС характеризуется повышением содержания ЭТ-1 в периферической венозной крови. Наиболее высокий уровень ЭТ-1 отмечен у пациентов в начальных стадиях ИБС. Повышение уровня этого метаболита у пациентов с ИБС патогенетически связано с клиническими проявлениями заболеваний и возникновением ишемии миокарда. Именно в этой связи эндотелин-1 рассматривается как маркер и предиктор тяжести и исхода ИБС [25].

Фактор роста эндотелия сосудов (vascular endothelial growth factor, VEGF). При повреждении тканей гипоксического или иного генеза в пораженном участке запускается процесс ремоделирования сосудистого русла, играющий важную адаптивную роль [26]. Одним из важнейших положительных регуляторов ангиогенеза является фактор роста эндотелия сосудов (vascular endothelial growth factor, VEGF) — цитокин, выполняющий также роль регулятора проницаемости сосудистой стенки. VEGF — гомодимерный гликопротеин с молекулярной массой 46–

48 kDa, содержащий 26 аминокислотных остатков. Он существует по крайней мере в пяти изоформах, обладающих сходной биологической активностью, но отличающихся по биодоступности, при этом ключевым фактором роста кровеносных сосудов является VEGF A. В физиологических условиях VEGF продуцируется многими типами клеток, включая эндотелиальные, и обнаруживается в различных органах и тканях [26]. Функция VEGF в организме человека двойственна. С одной стороны, VEGF необходим для стабильности эндотелия и реализации физиологического ангиогенеза, с другой, данный цитокин играет ведущую роль в патологическом ангиогенезе при целом ряде заболеваний [26]. Поскольку VEGF обладает митогенной активностью преимущественно в отношении эндотелиальных клеток, его уровень в крови может служить одним из показателей ЭД. Важное диагностическое значение имеет определение VEGF при онкологических заболеваниях. Повышенные концентрации VEGF в опухоли, а также в плазме и сыворотке крови обнаруживаются при ряде злокачественных новообразований. Однако, увеличение концентрации VEGF в крови и других биологических жидкостях отмечается и при атеросклерозе [4], и как следствие, при ишемической болезни сердца, что однозначно указывает на участие данного фактора в патогенезе этого заболевания. В то же время VEGF является трофическим фактором, играющим ключевую роль в обеспечении выживания эндотелиальных клеток [27], и повышение его уровня в крови иногда носит компенсаторный характер и свидетельствует о благоприятном течении патологического процесса. Так, высокая концентрация VEGF в остром периоде заболевания связана со стимуляцией неоангиогенеза и нейропротективных процессов, приводящих к значительному восстановлению нарушенных функций и, как следствие, благоприятному клиническому исходу [28].

Роль эндотелина-1 в определении степени риска развития сердечно-сосудистых осложнений при SARS-CoV-2 (COVID-19)

В настоящее время регистрируется большое число тяжелых форм COVID-19 за счет взрослого населения с затяжным течением, часто регистрируются сердечно-сосудистые осложнения, что является одной из особенностей новой коронавирусной инфекции. В связи с этим высоко актуальна проблема прогноза течения заболевания и возможности определения степени сердечно-сосудистого риска у больных на раннем этапе с целью своевременного предупреждения неблагоприятных исходов [29]. На сегодняшний день известно, что SARS-CoV-2 проникает в клетку посредством взаимодействия с рецепторами ангиотензинпревращающего фермента 2 типа (АПФ2). Вместе с тем рецепторы к АПФ2 представлены в большинстве органов и систем организма, особенно — в сосудистом русле, что позволяет вирусу наносить системное повреждение. Существенной про-

грессии эндотелиальной дисфункции способствует активация воспаления, приводящая к повышению активности рецепторов АПФ-2 на поверхности эндотелия, что в свою очередь приводит к выбросу эндотелина-1 — основной вазоконстрикторной субстанции. За счет выраженной вазоконстрикции нарушается тканевая перфузия, что ведет к фокальным некрозам с повреждением интимы сосудов и гиперкоагуляции. Это стимулирует усиление выброса провоспалительных цитокинов. Таким образом, неконтролируемая продукция ЭТ-1 приводит к прогрессированию системного воспаления и тромбообразованию, высокие значения его могут быть маркером неблагоприятного прогноза, а снижение может коррелировать с положительной динамикой. У пациентов при COVID-19 за счет особенностей действия вируса отмечается поражение сосудов с повреждением сосудистой стенки и выходом в кровоток ЭТ-1. При этом степень поражения сосудов может зависеть от количества рецепторов, с которыми взаимодействует вирус. Эндотелин-1 вызывает вазоконстрикцию с последующим тромбообразованием и усилением воспалительной реакции, что отражается на функции сердечной мышцы. Эти проявления напрямую зависят от количества высвобожденного ЭТ-1. Выброс этого вещества происходит на самых ранних этапах повреждения эндотелия, когда другие маркеры (трансаминазы, МВ-креатинкиназа, натрийуретический пептид, Д-димер) еще остаются не задействованы. На практике данное исследование проводится следующим способом: в условиях лаборатории определяется концентрация ЭТ-1 иммуноферментным способом в сыворотке крови заболевших COVID-19 с последующей оценкой степени риска развития сердечно-сосудистых осложнений в зависимости от полученных значений. Это позволяет быстро спрогнозировать степень риска сердечно-сосудистых осложнений на ранних стадиях поражения сосудов, как в амбулаторных условиях, так и на стационарном этапе. Результатом исследования является установление степеней риска развития сердечно-сосудистых осложнений: низкой, средней, высокой, очень высокой, в том числе у пациентов, имеющих хроническую соматическую патологию системы кровообращения (ИБС) в анамнезе. Методика определения ЭТ-1 в сыворотке крови заключается в следующем. У пациента, больного SARS-CoV-2, имеющего в анамнезе патологию системы кровообращения (ИБС), натощак берется венозная кровь в объеме не менее 1 мл. Взятая цельная кровь центрифугируется стандартным способом, отделенная плазма перемещается в отдельную пробирку. С помощью набора реагентов для определения эндотелина-1 количественным методом на иммуноферментном анализаторе (ИФА) проводится определение концентрации ЭТ-1. Допускается замораживание образцов плазмы крови для последующего исследования при температуре -20°C . После получения результата ИФА исследования определяется соответствие значения ЭТ-1 степени риска:

< 0,16 пмоль/л — низкий риск;
от 0,16 до 0,5 пмоль/л — средний риск;
от 0,5 до 2,0 пмоль/л — высокий риск;
>2,0 пмоль/л — риск развития сердечно-сосудистых осложнений очень высокий;

Степени риска устанавливаются сопоставлением полученных значений ЭТ-1 в плазме и результатов последующих наблюдений за пациентом (общее состояние пациента, жалобы, данные ЭКГ, результаты биохимического исследования с дополнительным анализом на кардиоспецифичные маркеры в динамике и уровни Д-димера) с оценкой развившихся осложнений и исходов. Критериями включения в исследование являлись: мужчины в возрасте 60–75 лет, женщины в возрасте 55–74 года, имеющие диагноз ишемической болезни сердца, а также лабораторно подтвержденный диагноз коронавирусной инфекции, вызванной вирусом SARS-CoV-2. Пациенты обеих групп сопоставимы по возрасту, тендерному составу, сопутствующей патологии. В таблице 1 представлены лабораторные данные исследования 63 пациентов имеющих в анамнезе ИБС, где основную группу составили 32 пациента в острой фазе COVID-19, до начала терапии, а 31 пациент — с выздоровлением или наличием минимальных изменений, не ограничивающих повседневную привычную активность, после проведенного курса терапии, на 28-е сутки от момента начала комплексного (противовирусного и другого при необходимости) лечения. Статистический анализ полученных данных проводится с использованием стандартного набора статистического пакета программы IBM SPSS Statistics Version 23 с помощью однофакторного дисперсионного анализа для оценки разницы средних с учетом стандартного отклонения ($M \pm SD$) у двух и более выборок. Статистическая достоверность различий при расчете методом однофакторного дисперсионного анализа для двух и более выборок считается достигнутой при значении (p) менее 0,05.

Таблица 1.

Среднее значение ЭТ-1 (пмоль/л) в группах, различных по степени риска сердечно-сосудистых осложнений, ($M \pm SD$)

Группа	($M \pm SD$)	Min	Max	Достоверность различий (p)
Основная (острая фаза COVID-19), $n=32$	0,3671 \pm 0,5094	0,05	3,00	$p=0,003$
Группа сравнения (фаза реконвалесценции), $n=31$	0,0822 \pm 0,09037	0,02	0,38	

При выделении групп пациентов, различных по прогнозу получены результаты, представленные в таблице 2. Наиболее высокий риск развития осложнений был у пациентов с высокими значениями ЭТ-1: от 2,1 до 3,0 (верхний предел определения для применявшегося на-

бора реагентов), а наименьший соответствовал значениям от 0,02 (нижний предел чувствительности применявшегося набора реагентов) до 0,15, что подтверждает выбранные значения. Достоверность различий между группами имеет высокую степень. Определенные максимальные и минимальные показатели позволили выделить границы значений между группами с соответствующими степенями риска.

Таблица 2.

Среднее значение ЭТ-1(пмоль/л) в группах, доверительный интервал 95 %

Группа	(M±SD)	Min	Max
Пациенты с развившимися тяжелыми сердечно-сосудистыми осложнениями, n=5	2,44±0,35	2,10	3,00
Пациенты с развившимися сердечно-сосудистыми осложнениями, n=8	1,13±0,35	0,7	1,70
Пациенты с быстро скорректированными отклонениями в работе сердечно-сосудистой системы в остром периоде COVID-19, n=27	0,30±0,09	0,19	0,48
Пациенты с бессимптомным или лёгким течением без сердечно-сосудистых изменений, n=33	0,06±0,05	0,02	0,15

Описанная методика наглядно показывает возможность практического использования метода определения ЭТ-1, являющегося маркером дисфункции эндотелия, для прогноза развития дополнительных рисков различной степени тяжести в виде сердечно-сосудистых осложнений у пациентов с ишемической болезнью сердца при COVID-19.

Заключение

Прогрессирующее нарушение структуры и функции эндотелия, характеризующееся дисбалансом между факторами, обеспечивающими местные процессы регуляции тонуса сосудов, имеет своей причиной такие патологические процессы как гипоксия, ишемия, гемодинамическая перегрузка, гипергликемия, изменение кислотно-щелочного равновесия, окислительный стресс, гиперхолестеринемия и другие. При этом в крови пациентов происходит увеличение концентрации одного из основных биологически активных бициклических полипептидов — эндотелина-1 который играет важную роль в патогенезе различной сердечно-сосудистой патологии, в том числе и ишемической болезни сердца. Риски развития дополнительных сердечно-сосудистых осложнений находятся в прямой зависимости от концентрации этого полипептида в крови пациентов.

Другим регулятором проницаемости сосудистой стенки выступает гликопротеин VEGF фактор роста эндотелия сосудов. Являясь трофическим фактором, VEGF играет ключевую роль в обеспечении выживания эндотелиальных клеток.

Оба фактора рассматриваются как маркеры эндотелиальной дисфункции и предикторы тяжести и исхода ишемической болезни сердца, в том числе у пациентов, имеющих дополнительный фактор риска в виде подтвержденного диагноза коронавирусной инфекции, вызванной вирусом SARS-CoV-2 (COVID-19).

ЛИТЕРАТУРА

- Афоняева Т.Н. Эндотелиальная дисфункция. Возможности ранней диагностики. Здоровье и образование в XXI веке. 2016; 18(11):101–4.
- Гоженко А.И., Кузнецова А.С., Кузнецова Е.С., Быць Т.Н., Сула А.Б. Эндотелиальная дисфункция в патогенезе осложнений сахарного диабета. Сообщение I. Эндотелиальная дисфункция: этиология, патогенез и методы диагностики. Endokrynologiya. 2017; 22(2):171–81.
- Иванов А.Н., Гречихин А.А., Норкин И.А., Пучиньян Д.М. Методы диагностики эндотелиальной дисфункции. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2014; 13(4): 4–11.
- Васина Л.В., Петрищев Н.Н., Власов Т.Д. Эндотелиальная дисфункция и ее основные маркеры // Регионарное кровообращение и микроциркуляция 2017. Т.16. №1. С.4–15.
- Barkagan Z.S., Momot A.P. Diagnosis and controlled treatment of hemostatic disorders. M.: Njudiamed, 2001. 285 p.
- Cabrera C., Bohr D. The role of nitric oxide in the central control of blood pressure, Biochem. Biophys. Res. Commun. 2003. Vol. 206, No. 6. P. 77–81.
- Belenkov Ju.N., Mareev V.Ju., Ageev F.T. Endothelial dysfunction in heart failure: the possibility of inhibitor therapy for angiotensin converting enzyme, Kardiologija. 2001. No. 5. P. 100–104.
- Storozhenko S.Ju., Afanasev Ju.I. State of peripheral vascular resistance, cerebral hemodynamics and cerebrovascular reactivity in patients with hypertension, Ros. med. zhurnal. 2009. No. 3. P. 9–13.
- Оганов Р.Г., Масленникова Г.Я. Профилактика сердечно-сосудистых заболеваний — реальный путь улучшения демографической ситуации в России. Кардиология 2007;(1):4-7.
- The Task Force on the Management of Stable Angina Pectoris of the European Society of Cardiology. Guidelines on the management of stable angina pectoris: executive summary. Eur Heart J 2006; 27:1341–81.
- Davignon J., Ganz P. Role of endothelial dysfunction in atherosclerosis. Circulation 2004;109(23 Suppl 1):III27–32.
- Storch A.S., de Mattos J.D., Alves R., Galdino I.S., Rocha H.N.M. Methods of endothelial function assessment: description and applications. Int. J. Cardiovasc. Sci. 2017; 30(3): 262–73.
- Бабушкина И.В., Сергеева А.С., Пивоваров Ю.Н., Курильская Т.Е., Корякина Л.Б. Структурные и функциональные особенности сосудистого эндотелия. Кардиология. 2015;55(2):82–6

14. Воробьева Е.Н., Воробьев Р.И., Шарлаева Е.А. и др. Дисфункция эндотелия при сердечно-сосудистых заболеваниях: факторы риска, методы диагностики и коррекции // *Biologica Sibirica*. 2016. Т. 2. № 1. С. 21–40.
15. Булаева Н.И., Голухова Е.З. Эндотелиальная дисфункция и оксидативный стресс: роль в развитии сердечно-сосудистой патологии. *Креативная кардиология*. 2013;1:14–22
16. Gungor ZB, Sipahioglu N, Sonmez H, Ekmekci H, Toprak S, Ayaz G et al. Endothelial Dysfunction Markers in Low Cardiovascular Risk Individuals: Comparison of Males and Females. *Journal of Medical Biochemistry*. 2017;36(1):62–72.
17. Соколов Е.И., Гришина Т.И., Штин С.Р. Влияние фактора Виллебранда и эндотелина-1 на формирование тромботического статуса при ишемической болезни сердца. *Кардиология*. 2013; (3):25–30.
18. Davenport A.P., Hyndman K.A., Dhaun N., Southan C., Kohan D.E., Pollock J.S., Pollock D.M., Webb D.J., Maguire J.J. Endothelin. *Pharm. rev.* 2016; 68: 357–418
19. Шурыгин М.Г., Шурыгина И.А., Каня О.В., Дремина Н.Н., Лушникова Е.Л., Непомнящих Л.М. Значение повышения продукции эндотелина при инфаркте миокарда. *Фундаментальные исследования*. 2015; (1):1281–7.
20. Smiljić S. The clinical significance of endocardial endothelial dysfunction. *Medicina*. 2017;53(5):295–302.
21. Голухова Е.З., Алиева А.М., Какучая Т.Т., Аракелян Г.Г., Булаева Н.И. Эндотелин — современный биомаркер сердечно-сосудистых заболеваний. *Креативная кардиология*. 2011;2:97–103
22. Münzel T, Gori T, Keaney JF, Maack C, Daiber A. Pathophysiological role of oxidative stress in systolic and diastolic heart failure and its therapeutic implications. *European Heart Journal*. 2015;36(38):2555–64.
23. Степанова Ю.И., Гончар И.А. Эндотелин-зависимые эффекты при цереброваскулярной патологии ишемического генеза. *Медицинские новости*. 2013;10: 12–8
24. Molchanova E.E. The possibilities of non-pharmacological correction of endothelial dysfunction in the acute period of ischemic stroke. *Амурский медицинский журнал*. 2016; (3–4): 91–2.
25. Казачкина С.С., Лупанов В.П., Балахонова Т.В. Функция эндотелия при ишемической болезни сердца и атеросклерозе и влияние на нее различных сердечно-сосудистых препаратов // *Сердечная недостаточность*. — 2004. — Т. 6, №1. — С. 315–316.
26. Costache M.I., Mihai I., Iordache S., Ene D., Costache C.A., Săftoiu A. VEGF expression in pancreatic cancer and other malignancies: a review of the literature. *Rom. J. Intern. Med.* 2015; 53(3):199–208
27. Polverino F, Celli B.R., Owen C.A. COPD as an endothelial disorder: endothelial injury linking lesions in the lungs and other organs? *Pulmonary Circulation*. 2018; 8(1):1–18.
28. Gontschar I.A., Prudyvus I.S., Stepanova Yu.I. Vascular endothelial growth factor expression in patients with acute ischemic stroke. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2013; 3(2): 25–9. (in Russian)
29. Levi M. COVID-19 coagulopathy vs disseminated intravascular coagulation. *BloodAdv*.2020;4(12).<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7322961/>

© Болгов Даниил Юрьевич (d.bolgov2015@yandex.ru); Кузнецов Сергей Иванович (09ksi@mail.ru);

Ткаченко Максим Сергеевич (mtkachenko3@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСТЕОМИЕЛИТ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ, КАК ОСЛОЖНЕНИЕ ДЕНТАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ. ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

CASE OF MANDIBLE OSTEOMYELITIS, AS A COMPLICATION OF DENTAL IMPLANT SURGERY

**S. Butsan
A. Ponomarev
O. Akhmetkhanova
R. Kurbanov**

Summary. Osteomyelitis of the jaw is purulent and necrotic inflammatory disease of jaw bone infection-allergic nature of odontogenic or nonodontogenic origin. In this article we have a case report of mandible osteomyelitis after dental implant surgery. The decision was suggested, which can avoid massive surgical interventions. We showed outcomes of accomplished treatment on different stages. The goal of current work to define a role dental implantation in etiology, pathogenesis of jaw osteomyelitis; to define risk factors conducting to occurrence of complications and help our readership to wide knowledge of treatment modalities.

Keywords: osteomyelitis of the jaw, dental implantation, sequestrectomy, dental implant surgery complications.

Буцан Сергей Борисович

д.м.н., врач, челюстно-лицевой хирург, Федеральное государственное бюджетное учреждение Национальный медицинский исследовательский центр «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Министерства здравоохранения РФ г. Москва.
sergeibutsan@hotmail.com

Пономарев Артемий Эрнестович

Врач, челюстно-лицевой хирург
Федеральное государственное бюджетное учреждение Национальный медицинский исследовательский центр «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Министерства здравоохранения РФ г. Москва.
ponomarev_100@list.ru

Ахметханова Ольга Сергеевна

Врач, челюстно-лицевой хирург, аспирант, Федеральное государственное бюджетное учреждение Национальный медицинский исследовательский центр «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Министерства здравоохранения РФ г. Москва
olgaaos96@gmail.com

Курбанов Рустам Сердарович

Врач, челюстно-лицевой хирург, аспирант, Федеральное государственное бюджетное учреждение Национальный медицинский исследовательский центр «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Министерства здравоохранения РФ г. Москва
rkurbanov1996@mail.ru

Аннотация. Остеомиелит челюсти — гнойно-некротическое воспалительное заболевание костной ткани челюстной кости (одновременно всех ее структурных компонентов) инфекционно-аллергической природы одонтогенного или неodontогенного происхождения. В данной публикации нами представлен клинический случай развития остеомиелита в области нижней челюсти после проведенной дентальной имплантации, предложен вариант лечения, исключающий радикальные оперативные вмешательства (резекция челюсти), предоставлены результаты проведенного лечения на различных его этапах. Цель данной работы определить роль дентальной имплантации в этиологии, патогенезе остеомиелита челюстей, определить факторы риска, способствующие возникновению данного осложнения и помочь читателю расширить взгляд на выбор тактики лечения.

Ключевые слова: остеомиелит челюсти, дентальная имплантация, секвестрэктомия, осложнение дентальной имплантации.

Вступление

В течение последних лет неуклонно растет число пациентов с адентией челюстей, также стоит отметить увеличение требований к результатам к качеству функционально-эстетической реабилитации зубочелюстной системы. В связи с чем метод дентальной имплантации стал широко применяться в стоматологии, как альтернатива традиционным методам протезирования зубных рядов, таким как протезирование съемными и несъемными мостовидными протезами. Учитывая данную тенденцию, нашими коллегами отмечаются такие осложнения, как мукозит, периимплантит, миграция дентального имплантата в верхнечелюстную пазуху и прочие, среди которых присутствует и такое осложнение, как остеомиелит челюсти [3]. В связи с чем, в зарубежных публикациях начал появляться термин «*implant-induced OMJ*» — имплантат индуцированный остеомиелит челюстей [4,7].

Одонтогенный остеомиелит является осложнением обострения хронического верхушечного периодонтита, реже — нагноившихся кист челюстей, затрудненного прорезывания зубов, заболеваний пародонта, альвеолита. Также некоторыми авторами отводится определенная роль в распространении инфекции кранио-фациальной травме, инородным телам таким как (дентальные имплантаты, мини-пластины и мини-винты) [1, 3, 4, 5]. Общими предрасполагающими факторами развития имплантат индуцированного остеомиелита челюстей служат: анатомо-топографические особенности строения и кровоснабжения участка кости, снижение общей неспецифической и иммунной резистентности, фоновая общесоматическая патология (сахарный диабет, заболевания крови, хроническая сердечно-сосудистая или печеночно-почечная недостаточность, воздействие ионизирующего облучения, прием антирезорбтивных препаратов и прочие).

В патогенезе остеомиелита решающая роль отводится нарушениям иммунного баланса, в основе которого лежит сенсibilизация на фоне длительно существующих множественных и хронических очагов одонтогенной инфекции, усиливающаяся при обострении, и снижение общей реактивности организма. Постоянное воздействие микробов на костный мозг нарушает его структуру, клеточную реактивность и репаративные возможности. Расширение множества мелких кровеносных сосудов в околоверхушечной части альвеолы при обострении создает благоприятные условия к распространению инфекции непосредственно в костномозговые пространства альвеолярного отростка и тела челюсти. В основе микроциркуляторных расстройств лежит феномен аллергии 2, 3, 4 типов. Повышение проницаемости сосудов, происходящее как следствие активации клеток, участвующих в аллергических реакциях (тучные клетки,

базофилы, макрофаги и др.) и выброса ими огромного количества медиаторов аллергии и воспаления, приводят к нарушению свёртываемости и фибринолитической активности, образованию микротромбов в сосудах костного мозга и их гнойному расплавлению. Питательные каналы остеона подвергаются гнойному расплавлению, поражённый участок кости погибает, формируется зона некроза без демаркационного воспаления. Скопление гноя в костномозговых пространствах приводит к внутрикостной гипертензии и вовлечению экстраоссальных сосудов. Развивается коллатеральный отёк надкостницы, ее гнойное расплавление и выход гноя в околочелюстные мягкие ткани с образованием одонтогенных флегмон. Увеличению объема повреждения и некроза кости при остеомиелите способствуют такие вторичные механизмы, как расстройство кровообращения в очаге и усиление гипоксии в результате развития венозного полнокровия и лимфостаза; повреждение системы экстраоссальных сосудов при отслаивании надкостницы из-за экссудации, либо при дренировании очага, особенно на нижней челюсти. [1, 5].

Говоря о хирургическом лечении остеомиелита, учитывают степень распространенности процесса. Так, оперативное лечение может варьироваться от удаления пораженных зубов или дентальных имплантатов, секвестрэктомии или декорткации до более обширных хирургических вмешательств, таких как краевая или сегментарная резекция челюстей [2, 3, 7].

Этический аспект

07.02.2024 г. от пациентки получено письменное информированное добровольное согласие на публикацию описания клинического случая, результатов обследования и лечения с применением фотографий пациента в медицинском журнале, включая его электронную версию.

Описание случая

Пациентка А., 59 лет находилась на лечении в отделении челюстно-лицевой хирургии в ФГБУ НМИЦ «ЦНИИ-СиЧЛХ» в октябре 2022 г. Сопутствующее заболевание: Артериальная гипертензия 1 ст. Гиперлипидемия. Поступила с жалобами на боли в области нижней челюсти справа, уплотнение в подподбородочной области. Из анамнеза, считает себя больной с августа 2022 г. после того, как была проведена дентальная имплантация в области нижней челюсти справа в проекции отсутствующих зубов 4.3, 4.4, 4.5, 4.6. Через 7 дней после проведенной операции отметила выпадение дентального имплантата в проекции 4.3. Обратилась в стоматологию, где ранее была проведена дентальная имплантация, рекомендована консультация челюстно-лицевого хирурга. Консультирована челюстно-лицевым хирургом в ФГБУ

НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ», при осмотре определяется инфильтрат подподбородочной области, гиперемия кожного покрова данной области, затруднение открывания полости рта, боли при глотании. Рекомендовано проведение УЗИ, заключение: визуализирована полость в подподбородочном клетчаточном пространстве, эхографическая картина деструктивных изменений не ясного генеза. Так же проведена компьютерная томография, заключение: деструктивно-литические изменения костной ткани тела нижней челюсти во фронтальном отделе в проекции отсутствующих зубов 4.3, 4.4, 4.5 преимущественно с язычной стороны. Дентальный имплантат расположен в очаге деструкции свободно лежащие костные фрагменты. На основании клинических данных, осмотра и дополнительных методов обследования поставлен диагноз: Ограниченный остеомиелит подбородочного отдела нижней челюсти в проекции зубов 3.5–4.5. Абсцесс подподбородочной области.

Рекомендовано проведение оперативного лечения в условиях стационара.

При внешнем осмотре: конфигурация лица не изменена. Симметрия нарушена за счет отека подподбородочной области. Кожный покров подподбородочной области гиперемирован, отечен. При пальпации в подподбородочной области отмечается уплотнение тканей, пальпация умеренно болезненная. Тактильная чувствительность лица и шеи не нарушена. Мимические пробы выполняет в полном объеме. Поднижнечелюстные и подбородочные лимфатические узлы увеличены. Открывание полости рта ограничено до 35 мм, незначительно безболезненное. При открывании рта патологические шумы в области ВНЧС слева и справа не выслушиваются. Девиации, дефлексии нижней челюсти не выявлено. В полости рта: слизистая оболочка полости рта в области установленного дентального имплантата в проекции 4.4 незначительно гиперемирована, остальная слизистая оболочка бледно-розового цвета, равномерно увлажнена. Пальпация в проекции 4.4 болезненна. Частичная вторичная адентия зубов нижней челюстей, на верхней челюсти установлен полный съемный протез.

В клинике после полного клинико-лабораторного (СОЭ — 51 мм/ч, холестерин — 5,72 ммоль/л), остальные показатели в пределах нормы) и инструментального обследований в условиях комбинированного эндотрахеального наркоза провели оперативное вмешательство в объеме: Удаление инородного тела в проекции 4.4 (дентального имплантата). Остеонекрэктомия.

В результате операции проведено удаление дентального имплантата в проекции 4.4. Некротически измененные ткани, окружающие имплантат и в проекции его лунки выделены и удалены. Образовавшаяся костная полость активно промывалась антисептическим раствором.

Острые края костной полости сглажены шаровидным бором (рис. 1). Стоит отметить о наличии сообщения костной полости с тканями подподбородочной области. Далее, внеротовым доступом, в подподбородочной области пройдено в подподбородочное пространство, установлено два трубчатых дренажа, подшиты. Через дренажи рана активно промыта физиологическим раствором в разведении с Бетадином и Диоксидином, получено незначительное количество гнойного отделяемого. В операционную рану со стороны полости рта, в зону дефекта уложена йодоформная турунда. На края раны фиксированы сближающие узловые швы. Удаленные костные ткани направлены на патогистологическое исследование (заключение: периимплантит).



Рис. 1. Интраоперационные фото

В послеоперационном периоде пациентка получила стандартную лекарственную терапию, включающую антибактериальный препарат Меропенем 1.0 в разведении с 200 мл физиологического раствора, внутривенно, 2 раза в сутки на протяжении 7 дней. Так же ежедневно на протяжении 7 дней проводились промывание операционной раны в подподбородочной области через дренажные трубки физиологическим раствором в разведении с Бетадином, закладывали мазь Левомеколь 2 раза в день. При промывании получено незначительное количество гнойного отделяемого. На 7-е сутки после операции дренажные трубки и йодоформная турунда в полости рта удалены. Далее промывание проводили до полного заживления операционной раны, в течение месяца.

Пациентка динамически наблюдалась

Дискуссия

В различных литературных источниках давно отмечается роль инородных тел, в частности дентальных имплантатов в возникновении остеомиелита челюстей. Например, в Цюрихской классификации остеомиелитов челюстей, предложенной Baltensperger в 2003, имплантаты являются одним из триггерных факторов, обуславливающих распространение инфекции в медуллярных пространствах костей.

В отношении осложнения дентальной имплантации высокая роль отводится биомеханическим и инфекционным факторам развития периимплантита, что, в свою

очередь, может привести к остеомиелиту. Анализ отечественной литературы показал отсутствие данных о развитии остеомиелита после установки дентальных имплантатов. Опираясь на немногочисленные зарубежные научные публикации, можно встретить случаи развития остеомиелита после проведенной дентальной имплантации.

При рассмотрении иностранных источников нами проанализирован систематический обзор от Kellesarian 2018 г. По их данным описано 39 случаев остеомиелита ассоциированного с дентальной имплантацией за период с 1993 по 2016 гг. случаев в странах Европы (Великобритания, Германия, Италия, Швеция, Испания, Швейцария), Израиле и США. Согласно зарубежным источникам, данное заболевание более распространено среди женщин (66 %), чем у мужчин (28.2 %). Средний возраст пациентов 60.26 лет. Общий статус определенной части пациентов не скомпрометирован (16 пациентов), большая часть пациентов имела сопутствующие заболевания и факторы, провоцировавшие развитие заболевания. В зависимости от времени нагрузки после экстракции зубов: 6 случаев немедленной нагрузки, 3 случая отсроченной имплантации, в остальных источниках постэкстракционный период авторами не указан. В 92.3 % процентов патологический процесс был локализован в нижней челюсти. В 86 % было выполнено удаление дентальных имплантатов и некрэктомия.

Согласно публикации М. Fenelon от 2023 года при ретроспективном исследовании данных 54 пациентов с 2003 по 2023 гг. отмечено 9 случаев остеомиелита челюстей, вызванного имплантацией зубов. Из 17 пациентов с возникшими осложнениями 41.2 % были с имплантат-ассоциированными остеомиелитами челюстей. Его описали как агрессивный вариант, с короткой продолжительностью симптомов и быстрой эволюцией в сторону серьезных осложнений (патологический перелом и глубокий абсцесс шеи). Агрессивность остеомиелита, вызванного имплантацией зубов, может быть объяснена бактериальной инфекцией и/или микробной биопленкой, во время установки зубного имплантата. Кроме того, сама поверхность зубного имплантата может способствовать адгезии и накоплению бактерий, вызывая быстро усиливающуюся воспалительную реакцию [7]. Так же в процессе патогенеза стоит учитывать тепловой фактор. Сам процесс установки дентальных имплантатов (при нарушении режима охлаждения) связан с выделением тепла в процессе формирования лож, что в свою очередь приводит к остеонекрозу. Некротизированные остеоциты теряют свое ингибирующее действие на остеокласты, что приводит к повышенной активности остеокластов и, как следствие, к резорбции кости. Помимо этого, стоит учитывать, что процесс остеоинтеграции имплантата зависит от вставания остеобластов и мезенхимальных стволовых клеток. Таким образом, все эти

клеточные изменения делают периимплантированную костную ткань идеальным очагом малой резистентности к бактериальной инфекции [8].

Таким образом, имеющаяся информация и анализ приведенного нами клинического случая позволяют сделать вывод о совокупности предрасполагающих факторов, к которым относят: нарушение техники препарирования костной ткани (ее перегрев), индивидуальные особенности строения костной ткани, сопутствующие заболевания и состояния.

Учитывая рентгенологическую картину от 21.10.2022 (рис. № 2) визуализируется вовлечение дентального имплантата в воспалительный процесс и зону литического деструктивного процесса, так мы можем предположить, что периимплантит, послужил основным этиологическим фактором остеомиелита (рис. № 3, а, б). А инклинация тела имплантата, и в особенности, его верхушки причиной распространения инфекции в сторону язычной кортикальной пластинки и как следствие вовлечения ее в зону секвестрации (рис. №3 в). В иностранной литературе встречаются подобные варианты лечения имплант-ассоциированного остеомиелита как, местное выскабливание, когда поражение имело ограниченный характер и сегментарная резекция челюсти, когда поражение было обширным [7]. В отечественных публикациях, традиционно при секвестрации одной из кортикальных пластинок до основания нижней челюсти принято выполнять секвестрэктомию, включающую декортикацию с потенциальной резекцией нижней челюсти в пределах здоровых тканей. Однако нами был выбран малоинвазивный подход, сутью которого было вскрытие и дренирование патологического очага с одномоментным удалением некротизированной костной ткани и сохранением костных балок. Образованный костный дефект был заполнен йодоформной турундой, которая оказывает как противовоспалительный, так и бактерицидный эффект (рис. № 4). При динамическом наблюдении проводилось КЛКТ исследование через 1 (рис. № 5 а, б, в), 3 (рис. № 6 а, б, в, г), 6 (рис. № 7 а, б, в, г) месяцев и год (рис. № 8 а, б, в, г) после проведенной операции. На представленных снимках можно проследить новообразование костной ткани по типу периостальной реакции. Несмотря на то, что данный вид воспалительного явления чаще встречается у молодых пациентов, в нашем случае мы можем сделать вывод, что сохраненные костные балки послужили каркасом для последующей регенерации костной ткани. Таким образом, признаки периостальной реакции на полученных КЛКТ в динамике, говорят о потенциальной возможности самоустранения образовавшегося дефекта, путем естественного субпериостального остеогенеза. Так, мы можем сделать вывод о том, что периостальный остеогенез является своего рода одним из факторов, способствующих проведению более рационального оперативного вмешательства [7].

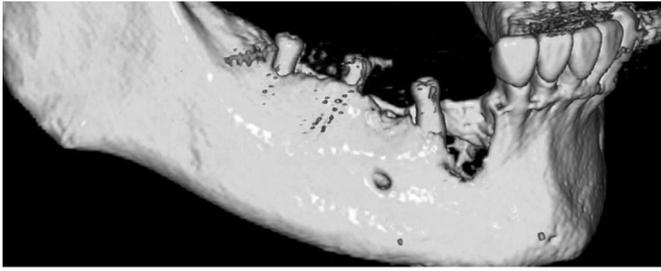
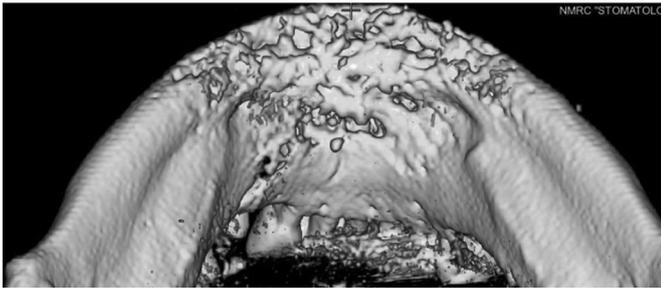
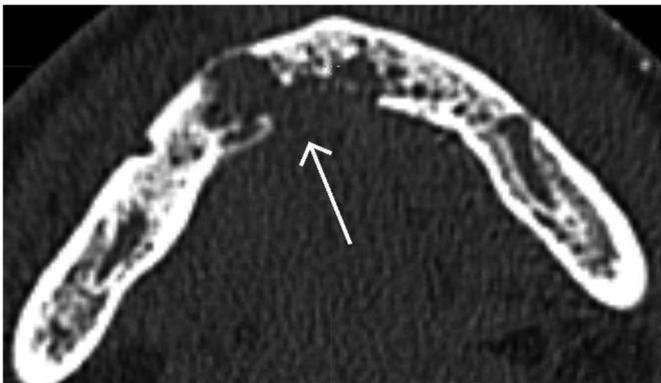


Рис. 2. Дентальный имплантат, вовлеченный в воспалительный процесс



а



б



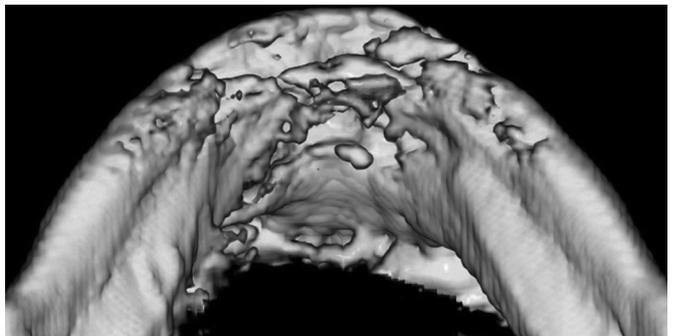
в

Рис. 3. а, б, в. На представленном рисунке визуализируется литический деструктивный процесс: а — вестибулярной, б — язычной кортикальных пластинок подбородочного отдела тела нижней челюсти; в — дентальный имплантат, вовлеченный в воспалительный процесс

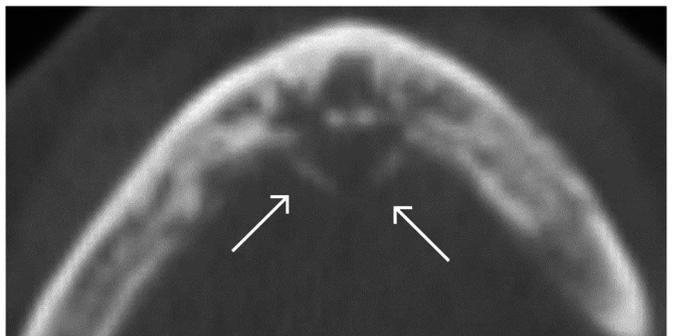
На данный момент продолжается наблюдение за пациенткой, но на основании уже полученных результатов мы можем проследить эффективность малоинвазивного органосохраняющего подхода. По данным КЛКТ, спустя год после проведенного оперативного лечения, визуализируется восстановленная костная ткань в зоне дефекта. Таким образом, на основании полученных данных, можно сделать вывод, что можно приступать к дальнейшей зубочелюстной реабилитации путем съемного протезирования. В подобных случаях мы не рекомендуем проводить установку дентальных имплантатов. Стоит отметить, что, за время подготовки данной статьи, пациентке был предложен следующий этап лечения, но она решила его временно отложить по причине страха возобновления патологического процесса.



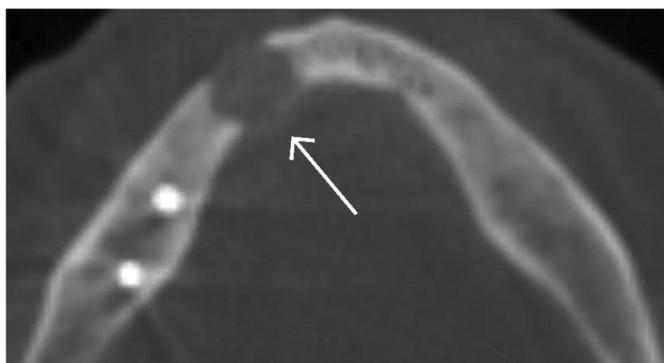
Рис. 4. Контрольная ОПТГ на следующий день после проведенной операции: образовавшаяся костная полость заполнена йодоформной турундой



а

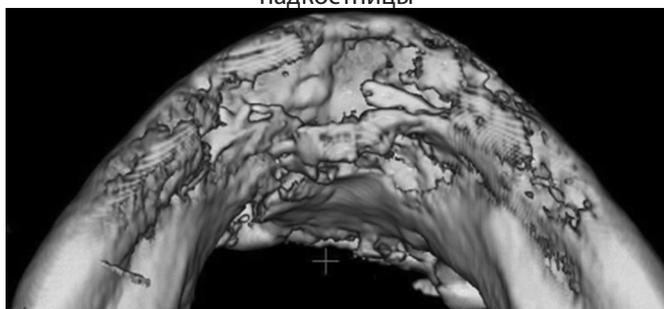


б

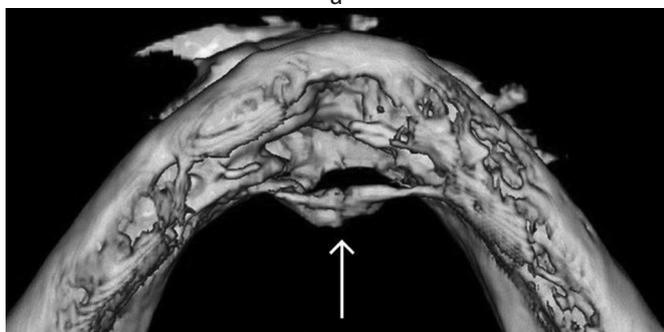


в

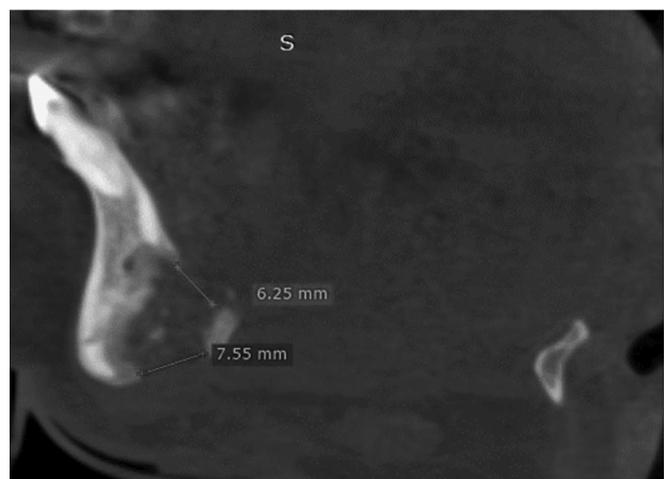
Рис. 5. а, б, в. КЛКТ через месяц после операции: наблюдаются признаки периостальной реакции, нарастание костных балок преимущественно с язычной стороны, вероятнее за счет частично сохранившейся надкостницы



а



б

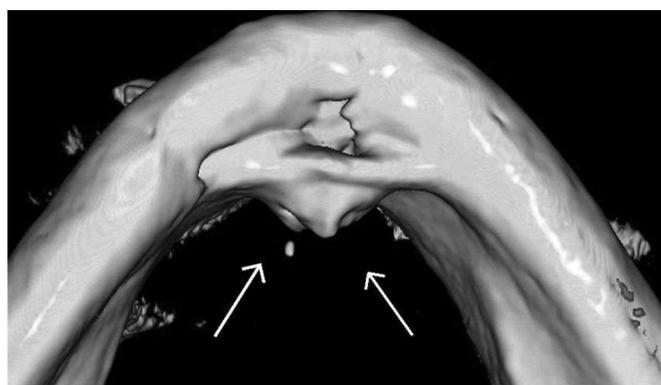


б

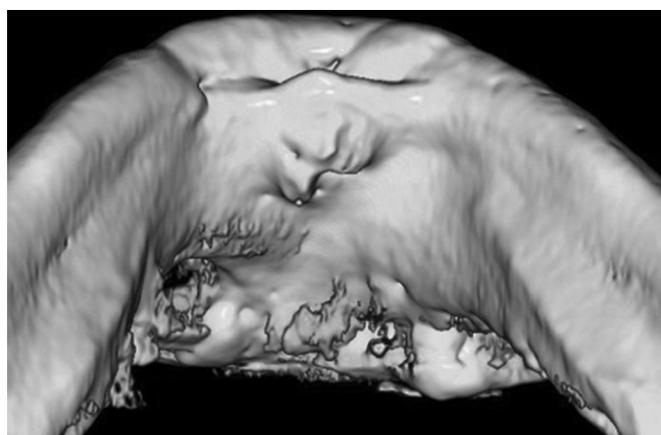


г

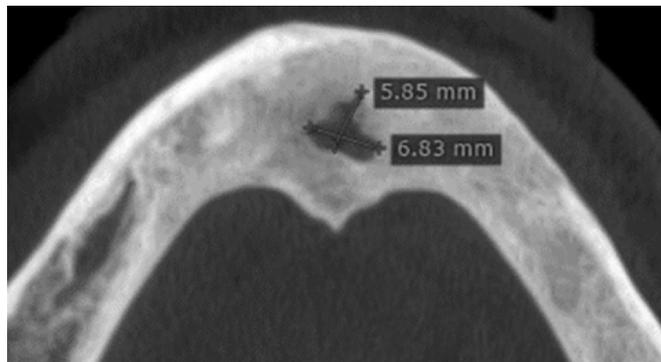
Рис. 6. а, б, в, г. КЛКТ через 3 месяца после операции: а — скращение очага деструкции преимущественно с язычной кортикальной пластинки; б — образование костной балки по типу «мостика»; в, г — процесс новообразования костной ткани с язычной стороны



а



б

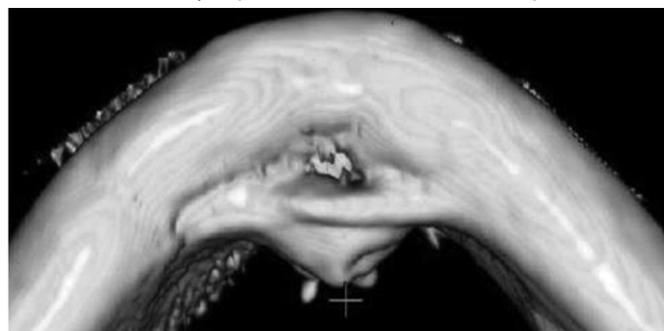


в

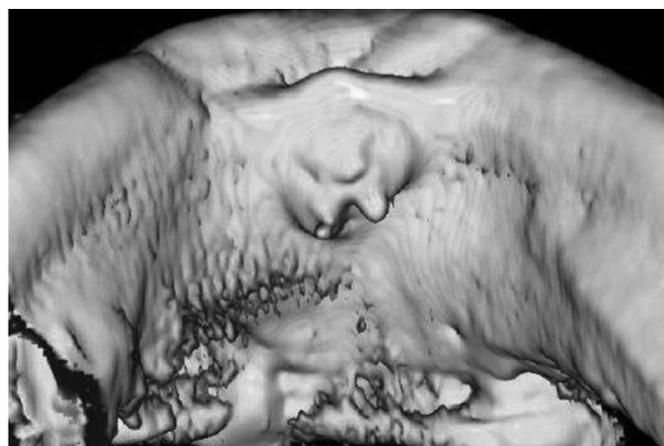


г

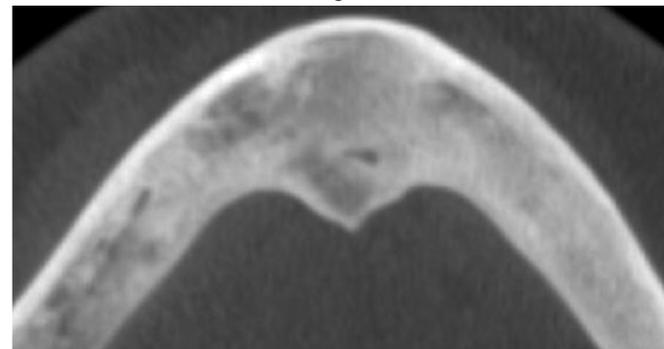
Рис. 7. а, б, в, г. КЛКТ через 6 месяцев после операции. Костный дефект практически полностью заполнен новообразованной костной тканью как с вестибулярной, так и с язычной сторон



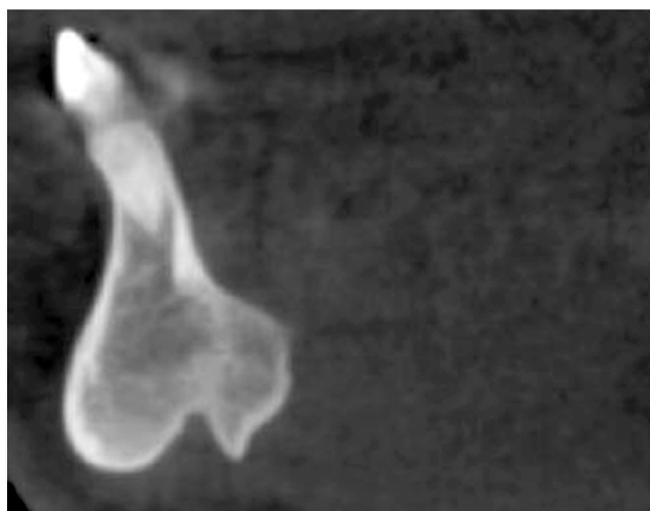
а



б



в



г

Рис. 8. а, б, в, г. КЛКТ через год после операции. Костный дефект восстановлен новообразованной костной тканью

Заключение

Таким образом, анализ зарубежной литературы показывает актуальность проблемы возникновения такого осложнения как остеомиелит после проведенной дентальной имплантации. Учитывая вышеперечисленные данные, приведенный клинический случай говорит об имеющейся и сохраняющейся на сегодняшний день низкой осведомленности врачей о факторах риска возникновения такого осложнения как остеомиелит при проведении дентальной имплантации. Следовательно, планируя проведение дентальной имплантации стоит обращать внимание не только на технические данные (тип дефекта его протяженность высоту и ширину, сохранившейся костной ткани, параметры имплантата и т.д.), но и тщательный сбор анамнеза пациента, обращая внимание на сопутствующие заболевания, структуру костной ткани при просмотре и анализе рентгенологических исследований, соблюдение правил препарирования костной ткани согласно выбранной имплантационной системе. Приведенные факторы, сами по себе или их совокупность, являются потенциальными причинами возникновения остеомиелита.

Так же на основании приведенного клинического случая можно сделать вывод о возможности проведения малоинвазивного лечения. Каждый случай требует индивидуального подхода, однако в клинической практике мы нередко сталкиваемся с более радикальными подходами лечения, такими как сегментарная или блоковая резекция. На данном примере мы показали, что при тщательном анализе исходной ситуации есть возможность сохранить челюсть, что в свою очередь не повлечет дальнейших многоэтапных реконструктивных операций и не снизит качество жизни в значительной

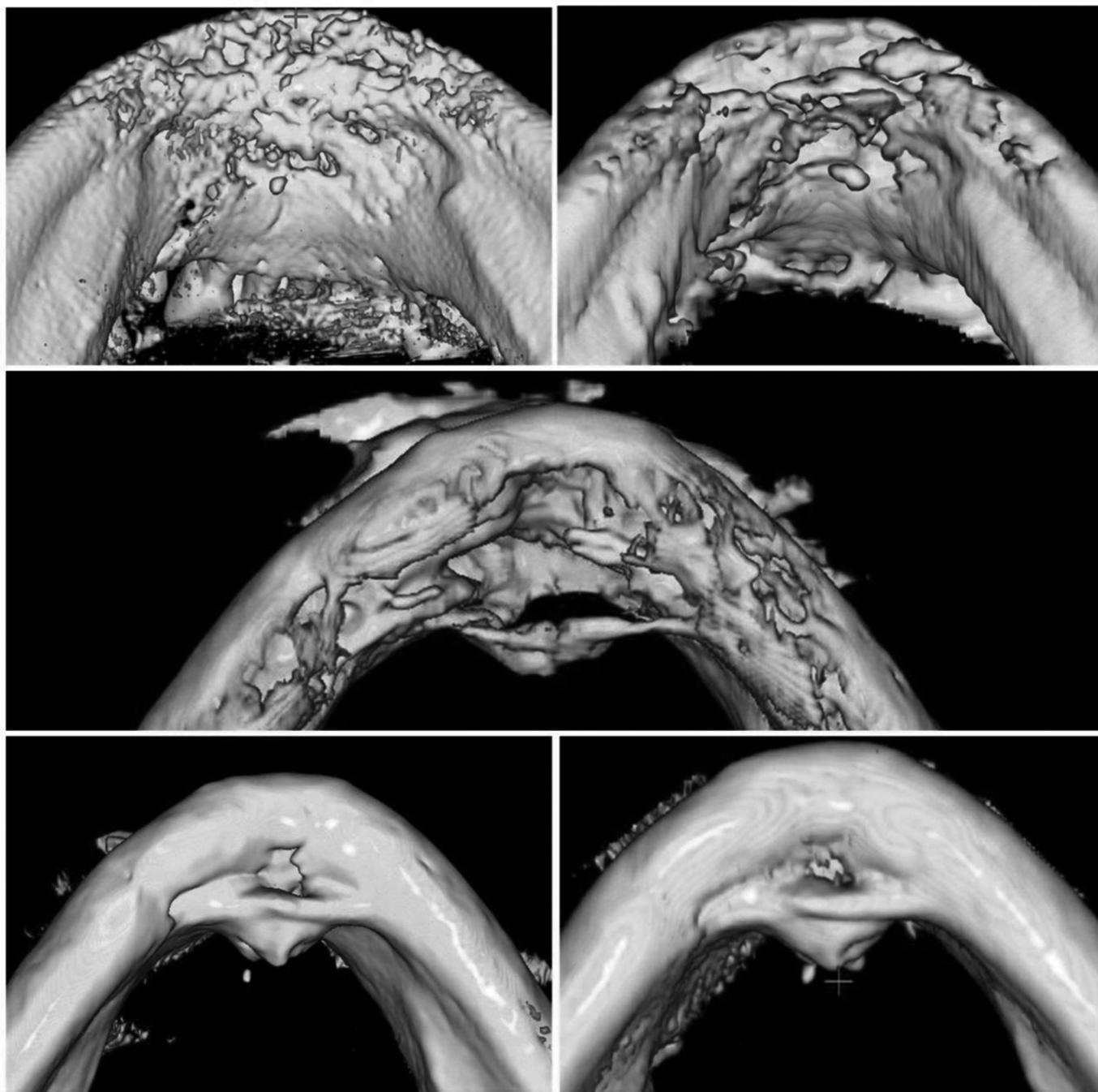


Рис. 9. Снимки в динамике: до операции, через 1, 3, 6 месяцев и год после операции степени, а итоговая цель — зубочелюстная реабилитация — будет достигнута.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клинические рекомендации Минздрава РФ: Воспалительные заболевания челюстей / Общероссийская Общественная организация «Общество специалистов в области челюстно-лицевой хирургии». 2020, 79с.
2. Kellesarian S.V, Javed F., Romanos G.E. Osteomyelitis Arising Around Osseointegrated Dental Implants: A Systematic Review // *ImplantDent.* 2018. Vol. 27. № 2. pp. 226–235.
3. Chatelain S., Lombardi T., Scolozzi P. Streptococcus anginosus Dental Implant-Related Osteomyelitis of the Jaws: An Insidious and Calamitous Entity // *J Oral Maxillofac Surg.* 2018. Vol. 76. № 6. pp.1187–1193.
4. Osteomyelitis of the Mandible after Dental Implants in an Immunocompetent Patient / M. Balanger [et all] // *Case Rep Dent.* 2017. pp. 1–5.
5. Mandibular Osteomyelitis Following Implant Placement / M. Schlund [et all] // *J Oral Maxillofac Surg.* 2017. Vol. 75. № 12. pp. 1–7.
6. O’Sullivan D., King P., Jagger D. Osteomyelitis and pathological mandibular fracture related to a late implant failure: A clinical report // *The Journal of Prosthetic Dentistry.* 2006. Vol. 95. № 2. pp. 106–110.
7. Identifying Risk Factors Associated with Major Complications and Refractory Course in Patients with Osteomyelitis of the Jaw: A Retrospective Study / M. Fenelon [et all] // *J Clin Med.* 2023. Vol. 12. № 14. pp. 1–12.
8. Zimmerli We. Bone and Joint Infections: From Microbiology to Diagnostics and Treatment. Implant-Associated Osteomyelitis of Long Bones. West Sussex: John Wiley & Sons, 2015. pp. 303–323.

© Буцан Сергей Борисович (sergeibutsan@hotmail.com); Пономарев Артемий Эрнестович (ponomarev_100@list.ru);
Ахметханова Ольга Сергеевна (olgaaos96@gmail.com); Курбанов Рустам Сердарович (rkurbanov1996@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РЕЗУЛЬТАТЫ КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ У БОЛЬНЫХ ОКС С НЕСТАБИЛЬНОЙ СТЕНОКАРДИЕЙ

RESULTS OF CORONARY BYPASS SURGERY IN PATIENTS ACS WITH UNSTABLE ANGINA

A. Jalilov
V. Merzlyakov
I. Klyuchnikov
A. Skopin
S. Mammadova
M. Salomov
O. Pulatov

Summary. Introduction: Currently, there is an increase in the number of patients with acute coronary syndrome who have undergone coronary bypass surgery. For a detailed assessment of these patients, it is necessary to study in detail the various clinical manifestations of coronary heart disease related to acute coronary syndrome. *The purpose of the study:* to study the immediate results of surgical treatment of CHD in patients with unstable angina who underwent coronary bypass surgery on a working heart and in conditions of artificial blood circulation. *Materials and Methods:* The study summarized the experience of surgical treatment of 230 patients with coronary artery disease with unstable angina, operated on in the period from 2010 to 2018, of which 110 — using the OPCAB method and 120 — using the standard method of ONCABG. The groups were comparable in age: the average age in the OPCAB group was 67.5 ± 7.4 years, and in the ONCABG — 67.8 ± 7.2 years ($p > 0.05$). *Results:* Patients of both groups were comparable in terms of the initial severity of the underlying disease, concomitant pathology, as well as damage to various major arteries and did not have significant differences in EuroSCORE II. The average number of shunts per patient in the OPCAB group was 3.8 ± 1.3 , while in the CABG group with cardiopulmonary bypass it was slightly lower — 3.85 ± 1.1 and did not have a significant difference ($p = 0.073$). We did not find a significant difference in the incidence of perioperative myocardial infarction, although it was higher in the MIRM group — 4 (3.8 %) cases, versus 5 (4.8 %) in the CABG group ($p > 0.05$). The terms of treatment of patients in the intensive care unit averaged 21.4 ± 43 hours for the OPCAB group, and 35.7 ± 95.3 hours for the ONCABG, which showed a statistically significant difference between the groups ($p = 0, 0004$). Acute heart failure, requiring intra-aortic balloon counterpulsation (IAB), occurred in 8 (6.6 %) patients of the CABG group with cardiopulmonary bypass and in 3 (2.7 %) patients in the OPCAB group ($p = 0.0016$). The groups did not significantly differ in the frequency of deaths, however, mortality in patients who underwent coronary artery bypass grafting on the beating heart was less. Thus, in the OPCAB group, the frequency of lethal cases was 1.87 % (2 patients died), and in the OnCABG group — 4.18 % (5 patients died) ($p > 0.05$). *Conclusions:* Based on the data obtained, it is concluded that mini-invasive myocardial revascularization by means OPCAB method is highly effective in the surgical treatment of patients with acute coronary syndrome in the form of unstable angina.

Жалилов Адхам Кахрамонович

Канд. мед. наук, вед. науч. сотр., ФГБУ «Национальный
медицинский исследовательский центр
сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева»
Jalilov_adham@mail.ru

Мерзляков Вадим Юрьевич

Доктор мед. наук, заведующий отделением, ФГБУ
«Национальный медицинский исследовательский центр
сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева»

Ключников Иван Вячеславович

Доктор мед. наук, профессор, гл. науч. сотр., ФГБУ
«Национальный медицинский исследовательский центр
сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева»

Скопин Антон Иванович

Канд. мед. наук, вед. науч. сотр., ФГБУ «Национальный
медицинский исследовательский центр
сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева»

Мамедова Севиндж

Канд. мед. наук, мл. науч. сотр., ФГБУ «Национальный
медицинский исследовательский центр
сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева»

Саломов Махмадшариф

Научный сотр., ФГБУ «Национальный медицинский
исследовательский центр сердечно-сосудистой
хирургии им. А.Н. Бакулева»

Пулатов Олег Каримович

Научный сотр., Каршинский филиал республиканский
специализированный научно-практический
медицинский центр кардиологии

Аннотация. Введение: в настоящее время отмечено увеличение числа пациентов с острым коронарным синдромом с множественным поражением коронарного русла, нуждающихся в полной реваскуляризации миокарда. Таким пациентам уже в срочном или экстренном порядке нередко требуется хирургическая реваскуляризация миокарда. Важным у таких больных является выбор метода коронарного шунтирования в условиях ИК или на работающем сердце.

Цель исследования: изучить непосредственные результаты хирургического лечения ИБС у больных с нестабильной стенокардией, перенесших коронарное шунтирование на работающем сердце и в условиях искусственного кровообращения.

Материалы и методы: В исследовании обобщен опыт хирургического лечения 230 больных ишемической болезнью сердца с нестабильной стенокардией, оперированных в период с 2010 по 2018 годы, из них 110 — по методике OPCAB и 120 — по стандартной методике АКШ с ИК. Группы были сопоставимы по возрасту: средний возраст в группе OPCAB составил $67,5 \pm 7,4$ года, а в группе АКШ с ИК — $67,8 \pm 7,2$ года ($p > 0,05$); полу и основным клинико-инструментальным параметрам.

Результаты: Пациенты обеих групп были сопоставимы по исходной тяжести основного заболевания, по сопутствующей патологии, а также поражению различных магистральных артерий и не имели достоверного

Keywords: ischemic heart disease, surgical treatment, high risk, immediate results, acute coronary syndrome, unstable angina.

Введение

В настоящее время чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ) является ведущей реперфузионной стратегией у пациентов с острым коронарным синдромом (ОКС), включая больных с инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST (ИМпST) и ОКС без подъема сегмента ST (инфаркт миокарда без подъема сегмента ST (ИМбпST) и нестабильная стенокардия (НС)) [1, 2, 3, 4]. Однако, острый коронарный синдром является важной социально-значимой проблемой, требующей использования всех современных методов лечения ИБС, включающих в себя не только консервативную терапию и чрескожные коронарные вмешательства, но и хирургические методы реваскуляризации миокарда: коронарное шунтирование как в условиях искусственного кровообращения, так и на работающем сердце. В зависимости от клинической ситуации при ОКС без подъема сегмента ST и повреждения миокарда, т.е. при нестабильной стенокардии, методы хирургической реваскуляризации миокарда могут быть использованы не только в плановом, но и в экстренном или срочном порядке.

АКШ продолжает играть важную роль в рутинном лечении ОКС имея конкретные показания, например у пациентов, которые первично перенесли ЧКВ и впоследствии были направлены на экстренное аортоко-

различия по EuroSCORE II. Среднее количество шунтов на одного пациента в группе OPCAB составило $3,21 \pm 1,04$, а в группе КШ с ИК оно было несколько ниже — $3,16 \pm 0,8$ и не имело достоверного различия ($p=0,073$). Сроки лечения больных в отделении реанимации и интенсивной терапии составили в среднем $21,4 \pm 4,3$ ч для группы OPCAB, и $35,7 \pm 9,3$ ч для группы КШ с ИК, что показало статистически значимое различие между группами ($p=0,0004$). Достоверной разницы по частоте периперационного инфаркта миокарда мы не выявили, хотя она была выше в группе АКШ с ИК — 8 (6,6 %) случаев, против 4 (3,8 %) в группе МИРМ ($p > 0,05$). Острая сердечная недостаточность, потребовавшая проведения внутриаортальной баллонной контрпульсации, имела место у 8 (6,6 %) пациентов группы КШ с ИК и у 3 (2,7 %) в группе МИРМ ($p > 0,05$). Группы достоверно не различались по частоте летальных случаев, тем не менее, смертность у больных, перенесших коронарное шунтирование на работающем сердце, была меньше. Так, в группе МИРМ частота летальных случаев составила 1,87 % (умерли 2 пациента), а в группе КШ с ИК — 4,18 % (умерли 5 больных) ($p > 0,05$). Проявления коронарной недостаточности после реваскуляризации миокарда не рецидивировали по клиническим и объективным данным.

Выводы: Исходя из полученных нами ближайших результатов, сделан вывод о высокой эффективности хирургической реваскуляризации миокарда и относительно большей безопасности малоинвазивной реваскуляризации миокарда при лечении пациентов с проявлениями острого коронарного синдрома в виде нестабильной стенокардии на фоне множественного поражения коронарного русла.

Ключевые слова: ишемическая болезнь сердца, хирургическое лечение, острый коронарный синдром, нестабильная стенокардия, непосредственные результаты.

ронарное шунтирование. Можно выделить следующие клинические сценарии и группы больных с ОКС, которым показано АКШ: (1) больные с продолжающейся ишемией и большими участками пораженного миокарда в бассейне клинико-связанной артерии, которым невозможно выполнить ЧКВ; (2) пациенты с ОКС, направленные на экстренную или неотложную операцию АКШ после первоначального успешного ЧКВ артерии, связанной с ОКС, но имеющих тяжелое поражение трех сосудов или стеноз ствола левой коронарной артерии (ЛКА); и (3) в конечном счете, пациенты с ОКС с самым высоким риском, у которых ЧКВ было недостаточным или даже безуспешным [5].

В ежедневной клинической практике все еще имеется значительное количество пациентов с ОКС, которые сразу после коронарографии направляются на хирургическую реваскуляризацию без «предварительного» лечения с использованием ЧКВ. Хирургическая реваскуляризация миокарда часто показано пациентам с тяжелым многососудистым поражением и/или поражением ствола ЛКА, у которых очевидно преимущество первичной операции АКШ по сравнению с предшествующей экстренной ЧКВ. Кроме того, операция АКШ иногда показана пациентам с ОКС, у которых была успешно выполнено неотложное ЧКВ в области очага поражения миокарда, но вопреки первоначальному предположению выяви-

лись риски высокой летальности и больших сердечно-сосудистых осложнений без полной реваскуляризации миокарда у пациентов как с нестабильной стенокардией, так и с инфарктом миокарда [5].

Уже в течение ряда лет и до настоящего времени интенсивно обсуждается вопрос об целесообразности использования операций АКШ на работающем сердце по сравнению с традиционной операцией в условиях ИК. [6]. Существуют противоречивые результаты различных исследований, сравнивающих эти две методики хирургической реваскуляризации миокарда. Результаты зависят от многих факторов и, в частности, от дизайна исследования и количества включенных пациентов. В целом, обычные пациенты с ИБС могут достичь отличных результатов при любом типе вмешательства, однако, неоднократно отмечено, что повреждение миокарда достоверно меньше при операции без ИК, также как и риск и степень выраженности периоперационной острой сердечной недостаточности. Было также показано, что большую пользу от операций на работающем сердце получают пациенты высокого риска, такие как больные с нарушенной функцией левого желудочка, пожилого возраста, с почечной или неврологической дисфункцией и недавно перенесенным инфарктом миокарда, но и эти клинические результаты также неоднозначны [7, 8].

Противоречивость имеющихся данных и отсутствие единства в выборе метода коронарного шунтирования у больных с нестабильной стенокардией стали основной причиной выполнения нашего исследования.

Цель исследования: изучить непосредственные результаты хирургического лечения ИБС у больных с нестабильной стенокардией, перенесших коронарное шунтирование на работающем сердце и в условиях искусственного кровообращения.

Материал и методы

За период с 2010 г. по 2018 г. включительно были прооперированы 230 больных ИБС с нестабильной стенокардией, которых мы разделили на 2 группы. В 1 группу вошли 110 больных, оперированных по методике малоинвазивной реваскуляризации миокарда (МИРМ), а во 2 группу — 120 больных, оперированных по стандартной методике АКШ с ИК. Группы были сопоставимы по возрасту: средний возраст в группе ОРСАВ составил 67,5±7,4 года, а в группе АКШ с ИК — 67,8±7,2 года (p>0,05).

Сравниваемые группы достоверно не отличались по половому признаку. Так, среди пациентов, перенесших коронарное шунтирование на работающем сердце, женщин было 20 (18,1 %), а в группе больных с АКШ в условиях искусственного кровообращения — 23 (41,8 %) (19,1 %) (p<0,05). P=0,19 (p>0,05). Также не было выявлено

но различия между группами по встречаемости больных с избыточной массой тела и ожирением.

По шкале операционного риска EuroSCORE II пациенты обеих групп были сопоставимы. Средний балл в группе малоинвазивной реваскуляризации миокарда (МИРМ) составил 3,8±1,3, а в группе АКШ с ИК — 3,85±1,1 (p>0,05) (таблица № 1).

Таблица 1.

Характеристика пациентов

	МИРМ (n= 110)	АКШ с ИК (n=120)	p
Средний возраст, г.	69,6± 7,4	69,8± 7,7	=0,569
Женский пол (%)	20(18,1)	23(19,1)	>0,05
Индекс массы тела, кг/м ²	28,6± 4,2	28,8± 4,6	>0,05
Постинфарктный кардиосклероз (%)	60(54)	68(58)	>0,05
Поражение брахиоцефальных артерий (%)	40(36)	36(32,7)	>0,05
Поражение магистральных артерий нижних конечностей (%)	15(13)	23 (19)	>0,05
Сахарный диабет (%)	28(25)	36(30)	>0,05
ХОБЛ (%)	27(24)	35(29)	>0,05
ХЗП (%)	16(14,5)	28(23)	>0,05
Стеноз ствола ЛКА (%)	45(41)	31(25)	0,0045
Среднее количество шунтов	3,21±1,04	3,16±0,8	0,073
Фракция выброса (ФВ) ЛЖ (%)			
ФВ >55 %	80(72)	88(73,3)	>0,05
ФВ 30–55 %	25(22,7)	23(19,2)	>0,05
ФВ <30 %	5(4,5)	9(7,5)	>0,05
EuroSCORE II	3,8±1,3	3,85±1,1	>0,05

ХОБЛ — Хронический обструктивный болезнь легких; ХЗП — хроническое заболевание почек; ФВ ЛЖ — Фракция выброса левого желудочка; ЛКА — левая коронарная артерия; МИРМ — малоинвазивная реваскуляризация миокарда.

Статистическую обработку данных мы выполняли с использованием программы STATISTICA 10.0. Для количественных параметров были вычислены среднее значение (M), среднеквадратическое отклонение (SD); для качественных данных рассчитаны частоты (%). Для анализа статистической значимости качественных параметров использовался двусторонний точный критерий Фишера. Выполнялся также расчет относительного риска (RR) с 95 % доверительным интервалом (CI), а также мультивариантный логистический регрессионный анализ. Результаты исследования принимали за статистически достоверные при значении p<0,05.

Результаты и обсуждение

Первично мы провели оценку пациентов сравниваемых групп по тяжести поражения сердца и магистральных артерий. У большинства больных в анамнезе отмечался перенесенный инфаркт миокарда. В группе с аортокоронарным шунтированием в условиях ИК — у 68 (56 %) пациентов, а в группе ОРСАВ — у 60 (54 %). В сравниваемых группах встречались больные с поражением различных бассейнов магистральных артерий. Так, поражение брахиоцефальных артерий в группе МИРМ (1 группа) диагностировано у 40 (36 %) больных, а в группе КШ с ИК (2 группа) — у 36 (32,7 %) пациентов. Поражение магистральных артерий нижних конечностей: в первой группе — у 15 (13 %), тогда как во второй — у 23 (19 %) пациентов. По этому показателю группы не имели статистически значимого различия ($p > 0,05$).

Далее мы провели оценку пациентов двух групп по сопутствующей патологии. Так в группе, после КШ с искусственным кровообращением, ХОБЛ диагностирована у 35 (29 %) пациентов, а в группе оперированных на работающем сердце — у 27 (24 %). Артериальная гипертензия выявлена у большинства больных в двух группах: 1 группа — 90 (81,1 %) пациента, 2 группа — 95 (79,1 %). Больных с хроническими болезнями почек было несколько меньше в группе ОРСАВ — 16 (14,5 %), чем в группе КШ с ИК — 28 (23 %). Количество пациентов с сахарным диабетом в наших группах было следующим: 1 группа — 28 (25 %) человека, 2 группа — 36 (30,9 %). По данным сопутствующим заболеваниям группы также не имели статистически значимого различия ($p > 0,05$).

Для сопоставления пациентов обеих групп по нарушению функции левого желудочка мы разбили всех больных на группы: с нормальной ФВ ЛЖ (более 55 %), ФВ ЛЖ 30–55 % и менее 30 %. Сравнимые группы достоверно не различались по встречаемости больных с той или иной степенью нарушения функции ЛЖ. Наиболее часто встречались больные с нормальной функцией левого желудочка (таблица 1).

Таким образом, пациенты обеих групп были сопоставимы по исходной тяжести основного заболевания и нарушению функции левого желудочка, по сопутствующей патологии, а также по поражению различных магистральных артерий, и не имели достоверного различия по показателям EuroSCORE II.

Далее мы представляем интраоперационные данные. Коронарное шунтирование передней межжелудочковой ветви левой коронарной артерии было выполнено в первой и во второй группах у подавляющего большинства больных: 105 (95 %) и 114 (95 %) соответственно. В группе с ИК шунтирование диагональных ветвей произведено у 45 (37,5 %) пациентов, тогда как в группе

МИРМ — у 65 (50 %). КШ ветви тупого края в группе ИК проводилось у 75 (65,45 %) пациентов, в группе МИРМ — у 68 (61,36 %). При этом число шунтов колебалось в пределах от 1 до 6 (проводилось шунтирование передней межжелудочковой ветви, диагональных ветвей, ветви тупого края, правой коронарной артерии, промежуточной ветви, задне-боковой ветви). Среднее количество шунтов на одного пациента в группе ОРСАВ составило $3,21 \pm 1,04$, а в группе КШ с ИК оно было несколько ниже — $3,16 \pm 0,8$ и не имело достоверного различия ($p = 0,073$). При аналогичном объеме операции общая ее продолжительность составила $5,3 \pm 1,6$ ч в группе МИРМ и $5,22 \pm 1,3$ ч в группе КШ с ИК и не имела значимого различия ($p > 0,05$). В группе МИРМ переход на ИК наблюдали у 3 (2,7 %) пациентов.

Сроки лечения больных в отделении реанимации и интенсивной терапии составили в среднем $21,4 \pm 43$ ч для группы ОРСАВ, и $35,7 \pm 95,3$ ч для группы КШ с ИК, что показало статистически значимое различие между группами ($p = 0,0004$).

По нашим данным у пациентов с ОКСбпСТ без повреждения миокарда, но с продолжающейся клинической нестабильностью и с распространенным поражением коронарного русла, после хирургической реваскуляризации миокарда проявления коронарной недостаточности не рецидивировали на госпитальном этапе по клиническим и объективным данным (динамика ЭКГ, эхокардиографии).

Достоверной разницы по частоте периоперационного инфаркта миокарда мы не выявили, хотя она была выше в группе АКШ с ИК — 8 (6,6 %) случаев, против 4 (3,8 %) в группе МИРМ ($p > 0,05$). Для сравнения совокупностей по качественным признакам мы рассчитали относительный риск развития периоперационного инфаркта миокарда по группам сравнения. Относительный риск (RR) был выше в группе операций с ИК и составил 1,83, однако, нижняя граница 95 % ДИ (CI) 0,568, верхняя граница 95 % ДИ (CI) 5,919, т.е. различие оказалось статистически не достоверным ($p > 0,05$). Результаты представлены в таблице 2.

Острая сердечная недостаточность, потребовавшая проведения внутриаортальной баллонной контрпульсации, имела место у 8 (6,6 %) пациентов группы КШ с ИК и у 3 (2,7 %) в группе МИРМ ($p > 0,05$) ($p = 0,0046$). Различия не значимо (значимо получится если например 10 с ИК и 2 с МИРМ то $p < 0,05$) При этом относительный риск (RR) развития ОН составил 2,44 у больных с операциями в условиях ИК по сравнению с МИРМ, нижняя граница 95 % ДИ 0,665 (CI), а верхняя граница 8,98, т.е. различие между группами статистически не достоверно несмотря на более высокий RR (таблица 2).

Таблица 2.
Риск развития периоперационных осложнений

	Летальность	Церебральные осложнения	Послеоперационный инфаркт	ОСН и ВАБК
Абсолютный риск в основной группе (EER)	0.042	0.033	0.067	0.067
Абсолютный риск в контрольной группе (CER)	0.018	0.009	0.036	0.027
Относительный риск (RR)	2.292	3.667	1.833	2.444
Стандартная ошибка относительного риска (S)	0.826	1.110	0.598	0.664
Нижняя граница 95 % ДИ (CI)	0.454	0.416	0.568	0.665
Верхняя граница 95 % ДИ (CI)	11.572	32.308	5.919	8.982
Снижение относительного риска (RRR)	1.292	2.667	0.833	1.444
Разность рисков (RD)	0.023	0.024	0.030	0.039
Число больных, которых необходимо лечить (NNT)	42.581	41.250	33.000	25.385
Чувствительность (Se)	0.714	0.800	0.667	0.727
Специфичность (Sp)	0.484	0.484	0.486	0.489

Частота цереброваскулярных осложнений в группе КШ с ИК составила 4 случая (3,3 %), они включали в себя следующие виды осложнений: энцефалопатия у 1 (0,81 %) больного и транзиторная ишемическая атака (ТИА) — также у 3 (2,5 %) пациента. Острое нарушение мозгового кровообращения в группе МИРМ было выявлено у 1 пациента. Относительный риска (RR) развития мозговых осложнений был выше при операциях с ИК и составил 3,66, при этом нижняя граница 95 % ДИ составила 0,4, а верхняя граница 95 % ДИ — 32,3, т.е. различие оказалось не достоверным ($p > 0,05$).

Обе группы достоверно не различались по частоте летальных случаев, тем не менее, смертность у больных, перенесших коронарное шунтирование на работающем сердце, была меньше. Так, в группе МИРМ частота летальных случаев составила 1,87 % (умерло 2 пациента), а в группе КШ с ИК — 4,1 % (умерло 5 больных) ($p > 0,05$). Относительный риск развития летального исхода при операциях с ИК составил 2,292, но нижняя граница 95 % ДИ составила 0,454, верхняя граница 95 % ДИ составила 11,572 и статически разница оказалась не значима (табл. 2).

Рассмотрим подробнее госпитальную летальность в группе МИРМ и в группе КШ с ИК. В первой группе

у двоих пациента причиной летального исхода стала полиорганная недостаточность, развившаяся на фоне острого инфаркта миокарда в раннем послеоперационном периоде. Острый инфаркт миокарда сопровождался тяжелой острой сердечной недостаточностью, которая потребовала проведения внутриаортальной баллонной контрпульсации.

Во второй группе (КШ с ИК) было 4 летальных исхода. В 2 случаях причиной смерти была полиорганная недостаточность, к которой привела исходная тяжесть состояния, обусловленная тяжелой сердечной недостаточностью до оперативного вмешательства. У 3 пациента смерть наступила на 3 сутки после операции от острой сердечной недостаточности, обусловленной распространенным инфарктом миокарда левого желудочка (ЛЖ) с вовлечением задней, задне-боковой стенок ЛЖ, межжелудочковой перегородки, верхушки ЛЖ, в результате тромбоза шунтов к правой коронарной артерии и огибающей ветви левой венечной артерии. В последнем случае причиной летального исхода послужила полиорганная недостаточность, обусловленная исходной острой сердечной и острой почечной недостаточностью.

Мы проанализировали риск госпитальной смертности и осложнений в раннем послеоперационном периоде согласно многовариантному логистическому регрессионному анализу в зависимости от восьми дооперационных факторов риска. Для обеих групп они несколько различались. Так, если для таких факторов риска, как артериальная гипертензия, ХОБЛ, инфаркт миокарда в анамнезе до операции степень риска осложнений была практически аналогичной, то при оценке таких факторов как хроническое поражение почек, низкий сердечный выброс и поражение ствола ЛКА, было выявлено существенное различие (таблица 3).

По мнению ряда авторов, проведение коронарного шунтирования в условиях ИК у пациентов пожилого возраста с тяжелой сопутствующей патологией, такой как хроническая обструктивная болезнь легких, хронические болезни почек, наличие экстракардиальной патологии сосудов, сопряжено с высоким риском развития ранних послеоперационных осложнений [9,10, 11].

Нет единого мнения о сопоставимой эффективности или однозначных преимуществах операций ОРСАВ у пациентов высокого риска в сравнении с АКШ с ИК как в ближайшем, так и в отдаленном послеоперационном периоде [12, 13, 14]. Однако, большинство исследователей сходятся во мнении, что благодаря исключению из технического протокола операции АКШ этапа искусственного кровообращения с кардиopleгией, существенно снижается риск и процент ближайших периоперационных осложнений, особенно в группах пациентов

Таблица 3.

Мультивариантный логистический регрессионный анализ основных факторов госпитальной летальности в группах больных ОКС

Факторы летальности	МИРМ ОШ ДИ	АКШ С ИК ОШ ДИ
АГ	1,6 (1,4–2,8)	1,8 (1,4–2,8)
Хроническая почечная недостаточность	2,8 (1,5–3,8)	3,6 (1,5–3,8)
ИМ из анамнеза	1,7 (1,4–2,1)	1,95 (1,4–2,1)
ХОБЛ	1,8 (1,2–2,9)	2,5 (1,4–2,6)
Синдром низкого СВ	2,1 (1,7–4,5)	2,4 (1,7–4,5)
Поражение ствола ЛКА	1,7 (1,1–1,8)	2,1 (1,1–1,8)
Многососудистое поражение коронарных артерий	2,0 (1,8–4,4)	2,0 (1,8–4,4)
СД	3,4 (1,25–10,45)	4,3 (1,25–10,45)

$p < 0,01$ для всех показателей (нужно уточнить ОШ по группам различается, а ДИ одни и те же цифры) СД — сахарный диабет, ИМ — Инфаркт миокард, АГ — Артериальная гипертензия, ХОБЛ — хронический обструктивный болезнь легких, СВ — сердечный выброс

пожилого возраста, с существенным нарушением функции миокарда ЛЖ, а также с множественной и тяжелой сопутствующей патологией [15, 16, 17, 18]. Оптимальный подход для выбора хирургической тактики реваскуляризации миокарда при острым коронарным синдроме зависит от многих факторов: клинической стабильности пациента, особенности анатомии, сложности поражения коронарных сосудов, включая хроническую окклюзию; тяжесть сопутствующих заболеваний, которые способствуют развитию госпитальных осложнений в раннем постоперационном периоде.

Заключение

По результатам нашего исследования было продемонстрировано, что у пациентов с ОКСбпСТ без повреждения миокарда, с продолжающейся клинической нестабильностью и с распространенным поражением коронарного русла после хирургической реваскуляризации миокарда проявления коронарной недостаточности не рецидивировали на госпитальном этапе по клиническим и объективным данным. Летальность между группами пациентов после аортокоронарного шунтирования с искусственным кровообращением и пациентов с малоинвазивной реваскуляризацией миокарда статистически достоверно не отличалась. Также как достоверно не отличалась и частота появления инфаркта миокарда, мозговых осложнений, острой сердечной недостаточности с потребностью во внутриаортальной баллонной контрпульсации. Но при операциях без ИК достоверно меньше была длительность нахождения в реанимации и стационарного лечения, меньше риск кровотечений и потребность в переливании крови, меньше риск почечных. Однако частота послеоперационных осложнений в группе ОРСАВ была достоверно ниже, чем в группе больных, перенесших КШ с ИК. Выявлено значительно более низкое ($p < 0,05$) число цереброваскулярных и почечных осложнений, проблем в раннем послеоперационном периоде у пациентов, перенесших малоинвазивную реваскуляризацию миокарда.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о высокой эффективности хирургической реваскуляризации миокарда у больных с нестабильной стенокардией при тяжелом поражении коронарного русла и клинической нестабильности, и определенных преимуществах в безопасности малоинвазивной реваскуляризации миокарда перед стандартной операцией АКШ с ИК у данной категории больных.

ЛИТЕРАТУРА

- Ibanez B, James S, Agewall S, Antunes MJ, Bucciarelli-Ducci C, Bueno H, Caforio ALP, Crea F, Goudevenos JA, Halvorsen S, et al. 2017 ESC guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: the Task Force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J.* 2018; 39:119–177. doi: 10.1093/eurheartj/ehx393
- Neumann F-J, Sousa-Uva M, Ahlsson A, Alfonso F, Banning AP, Benedetto U, Byrne RA, Collet J-P, Falk V, Head SJ, et al. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *EuroIntervention.* 2019; 14:1435–1534. doi: 10.4244/EIJY19M01_01
- Collet J-P, Thiele H, Barbato E, Barthélémy O, Bauersachs J, Bhatt DL, Dendale P, Dorobantu M, Edvardsen T, Folliguet T, et al. 2020 ESC guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation. *Eur Heart J.* 2021; 42:1289–1367. doi: 10.1093/eurheartj/ehaa575
- Голухова Е.З. Хирургическая и интервенционная кардиология: эволюция и современные подходы в диагностике и лечении острого коронарного синдрома и стабильной ишемической болезни сердца. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. 2016; 17 (3): 113–123.
- Thielmann Matthias, Wendt Daniel, Slottosch Ingo, Schiller Henryk Welp Wolfgang, Tsagakis Konstantinos, Bastian Schmack, Weymann Alexander, Martens Sven; et al. Coronary Artery Bypass Graft Surgery in Patients With Acute Coronary Syndromes After Primary Percutaneous Coronary Intervention: A Current Report From the North-Rhine Westphalia Surgical Myocardial Infarction Registry. *J Am Heart Assoc.* 2021;10: e021182. <https://doi.org/10.1161/JAHA.121.021182>
- Бокерия Л.А., Мерзляков В.Ю., Ключников И.В., Скопин А.И., Арушанян А.Р., Саидходжаев С.С. Результаты операций реваскуляризации миокарда на работающем сердце и аортокоронарного шунтирования с искусственным кровообращением у больных с инфарктом миокарда. // Клиническая физиология кровообращения. — № 1. — 2008. — с. 16–23.
- Сигаев И.Ю., Алшибая М.М., Бокерия О.Л., Бузиашвили Ю.И., Голухова Е.З., Мерзляков В.Ю., Бокерия Л.А. Современные тенденции развития коронарной хирургии в НЦССХ им. А.Н. Бакулева. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. 2016; 17 (3): 67–76.

8. Rastan AJ, Eckenstein JI, Hentschel B, Funkat AK, Gummert JF, Doll N, Walther T, Falk V, Mohr FW. Emergency coronary artery bypass graft surgery for acute coronary syndrome: beating heart versus conventional cardioplegic cardiac arrest strategies. *Circulation*. 2006;114:1477–1485. 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.001545.
9. Бокерия Л.А., Беришвили И.И., Сигаев И.Ю. Минимально инвазивная реваскуляризация миокарда М.: Изд-во НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН; 2001.
10. Cheng D.C., Bainbridge D., Martin J.E. et al. Does off-pump coronary artery bypass reduce mortality, morbidity, and resource utilization when compared with conventional coronary artery bypass? A meta-analysis of randomized trials. *Anesthesiology*. 2005;102:188–203.
11. Shroyer A.L., Grover F.L., Hattler B. et al. On-pump versus off-pump coronary-artery bypass surgery. *N. Engl. J. Med* 2009; 361:1827–373.
12. Hlavicka J., Straka Z., Jelinek S., et al. Off-pump versus on-pump coronary artery bypass grafting surgery in high-risk patients: PRAGUE-6 trial at 30 days and 1 year. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub* 2016; 160:263–70.
13. Marui A, Okabayashi H., Komiya T., et al. Benefits of off-pump coronary artery bypass grafting in high-risk patients. *Circulation* 2012;126:151–7.
14. Rodriguez-Olivares R, Lopez-Menendez J, Barca LV, et al. Identification of candidates for coronary artery bypass grafting admitted with STEMI and multivessel disease. *Cardiovasc Revasc Med*. 2018;19:21–6.
15. Polito MV, Asparago S, Galasso G, et al. Early myocardial surgical revascularization after ST segment elevation myocardial infarction in multivessel coronary disease: bridge therapy is the solution? *J Cardiovasc Med (Hagerstown)*. 2018;19:120–5.
16. Klempfner R, Barac YD, Younis A, et al. Early referral to coronary artery bypass grafting following acute coronary syndrome, trends and outcomes from the Acute Coronary Syndrome Israeli Survey (ACSIS) 2000–2010. *Heart Lung Circ*. 2018;27:175–82
17. Amsterdam EA, Wenger NK, Brindis RG, et al. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with non-ST-elevation acute coronary syndromes: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on practice guidelines. *J Am Coll Cardiol*. 2014;64:e139–228.
18. French JK, Hellkamp AS, Armstrong PW, et al. Mechanical complications after percutaneous coronary intervention in ST-elevation myocardial infarction (from APEX-AMI). *Am J Cardiol*. 2010;105:59–63.

© Жалилов Адхам Кахрамонович (Jalilov_adham@mail.ru); Мерзляков Вадим Юрьевич; Ключников Иван Вячеславович; Скопин Антон Иванович; Мамедова Севиндж; Саломов Махмадшариф; Пулатов Олег Каримович
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОПЕРАТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ВРОЖДЕННЫХ ПОРОКОВ РАЗВИТИЯ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА У НОВОРОЖДЕННЫХ ДЕТЕЙ И ПРЕДИКТОРЫ БЛАГОПОЛУЧНОГО ИСХОДА ЛЕЧЕНИЯ И РЕАБИЛИТАЦИИ

SURGICAL SOLUTION OF CONGENITAL MALFORMATIONS OF THE DIGESTIVE TRACT IN NEWBORNS AND PREDICTORS OF A SUCCESSFUL OUTCOME OF TREATMENT AND REHABILITATION

A. Isaeva
I. Gerasimenko
R. Mirzoev
I. Tandelova

Summary. With modern surgery and medical skill levels, interventions in childhood, especially in newborns, can cause complications. In Russia, the situation with child mortality from congenital malformations (CDD) is complex. Despite antenatal examination algorithms, congenital malformation occurs in 5 % of newborns, but accounts for more than 25 % of the structure of child mortality, and about 30 % of children have several developmental anomalies, most often in the gastrointestinal tract (GIT). The etiology of congenital malformation is often related to genetics and environmental influences. The main task of doctors is the diagnosis of gastrointestinal problems, timely treatment and rehabilitation. It is important to understand the relationship between congenital malformation and complications after surgery, as well as to correct metabolic disorders before surgery.

Keywords: congenital malformations, digestive tract, newborns, childhood, pilorestenosis, intestinal obstruction, anorectal malformations.

Исаева Алеся Васильевна

Травматолог-ортопед, к.м.н., доцент, Ставропольский государственный медицинский университет
isaevaAV@mail.ru

Герасименко Игорь Николаевич

д.м.н., доцент, Ставропольский государственный медицинский университет
gerasimenko@yandex.ru.ru

Мирзоев Рамзан Асламбекович

Северо-Осетинская государственная медицинская академия
Mirzoevramzan507@gmail.com

Танделова Ирина Сергеевна

Факультет педиатрический Северо-Осетинская государственная медицинская академия
Tandelova456@yandex.ru

Аннотация. В современной хирургии и уровне медицинских навыков, вмешательства в детском возрасте, особенно у новорожденных, могут вызвать осложнения. В России ситуация со смертностью детей от врожденных пороков развития (ВПР) сложная. Несмотря на алгоритмы антенатального обследования, ВПР встречается у 5 % новорожденных, но составляет более 25 % структуры детской смертности, причем около 30 % детей имеют несколько аномалий развития, чаще всего в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ). Этиология ВПР часто связана с генетикой и воздействием окружающей среды. Главная задача врачей — диагностика ВПР ЖКТ, своевременное лечение и реабилитация. Важно понимать связь между ВПР и осложнениями после операций, а также корректировать метаболические нарушения до операции.

Цель исследования: представить структуру врожденных аномалий пищеварительного тракта у новорожденных детей, а также характер и частоту осложнений после оперативного лечения по данным ГБУЗ СК «КДКБ» за последние пять лет, и сформировать выводы о роли влияния предоперационных предикторов устранения метаболических нарушений к развитию резидуальных последствий.

Материалы и методы: в ядро рандомизированного ретроспективного-проспективного клинического исследования вошло 60 респондентов возрастом до 2 месяцев с диагностированными врожденными пороками развития пищеварительного тракта, находившихся на стационарном лечении в отделении хирургии на базе ГБУЗ СК «КДКБ» в течение последних пяти лет и получивших лечение в виде хирургической коррекции. Большинство детей поступало из роддомов города Ставрополя.

Ключевые слова: врожденные пороки развития, пищеварительный тракт, новорожденные, детский возраст, пилорестеноз, кишечная непроходимость, аноректальные пороки развития.

Введение

Врожденные пороки развития желудочно-кишечного тракта являются одной из основных причин неонатальной и ранней детской смертности, особенно в развивающихся странах. В качестве основных факторов, обуславливающих высокую смертность новорожденных детей с аномалиями развития пищеварительного тракта, были названы низкий социально-экономический статус, недостаточность дородовой и послеродовой диагностики, устаревшее медицинское оборудование и отсутствие надлежащих условий в отделениях интенсивной терапии для новорожденных [1].

ВПР ЖКТ — это структурные или функциональные аномалии, которые проявляются с рождения. Данный вид заболеваний является третьей по величине группой врожденных аномалий после ортопедических пороков развития и пороков развития центральной нервной системы: они составляют около 15 % от всех ВПР [2].

В развитых странах на сегодняшний день контроль над этой ситуацией значительно улучшился благодаря качественной общей и генетической дородовой диагностике и достижениям в области интенсивной терапии новорожденных. Это привело к значительному улучшению прогноза выживаемости детей с ВПР ЖКТ и снижению смертности с 50 % до <10 % [3–5].

В данном исследовании было рассмотрено шесть видов ВПР ЖКТ, которые наиболее часто фигурировали при статистическом анализе данных: врожденная непроходимость (ВН ЖКТ), атрезия пищевода (АП), спонтанные перфорации желудка (ПЖ), ложные диафрагмальные грыжи, пилоростеноз желудка и врожденные дефекты передней брюшной стенки (ПРПБС).

Выбор метода хирургической коррекции данных нозологических единиц определяется необходимостью максимального восстановления нормальной анатомии пораженной зоны, что особенно важно для растущего

организма. Прогноз зависит от тяжести порока и сочетанных аномалий, своевременной диагностики, эффективности предоперационной подготовки и интенсивной послеоперационной терапии. Все дети, оперированные по поводу ВПР ЖКТ, требуют диспансерного наблюдения с коррекцией вскармливания и лечением дисбактериозов, анемий, гипотрофии, ферментной недостаточности и т.д. [6–8].

Материалы и методы

В ядро рандомизированного ретроспективного-проспективного клинического исследования вошло 60 респондентов возрастом до 2 месяцев с диагностированными врожденными пороками развития пищеварительного тракта, находившихся на стационарном лечении в отделении хирургии на базе ГБУЗ СК «КДКБ» в течение последних пяти лет и получивших лечение в виде хирургической коррекции. Большинство детей поступало из роддомов города Ставрополя (табл. 1).

В период с 2019 по 2023 гг. на лечении находилось 60 детей (n=60) с ВПР органов пищеварительного тракта, из которых 30 детей являлись мальчиками (n=30), и еще 30 — девочки (n=30). Недоношенные дети составили 24 больных от общего числа (n=24) (рис. 1). По данным научной работы не было зарегистрировано ни одного летального исхода.

Клиническая картина заболеваний зачастую была стертой, но в большинстве случаев включала в себя наличие диспепсических явлений и рвоты, асимметрию живота, проблемы со стулом и острые боли (табл. 2).

Физикальное обследование, особенно у недоношенных детей, было малоинформативным. При подозрении на наличие ВПР использовали обзорную и контрастную рентгенографию и ультразвуковое исследование в динамике. После выявления ВПР ЖКТ в предоперационном периоде выполнялся комплекс методов исследования: гемодинамики с оценкой сократительной функции

Таблица 1.

Критерии включения, исключения и невключения в научное исследование

Критерии включения	Критерия исключения	Критерия невключения
<ul style="list-style-type: none"> — диагностированный ВПР пищеварительного тракта; — возраст от нескольких дней жизни до 2 месяцев; — согласие родителей или опекунов на проведение оперативного вмешательства на базе исследования; — пол — женский, мужской; — стабильная центральная и периферическая гемодинамика; — удовлетворительная микроциркуляция; — диурез не менее 1 мм/кг/час. 	<ul style="list-style-type: none"> — декомпенсированные соматические патологии — ВИЧ/СПИД, гепатиты; — наличие других заболеваний, инициировавших развитие органной недостаточности (в том числе заболевания печени, почек); — отказ родителей или опекунов больного от дальнейшего лечения и наблюдения; — самостоятельный выход пациента из-под динамического наблюдения вследствие отказа нахождения в стационаре родителями или опекунами. 	<ul style="list-style-type: none"> — зависимость от диализа; — лейкопения; — лимфома; — наличие воспалительных и инфекционных заболеваний; — наличие гормональных декомпенсированных расстройств; — возраст старше 5 месяцев; — почечная и печеночная недостаточности.

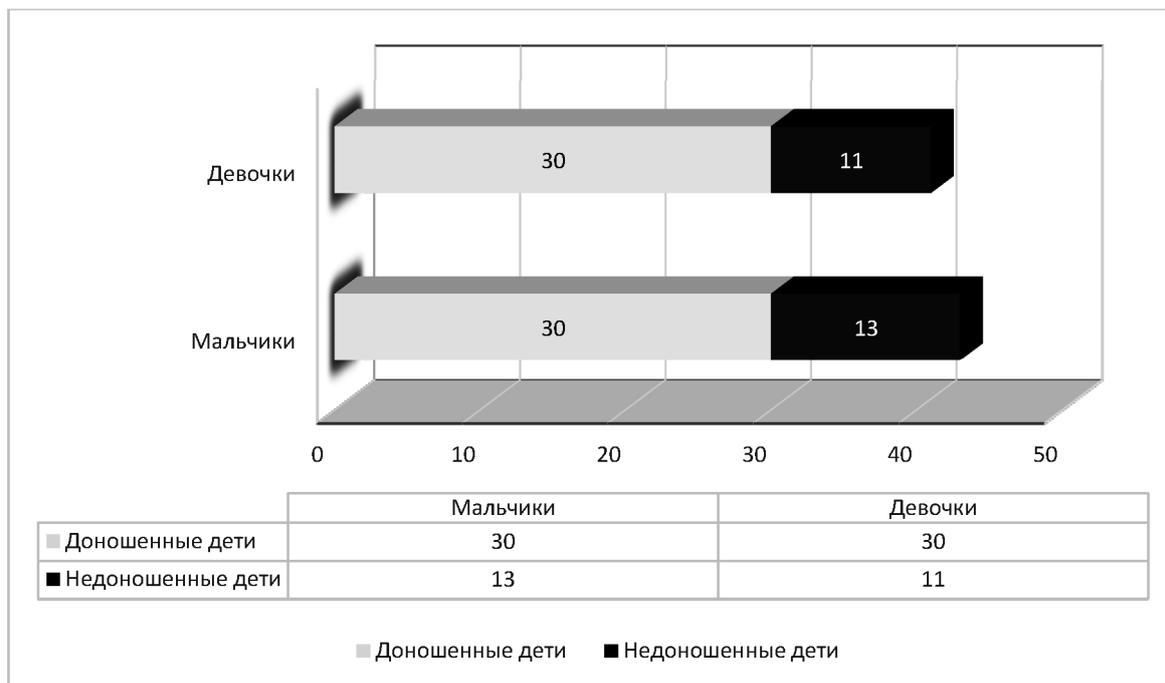


Рис. 1. Характеристика респондентов

сердца и степени легочной гипертензии посредством ЭхоЭКГ и доплерокардиография; кислотно-основного равновесия крови с оценкой напряжения кислорода и углекислого газа; общие, биохимические анализы крови и мочи. Научная методология исследования основывается на системном подходе и комплексном рассмотрении проблемы развития ВПР ЖКТ у детей.

Таблица 2.

Частые клинические симптомы, присутствующие у респондентов

болевые ощущения в брюшной полости, как различной локализации, так и различной интенсивности	100 %
отрыжка и изжога	89 %
тошнота и рвота	91 %
метеоризм и урчание в животе	99 %
белый налет на языке	56 %
асимметрия живота	100 %
невозможности вскармливания	23 %

Исследовательская работа является прикладным научным исследованием, уточняющим проблему прогнозирования, профилактики и лечения ВПР ЖКТ у детей младшего возраста. Методологическую основу исследования составили научные труды отечественных и зарубежных авторов, в которых отражены вопросы патогенеза, диагностики, профилактики осложнений, хирургического лечения ВПР ЖКТ. При проведении исследования соблюдались этические принципы согласно требованиям Хельсинской Декларации Всемирной ме-

дицинской ассоциации (2008 г.). Дизайн исследования был одобрен этическим комитетом ФГБОУ ВО СтГМУ МЗ РФ и ГБУЗ СК «КДКБ».

Результаты и их обсуждения

По данным исследования был составлен перечень заболеваний, которые рассмотрены в данной работе (рис. 2).

Количество больных детей с различными вариантами врожденной непроходимости (ВН) ЖКТ составило 11 (18,3 %): атрезия 12-перстной кишки — 2 (18 %), атрезия тощей кишки — 3 (28 %), атрезия подвздошной кишки — 2 (18 %), атрезия толстой кишки — 1 (9 %), атрезия прямой кишки и ануса — 1 (9 %), болезнь Гиршпрунга — 1 (9 %). Основным операционным доступом при хирургической коррекции ВН ЖКТ служила срединная лапаротомия с последующей ревизией всех органов брюшной полости. Исход заболевания у всех детей удовлетворительный. Следует отметить, что двухэтапная хирургическая коррекция применялась при болезни Гиршпрунга. Первым этапом было выведение колостомы, вторым — брюшно-промежностная проктопластика по Соаве-Ленюшкину.

Атрезия пищевода (АП) была диагностирована у 18 детей (30 %), у 7-х из них наблюдалась ассоциация АП с атрезией толстого кишечника. В 2-х случаях выявлена аплазия пищевода, что потребовало наложения гастро- и эзофагостомы. После коррекции АП в ближайшем послеоперационном периоде в одном случае был разрыв

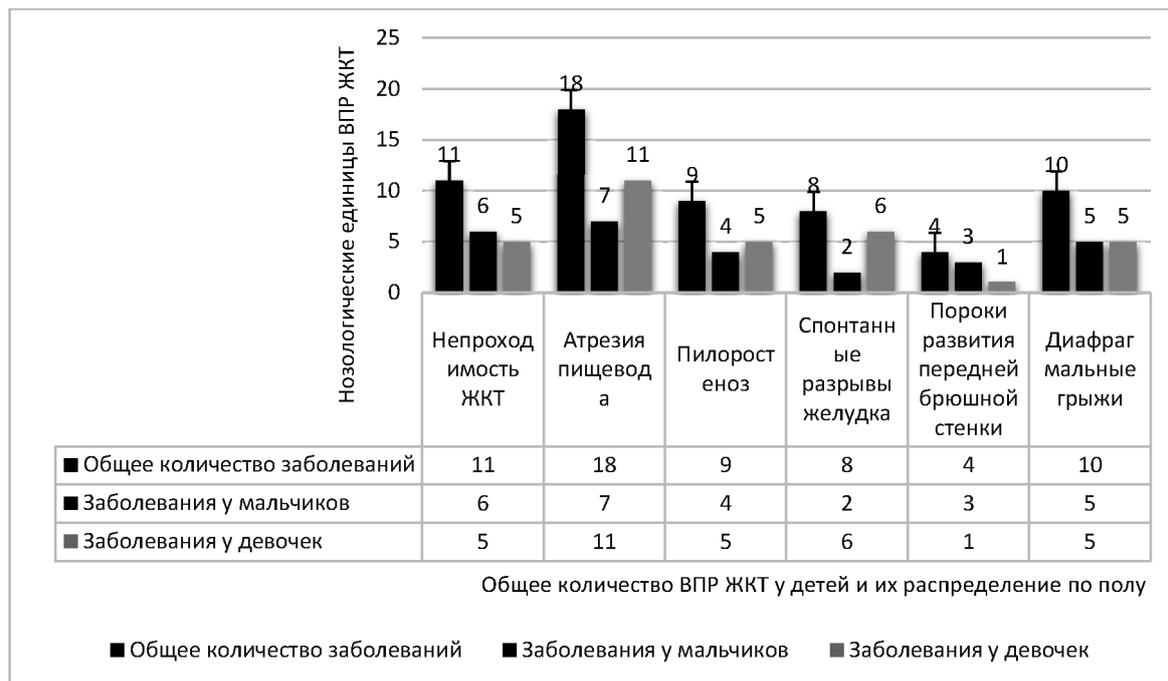


Рис. 2. Нозологические единицы ВПР ЖКТ, общее количество случаев ВПР ЖКТ у детей и их распределение по полу с указанием пределов погрешности

пищевода с развитием осложнения в виде медиастинита после бужирования. Процесс удалось купировать консервативным путем, ребенок (девочка 3-х месяцев) также выжил.

Пилоростеноз желудка был у 9 (15 %) больных детей. Возраст в данном случае диапозонировался от двух дней до 3 месяцев. Лечение заключалось в пилоромиотомии по методу Фреде-Рамштеда. Послеоперационных осложнений отмечено не было.

На базе исследования также было пролечено 8 детей со спонтанными разрывами желудка (перфорация желудка у новорожденных — ПЖ) (13,3 %), причем без ятрогенного вмешательства. Патогенез данного заболевания до конца не известен. Данное состояние считается редким в общей популяции (1:2900 до 1:5000 живорождённых). Следует предположить, что гипоксия и асфиксия явились ключевыми звеньями в формировании предперфораций и ПЖ, однако мы посчитали, что предвестниками ПЖ у некоторых детей в нашем исследовании послужила локальная агенезия мышц, высокая кислотность желудочного сока, нескоординированность перистальтики верхних отделов ЖКТ. Хирургическая коррекция заключалась в атипичной резекции желудка и гастрорафии 2- или 3-рядными швами или ушивании желудка пилоропластикой по методу Heineke-Mikulicz при субтотальной резекции. Все дети выжили, однако послеоперационный реабилитационный период был достаточно сложен и длителен.

Детей с пороками развития передней брюшной стенки (ПРПБС), которые прошли критерии включения/исключения, было 4 (6,6 %). Практически сразу после родов естественным путем эвентрированные органы укрывали стерильными салфетками с теплым раствором фурацилина (1:5000) на изотоническом растворе хлорида натрия и накрывали сверху полиэтиленовой пленкой с фиксацией несколькими турами бинта для устранения избыточной подвижности содержимого. Во всех случаях случаев имела место выраженная висцеро-абдоминальная диспропорция, потребовавшая оперативного двухэтапного вмешательства: силопластики «хирургической перчаткой» или применения твердой мозговой оболочки в качестве «пелота» с последующей отсроченной радикальной пластикой брюшной стенки.

И последняя патология, которая была зафиксирована в исследовании, это ложные диафрагмальные грыжи — 10 случаев (16,7 %). В большинстве случаев мышечный дефект находился слева в проекции щели Богдалека, через которую в плевральную полость проходили петли кишечника и, в одном случае, желудок. Все дети были успешно пролечены.

Заключение

Исходя из теоретических данных следует указать, что любая из исследуемых патологий требует оперативного лечения. Причем в каждом случае выполнялась предоперационная подготовка, включавшая в себя коррекцию гиповолемии, алколоза и гипокалиемии. Необходимо

было нормализовать биохимический состав, кислотно-основное равновесие, полностью элиминировать симптомы эксикоза. Данный фактор нельзя исключать по той причине, что он имеет значительную роль в развитии метаболических осложнений, и влияет на течение реабилитационного периода.

Прогноз любого из ВПН ЖКТ зависит от тяжести аномалии и сочетанных заболеваний (соматических и других аномалий), своевременной диагностики, предоперационной подготовки и интенсивной послеоперационной терапии и реабилитации. Все больные дети, оперированные по поводу ВПН ЖКТ, требуют диспансерного наблюдения с контролем вскармливания и лечения дисбактериозов, анемий, ферментной недостаточности, коррекции дефицитов.

Выводы

Количество детей с ВПН ЖКТ, требующих оперативной коррекции, продолжают находиться на высоком

уровне по количеству и частоте. В нашем случае наибольшую группу составили дети с атрезией пищевода и различными по этиологии и патогенезу виды непроходимости пищеварительного тракта. Случаи летального исхода в данном исследовании отсутствовала, что можно объяснить быстрой и мобильной транспортировкой детей в ГБУЗ СК «КДКБ», а также высоким уровнем профессиональных навыков врачей хирургического стационара. Однако не следует забывать, что летальность от ВПН в мире остаётся высокой и не имеет тенденций к снижению. Любому оперативному вмешательству с ВПН ЖКТ в начале следует коррекция метаболических нарушений (по мере возможности и времени), т.к. данный фактор играет важную роль в последующем состоянии пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Camara S, Fall M, Mbaye PA, Wese SF, Lo FB, Oumar N. Congenital malformations of the gastrointestinal tract in neonates at aristide le dantec university hospital in Dakar: Concerning 126 cases. *Afr J Paediatr Surg.* 2022 Jul-Sep;19(3):133–136. doi: 10.4103/ajps.AJPS_37_21. PMID: 35775512; PMCID: PMC9290359.
2. Kouame BD, N'guetta-Brou IA, Kouame GS, Sounkere M, Koffi M, Yaokreh JB, et al. Epidemiology of congenital abnormalities in West Africa: Results of a descriptive study in teaching hospitals in Abidjan: Cote d'Ivoire. *Afr J Paediatr Surg.* 2015;12:51–5.
3. Banguy F, Baeudoins S. Urgences chirurgicales du nouveau-né et du nourrisson. *Encycl Med Chir Ped* 4-002-S-75. 1999:10.
4. Keita M, Magassouba DF. Les urgences chirurgicales néonatales dans le service de chirurgie pédiatrique à propos de 96 observations. *Guinée Médical.* 2001:34.
5. Mieret JC, Yaokreh JB, Dieth AG, Odehouri-Koudou TH, Kouamé DB, Ouattara O, et al. Prognosis of Neonatal Surgical Pathologies at Yopougon Teaching Hospital. *Rev Int Sc Mé* 2014;16:126–9.
6. Кудрявцев В.А. Детская хирургия в лекциях: Учебник для медицинских вузов: Изд. 2-е, перераб. — Архангельск: Издательский центр СГМУ, 2007. — 468 с. ISBN 978-5-86279-157-0
7. Butler Tjaden NE, Trainor PA. The developmental etiology and pathogenesis of Hirschsprung disease. *Transl Res.* 2013 Jul;162(1):1–15. doi: 10.1016/j.trsl.2013.03.001. Epub 2013 Mar 22. PMID: 23528997; PMCID: PMC3691347.
8. Liao Y, Wen H, Ouyang S, Yuan Y, Bi J, Guan Y, Fu Q, Yang X, Guo W, Huang Y, Zeng Q, Qin Y, Xiang H, Li S. Routine first-trimester ultrasound screening using a standardized anatomical protocol. *Am J Obstet Gynecol.* 2021 Apr;224(4):396.e1–396.e15. doi: 10.1016/j.ajog.2020.10.037. Epub 2020 Oct 27. PMID: 33127430.

© Исаева Алеся Васильевна (isaevaAV@mail.ru); Герасименко Игорь Николаевич (gerasimenko@yandex.ru); Мирзоев Рамзан Асламбекович (Mirzoevramzan507@gmail.com); Танделова Ирина Сергеевна (Tandelova456@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗВИТИЕ ОСЛОЖНЕНИЙ У ПАЦИЕНТА С БОЛЕЗНЬЮ ПАРКИНСОНА ПРИ ЛЕЧЕНИИ АМАНТАДИНОМ. РАЗБОР КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

THE DEVELOPMENT OF COMPLICATIONS IN A PATIENT WITH PARKINSON'S DISEASE DURING TREATMENT WITH AMANTADINE. ANALYSIS OF A CLINICAL CASE

**A. Kumakhov
E. Ulimbasheva
Z. Shakova**

Summary. A clinical case is devoted to the development of a serious complication after the appointment of amantadine as a starting therapy for a patient with Parkinson's disease. Patient data is obtained by examining the patient's medical records, as well as conducting a neurological examination, analyzing complaints, anamnesis of the disease and life. During the study of the patient's medical history, it was found that after the appointment of amantadine, the patient developed an acute urinary retention after some time, which subsequently led to other serious complications. A clinical example shows that it is necessary to carefully collect information about concomitant diseases of a patient with Parkinson's disease when prescribing antiparkinsonian therapy.

Keywords: Parkinson's disease, amantadine, complications of therapy, acute urinary retention.

Кумахов Амирхан Алимович

Ассистент, ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская
государственная медицинская академия», Владикавказ
ya.kumahov@yandex.ru

Улимбашева Эмма Суфьяновна

Ассистент, ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский
государственный университет им. Х.М. Бербекова»,
Нальчик

Шакова Зарема Мухамедовна

Ассистент, ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский
государственный университет им. Х.М. Бербекова»,
Нальчик

Аннотация. Клинический случай посвящен развитию серьезного осложнения после назначения в качестве стартовой терапии амантадина пациенту с болезнью Паркинсона. Данные о пациенте получены путем изучения медицинской документации пациента, а также проведения неврологического осмотра, анализа жалоб, анамнеза заболевания и жизни. Во время изучения анамнеза заболевания пациента обнаружено, что после назначения амантадина у пациента спустя некоторое время развилась острая задержка мочеиспускания, которая впоследствии привела к другим серьезным осложнениям. Клинический пример показывает, что необходимо тщательно собирать информацию про сопутствующие заболевания пациента с болезнью Паркинсона при назначении противопаркинсонической терапии.

Ключевые слова: болезнь Паркинсона, амантадин, осложнения терапии, острая задержка мочеиспускания.

Актуальность

Впервые амантадин был синтезирован в 1967 году в качестве противовирусного препарата, а первые сообщения об эффективности данного препарата при болезни Паркинсона (БП) были опубликованы уже в 1969 г. [1]. Уменьшение брадикинезии, ригидности и тремора наблюдались у пациентки с БП, которая в течение 6 недель принимала амантадин в качестве противовирусного препарата. Отмена препарата приводила к возобновлению симптомов болезни [1]. В 1973 году управление по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных средств (FDA) одобрило применение амантадина для лечения симптомов паркинсонизма [2]. С точки зрения фармакологии современного мира терапевтический эффект амантадина связан с блокадой глутаматных NMDA (N-methyl-D-aspartat) рецепторов и ослаблением возбуждающих кортикостриарных влияний на холинергические нейроны стриатума [3,4]. Амантадин широко применяется как на ранних стадиях БП с целью отсрочить назначение леводопы, так и на

поздних стадиях, для усиления эффекта других противопаркинсонических препаратов и коррекции дискинезий и моторных флюктуаций, вызванных леводопатерапией [5,6]. Амантадин обычно хорошо переносится пациентами разных возрастных групп, хотя после 70–75 лет его следует принимать с осторожностью. Побочные эффекты редки и могут проявляться в виде отеков (чаще голеней и стоп), сухости во рту, диспепсии, нарушений сна, эпизодов возбуждения и галлюцинаций [7]. Из-за «мягкого» холинолитического эффекта необходимо проявлять осторожность при назначении амантадинов вместе с антихолинергическими препаратами [8]. Специфическим побочным эффектом амантадина считается сетчатое ливедо (livedo reticularis), которое чаще развивается в нижних конечностях. Данный симптом проявляется в виде пятнистого сетчатого сосудистого рисунка, который проявляется в виде кружевного пурпурного обесцвечивания кожи [8]. Длительный прием амантадина может привести к прогрессирующим изменениям эндотелия роговицы. Негативное действие амантадина на роговицу носит дозозависимый характер и наблюда-

ется преимущественно у пациентов, получающих в сутки более 400 мг препарата [9]. В литературе практически нет данных о развитии острой задержки мочеиспускания у пациентов с БП при приеме амантадина. Развитие данного симптома связано с наличием у пациента в анамнезе доброкачественной гиперплазии предстательной железы. Причины развития данного осложнения до конца не изучены. Однако в инструкции к препарату ясно отмечается противопоказание амантадина пациентам с аденомой предстательной железы в связи с возможностью развития задержки мочеиспускания. Многие специалисты пренебрегают выявлением сопутствующих заболеваний при назначении терапии БП, что и послужило причиной написанию данной статьи.

Материалы и методы

Материалом для статьи послужил консультативный прием пациента на дому с проведением тщательного опроса и неврологического осмотра, а также изучение выписок из стационаров, амбулаторной карты пациента и заключений специалистов.

Результаты исследования

В ноябре 2023 года была осуществлена консультация мужчины 1941 года рождения на дому в связи с тяжелым состоянием пациента (прикован к постели). Самостоятельно пациент жалоб не предъявлял из-за когнитивных нарушений. Больной лежал на кровати, находился в тяжелом состоянии в связи с сопутствующими заболеваниями помимо БП. Со слов родственников стало известно, что пациент уже длительное время (несколько лет) стал скованным, медлительным. В связи с этим в сентябре 2023 года обратились к неврологу и был выставлен диагноз: «Болезнь Паркинсона, акинетико-ригидная форма, 3 стадия по Хен-Яру». Для корректировки симптомов заболевания специалист выписал леводопу, прамипексол и амантадин в высоких дозах без титрования препаратов, что является лечебной ошибкой, которая может привести к развитию непереносимости препаратов и побочным эффектам. При назначении амантадина невролог не уточнил у пациента и родственников наличие противопоказаний. Из анамнеза жизни и ранее проведенной консультации уролога выяснилось, что у пациента имеется аденома предстательной железы и периодически проводится курс лечения данного заболевания. Спустя несколько дней после назначения противопаркинсонической терапии у пациента в вечернее время развивается острая задержка мочеиспускания. Экстренно был доставлен в урологическое отделение республиканской клинической больницы, где была произведена безуспешная попытка установки уретрального катетера. Впоследствии пациенту провели оперативное вмешательство с установкой цистостомы. После выписки из стационара через несколько дней у больного

развились симптомы интоксикации в виде общей гипертермии, слабости, спутанности сознания. Повторно был доставлен в реанимационное отделение стационара, где после проведения обследований выявлена паравезикальная гематома с признаками инфекционного осложнения и развития перитонита. В течении трех недель пациент находился в коматозном состоянии, а после был выписан в удовлетворительном состоянии домой, после чего и осуществлена нами консультация. На момент осмотра пациент находился в декомпенсированном состоянии по БП с развитием высокого пластического тонуса в конечностях и выраженной брадикинезии, что ставит под сомнение получение пациентом противопаркинсонической терапии в отделении реанимации. Также родственники отмечали присоединение выраженных психических нарушений в виде зрительных галлюцинаций и бреда. На момент осмотра пациент принимал препарат леводопа/бенсеразид в дозе 250 мг 3 раза в день.

Неврологический статус на момент осмотра: В сознании. Речь правильная, замедленная. Инструкции выполняет все. Менингеальных знаков нет. Зрачки D=S. Лицо симметричное, амимичное. Глоточный рефлекс и глотание сохранено. Язык по средней линии. Рефлексы с рук и ног D=S, средней живости. Впечатлений парезов нет. Тремора покоя не наблюдается. Выраженная брадикинезия всех конечностей. Тонус выражено повышен по типу «зубчатого колеса» преимущественно в нижних конечностях. Самостоятельно не сидит, стоять и передвигаться не может. Тазовые функции не контролирует. Умеренный когнитивный дефицит с MMSE 25б. Отмечаются пролежни на крестце и стопах.

После консультации к терапии был добавлен атипичный нейролептик кветиапин для корректировки психических нарушений, а также проведение внутривенной инъекции в течении 10 дней амантадина, учитывая высокую степень декомпенсации пациента. На данном этапе назначение амантадина обосновано, так как установлена цистостома и нет риска повторной задержки мочеиспускания. Пациентам также было рекомендовано проведение лечебной гимнастики на дому с привлечением инструктора после проведения ультразвуковой диагностики сосудов нижних конечностей. После данного обследования у пациента выявился флотирующий флелотромбоз голени справа и было рекомендовано экстренно госпитализировать пациента в отделение сосудистой хирургии для оперативного вмешательства.

Заключение

Таким образом было подтверждено возможное развитие острой задержки мочеиспускания у пациента с аденомой предстательной железы при назначении амантадина, в инструкции которого отмечается данное осложнение. У данного пациента имелось нарушение ти-

трования противопаркинсонических препаратов в стартовой терапии БП, а также был упущен факт наличия сопутствующих заболеваний. Данная ошибка привела к череде серьезных осложнений со стороны других си-

стем организма, исход которого мог бы быть летальным. Необходимо тщательно изучать анамнез жизни и наличие противопоказаний при назначении противопаркинсонической терапии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Schwab RS, England AC, Poskanzer DC, Young RR. Amantadine in the treatment of Parkinson's disease. JAMA. 1969; 208:7:1168–1170.
2. Hubsher G, Haider M, Okun MS. Amantadine: the journey from fighting flu to treating Parkinson disease. Neurology. 2012; 78 (14):1096–1099.
3. Карабань И.Н. Применение блокатора глутаматных рецепторов амантадина в неврологии // Международный неврологический журнал. — 2012. — № 2 (48). — С. 195–201.
4. Крыжановский Г.Н., Карабань И.Н., Магаева С.В., Кучеряну В.Г., Карабань Н.В. Болезнь Паркинсона. — М.: Медицина, 2002. — 336 с
5. Левин О.С., Федорова Н.В. Болезнь Паркинсона. — М.: Медпрессинформ, 2017. — 315 с.
6. Lugging E., Wenning G.K., Boesch S., Poewe W. Beneficial effects of amantadine on L-dopa-induced dyskinesias in Parkinson's disease // Mov. Disord. — 2000. — 15. — 873–878.
7. Карабань И.Н. Применение амантадина при болезни Паркинсона, паркинсонизме и осложнениях терапии леводопой / И.Н. Карабань // Международный неврологический журнал. — 2018. — № 1 (95). С. 56–61.
8. Катунина Е.А. Амантадины в лечении болезни Паркинсона. Новые возможности в условиях COVID-19. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2021;121(4):101–106.
9. Daggumilli S, Vanathi M, Ganger A, Goyal V, Tandon R. Corneal evaluation in patients with parkinsonism on long-term amantadine therapy. Cornea. 2019; 38 (9):1131–1136.

© Кумахов Амирхан Алимович (ya.kumahov@yandex.ru); Улимбашева Эмма Суфьяновна; Шакова Зарема Мухамедовна
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РОЛЬ ОДНОВРЕМЕННОЙ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕМОСТАЗА И ДОППЛЕРОМЕТРИИ В РАННЕЙ ДИАГНОСТИКЕ ЗАДЕРЖКИ РОСТА ПЛОДА И СНИЖЕНИИ АКУШЕРСКИХ ОСЛОЖНЕНИЙ И ПЕРИНАТАЛЬНЫХ ПОТЕРЬ

THE ROLE OF SIMULTANEOUS ASSESSMENT OF HEMOSTASIS AND DOPPLER MEASUREMENTS IN THE EARLY DIAGNOSIS OF FETAL GROWTH RESTRICTION AND REDUCTION OF OBSTETRIC COMPLICATIONS AND PERINATAL LOSSES

**N. Kuneshko
V. Kim
A. Ershov**

Summary. Objective: To study changes in the hemostatic system at the stage of pregnancy planning, early pregnancy, with the additional use of Dopplerography in this category of patients, for early detection of hemodynamic disorders, with their subsequent correction in order to reduce the incidence of placental insufficiency and FGR, which will help reduce obstetric complications and perinatal losses.

Materials and methods: This study included 501 pregnant women with an average to high risk of developing fetal growth restriction. The first group included 195 pregnant women who were admitted for observation at 8–16 weeks of pregnancy, the second — 191 pregnant women who were admitted for observation at 16–24 weeks of pregnancy, the third — 87 pregnant women who gave birth to a child with fetal growth restriction and those who have undergone prenatal training. The control group included 28 patients with a singleton physiological pregnancy with a low risk of developing fetal growth restriction.

Keywords: placental insufficiency, fetal growth restriction (FGR), hypercoagulation, preconception preparation.

Кунешко Нарт Фарук

к.м.н. врач акушер-гинеколог, заведующий родильным домом, Одинцовская областная больница —
Одинцовский родильный дом
drnartfaruk@mail.ru

Ким Виктор Валерьевич

Аспирант, врач акушер-гинеколог,
Российский университет медицины
rikudo_96@mail.ru

Ершов Антон Валерьевич

д.м.н. профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Salavatprof@mail.ru

Аннотация. Цель: Изучить изменения в системе гемостаза на этапе планирования беременности, ранних сроках беременности, с дополнительным использованием доплерографии у данной категории пациенток, для раннего выявления гемодинамических нарушений, с последующей их коррекцией с целью снижения частоты развития плацентарной недостаточности и ЗРП, что будет способствовать снижению акушерских осложнений и перинатальных потерь.

Материалы и методы: В данное исследование было включено 501 беременная женщина со средним, высоким риском развития ЗРП. В первую группу вошли 195 беременных женщин, поступивших под наблюдение на сроке беременности 8–16 недель, во вторую — 191 беременных женщин, поступивших под наблюдение на сроке 16–24 недель беременности, в третью — 87 беременных женщин, родивших в предыдущую беременность ребенка с ЗРП и прошедших прегравидарную подготовку. Контрольная группа включала 28 пациенток с одноплодной физиологически протекающей беременностью, с низким риском развития ЗРП.

Ключевые слова: плацентарная недостаточность, задержка роста плода (ЗРП), гиперкоагуляция, прегравидарная подготовка.

Введение

З адержка роста плода — является одной из причин перинатальной заболеваемости и смертности. Известно, что чаще всего причиной развития такого осложнения беременности является плацентарная недостаточность в результате нарушения полноценной инвазии трофобласта [1], [2]. Комбинированный подход к данному осложнению беременности включающий в себя: прохождение полноценной прегравидарной подготовки, своевременное выявление факторов

риска, оценка гемостаза, доплерометрия системы «мать-плацента-плод» позволит снизить акушерские осложнения и перинатальные потери. Нарушение в системе гемостаза играет одну из ключевых ролей в развитии плацентарной недостаточности, ЗРП. Изменения в маточно-плацентарном кровообращении, могут являться на ранних сроках беременности предиктором таких явлений как плацентарная недостаточность, преэклампсия и ЗРП. К неадекватному кровообращению могут приводить аномалии плацентарной сосудистой системы и нарушения гемостаза. Маточные артерии об-

ладают спиралевидным ходом, проникая в миометрий матки они формируют аркуатные артерии, которые располагаются на границе наружного и среднего слоев мышечной оболочки матки. Средний слой мышечной оболочки кровоснабжают радиальные артерии. В субэндометриальном слое располагаются базальные артерии, кровотоки в которых определяется только в 25 % случаев и поэтому, как правило, не оценивается [2]. Изменения в маточных артериях до и во время беременности отражают постоянный рост и развитие маточно-плацентарного кровотока. При нормальной беременности плацентарные клетки трофобласта проникают во внутреннюю треть миометрия и мигрируют по всей длине материнских спиральных артерий. В случае невозможности проникновения трофобласта в мышечную стенку матки спиральные артерии сохраняют эластичное мышечное покрытие, что приводит к увеличению сосудистого сопротивления за счет поддержания полного сопротивления кровотоку. Патологическое увеличение сосудистого сопротивления плаценты может быть обнаружено при доплерометрических исследованиях маточных сосудов матери, а увеличение индекса резистентности маточных артерий связано с последующими акушерскими осложнениями в течение беременности.

Результаты

Сумма диагностических коэффициентов, отражающая степень риска развития плацентарной недостаточности, ЗРП на начало исследования в группе I составила 21 (19; 24), в группе II — 22 (19; 24), в группе III — 20 (17; 22). Таким образом, наибольший риск отмечался в группе II, так как женщины поступили уже в II триместре беременности и факторы риска не были скорректированы, наименьший риск отмечался в группе III у женщин, прошедших прегравидарную подготовку. Однако, в связи с тем, что часть факторов риска является немодифицируемой, статистически значимых различий между группами не установлено.

У большинства беременных — беременность протекала с осложнениями разной степени выраженности. В I триместре наиболее часто отмечался токсикоз беременных, проявлявшийся изжогой, тошнотой, рвотой, обильным слюноотделением, слабостью, быстрой утомляемостью, нарушением сна, изменением вкусовых предпочтений, повышенной чувствительностью к запахам. Наиболее часто токсикоз беспокоил беременных группы II: в 2,1 раз по сравнению с контрольной группой. В группах I и III, где женщины своевременно получали медикаментозную помощь, частоту и выраженность проявлений токсикоза удалось снизить на 26 % и 22,7 % соответственно по сравнению с группой II.

Во втором триместре у 174 беременных (34,7 %) появлялись симптомы преэклампсии и у 153 (30,5 %) —

плацентарной недостаточности. Наибольшая их частота регистрировалась в группе II.

В третьем триместре у 190 беременных (37,9 %) отмечалась угроза преждевременных родов, требовавшая медикаментозной терапии. В группе II данной осложнения встречалось почти у половины беременных, во время как в группах I и III статистически значимо не отличалось от показателя контрольной группы. Преэклампсия осложнила течение беременности у 113 (22,5 %) пациенток, плацентарная недостаточность — у 105 (20,9 %). В 142 (28,3 %) случаях на фоне этих осложнений появились признаки гипоксии и ЗРП, что, при отсутствии эффекта от медикаментозной терапии, потребовало досрочного родоразрешения. Наиболее высокие показатели по частоте и степени выраженности данных осложнений регистрировались в группе II — у женщин, поступивших под наблюдение уже в конце II триместре и не получивших необходимой медицинской помощи ранее. Таким образом, прегравидарная подготовка и активное ведение беременных с высоким риском развития ЗРП позволили значительно снизить частоту осложнений беременности.

Результаты сравнительного анализа данных лабораторных методов обследования

У всех пациенток с высоким риском развития ЗРП при поступлении особое внимание уделяли изучению параметров гемостаза. Установлено, что по данным обменных карт в I триместре статистически значимых различий в коагулограмме не выявлялось. Во втором триместре у беременных с высоким риском развития ЗРП отмечалась тенденция к гиперкоагуляции. Так, количество тромбоцитов в группе I было на 3,9 % выше по сравнению с группой III и на 7,1 % по сравнению с контрольной группой, в группе II — на 5,6 % и 8,8 % соответственно. Сумма активных форм тромбоцитов в группе I была на 8,8 % выше по сравнению с группой III и на 13,7 % — по сравнению с контрольной группой, в группе II — на 21,9 % и 27,5 % соответственно и 35,9 % соответственно. АЧТВ в группе I было на 1,9 % ниже по сравнению с группой III и на 5,4 % — по сравнению с контрольной группой, в группе II — на 8,5 % и 9,7 % соответственно. Фибринолитическая активность крови также была снижена: в группе I на 4,7 % по сравнению с группой IV и на 6,2 % — по сравнению с контрольной группой, в группе II — на 6,3 % и 7,7 % соответственно, в группе III — на 9,4 % и 10,8 % соответственно. При этом возрастала концентрация фибриногена и D-димера. Уровень фибриногена в группе I был на 3,8 % выше по сравнению с группой III и на 5,1 % — по сравнению с контрольной группой, в группе II — на 8,9 % и 10,3 % соответственно. Уровень D-димера в группе I был на 5,3 % выше по сравнению с группой III и на 6,1 % — по сравнению с контрольной группой, в группе II — на 8,7 % и 9,6 % соответственно.

В III триместре без соответствующей медикаментозной коррекции явления гиперкоагуляции усиливались. Продолжался значительный рост концентрации фибриногена и D-димера. Прирост содержания D-димера к III триместру по сравнению с I триместром составил в группе I 8,3 раз, в группе II — 9,6 раз, в группе III — 7,6 раз.

Таким образом, у пациенток I группы, поступивших на сроки от 8 до 16 недель беременности не было выраженной гиперкоагуляции, активность тромбоцитов находилась на верхней границе нормы, своевременное выявление и коррекция отклонений позволили предотвратить развитие вторичной тромбофилии у этих беременных.

У пациенток II группы, поступивших под наблюдение в период от 16 до 24 недель беременности, чаще выявлялись признаки гиперкоагуляции, активации тромбоцитов, начальные признаки ДВС-синдрома, что потребовало назначения низкомолекулярных гепаринов. В III группе пациенток, прошедших прегравидарную подготовку и состоявших под постоянным диспансерным наблюдением, удалось нивелировать развитие вторичной тромбофилии, показатели гемостаза на протяжении всей беременности статистически значимо не отличались от показателей контрольной группы. Для дополнительного исследования системы гемостаза всем пациенткам помимо основных общеклинических анализов было проведено исследование тромбоэластограммы (TEG). Дисперсионный анализ не выявил статистически значимых различий по показателям между группами. У большинства беременных в контрольной группе и группах I и III показатель времени свертывания был в пределах нормальных значений. У пациенток групп II выявлялась тенденция к нарушению времени свертывания: соответственно у 76 (39,8 %) женщин показатель был ниже нормы, что может свидетельствовать о повышении свертываемости крови.

Наименьшее время образования сгустка (K), характеризующее III фазу свертывания также отмечено в группе II: на 14,7 % ниже по сравнению с группой I, на 6,5 % по сравнению с группой II на 19,4 % ниже по сравнению с группой III и на 21,6 % по сравнению с контрольной группой. У большинства пациенток во всех группах время образования сгустка находилось в пределах нормы, однако у 1 беременной (3,6 %) контрольной группы, 4 беременных группы III (4,6 %), 29 беременных группы I (14,9 %), 33 беременных группы II (17,3 %) оно значительно отклонялось от нормы в сторону укорочения.

Наибольшая активность фибриногена отмечена в группе II: на 10,5 % выше по сравнению с группой I на 6,1 % — по сравнению с группой II на 17,3 % по сравнению с группой III и на 18,1 % — по сравнению с контрольной группой, кроме того, в контрольной группе

доля пациенток с нарушением активности фибриногена составляла 7,1 %, в группе III — 9,2 %, в группе I — 19 %, в группе II — 29,8 %. Наибольшая агрегация тромбоцитов (МА), характеризующая плотность сгустка и обусловленная уровнем тромбоцитов и фибриногена, также отмечалась у беременных группы II.

Результаты сравнительного анализа данных доплерометрии

Известно, что маточный кровоток в том числе зависит от уровня прокоагуляционных факторов системы гемостаза. Для анализа взаимосвязи маточно-плацентарного кровообращения и наличия нарушений гемостаза было изучено с помощью ультразвуковой доплерометрии состояние кровотока в маточных артериях и артериях пуповины у 501 беременной пациентки совместно с исследованием системы гемостаза. Пациенткам I, II, III групп и группы контроля выполняли доплерометрию во II и III триместрах. Дисперсионный анализ результатов доплерометрии на 20–24 недели беременности выявил наличие статистически значимых различий между группами по систоло-диастолическому отношению в маточных артериях и индексу резистентности в артериях пуповины. Установлено, что наибольшие показатели, свидетельствующие о нарушении маточно-плацентарного и фетоплацентарного кровотока, были характерны для группы II — у женщин, поступивших под наблюдение во II триместре: в левой маточной артерии систоло-диастолическое отношение было выше на 30,7 % по сравнению с показателем в контрольной группе, индекс резистентности — на 46 %, пульсационный индекс — на 25 %, в правой маточной артерии — на 30,4 %, 39,2 и 27,4 % соответственно; в артериях пуповины — на 8,2 %, 22,9 % и 12,6 % соответственно.

Нарушение кровотока в маточных артериях и артериях пуповины плода, характеризующееся повышением систоло-диастолического отношения и индекса резистентности, имеет прямую связь с формированием плацентарной недостаточности и может в последствие привести к ЗРП и другим осложнениям.

У пациенток I и II групп, поступивших на сроки 8–16 и 16–24 недели беременности, у которых по данным лабораторных методов не было выраженной гиперкоагуляции, активность тромбоцитов находилась на верхней границе нормы, выявлялись начальные признаки ДВС-синдрома, была выявлена лишь тенденция к повышению систоло-диастолического отношения и индекса резистентности в маточных артериях и артериях пуповины у половины пациенток. В III группе женщин, предыдущая беременность которых была осложнена синдромом задержки внутриутробного роста плода, но под наблюдение они поступили на этапе прегравидарной подготовки по данным лабораторных методов состояние системы

гемостаза было сходным с пациентками контрольной группы, то есть не было обнаружено выраженной гиперкоагуляции, активность тромбоцитов находилась в пределах нормы. В этой группе по данным доплерометрии показатели статистически значимо не отличались от контрольных, лишь у 20,7 % женщин выявлена тенденция к повышению систоло-диастолического отношения и индекса резистентности.

Необходимо отметить, что нарушения маточно-плацентарного и фетоплацентарного кровотоков выявлены у пациенток с патологией системы гемостаза, что подтверждается данными корреляционного анализа. Причины патологического кровотока в маточных артериях связаны с явлениями декомпенсации адаптивных функций организма женщины к развивающейся беременности, приводящими к расстройству системного кровообращения.

Всем пациенткам, у которых была выявлена патологическая активация системы гемостаза и нарушения кровотока по данным доплерометрии назначалась противотромботическая профилактика. Применение препаратов низкомолекулярного гепарина начиналось, как только были выявлены признаки чрезмерной активации системы гемостаза: у пациенток III группы на стадии прегравидарной подготовки, у пациенток I группы в I триместре, у пациенток II группы — во II триместре. На фоне применения антикоагулянтов отмечена положительная динамика снижения маркеров активации гемостаза и агрегационной активности тромбоцитов с использованием различных индукторов. В I группе пациенток, которые поступили под наблюдение в сроке 8–16 триместра на фоне антикоагулянтной терапии была достигнута выраженная положительная динамика, гемодинамические показатели по данным доплерометрии статистически значимо не отличались от показателей контрольной группы.

В группе II, где были пациентки с факторами риска развития ЗРП, поступившие под наше наблюдение на сроке 16–24 недель, после начала терапии антикоагулянтами показатели активации системы гемостаза не достигли нормальных значений вплоть до родов. Значимых различий в показателях кровотока после начала терапии так же обнаружено не было. В III группе пациенток, имеющих в анамнезе беременность, осложненную развитием ЗРП, и получивших профилактическое лечение на прегравидарном этапе, антикоагулянтная терапия в минимальной профилактической дозе во время беременности. Статистически значимых различий по показателям доплерометрии с контрольной группой выявлено не было. Таким образом, выявлена зависимость состояния маточно-плацентарного и фето-плацентарного кровотоков от состояния системы гемостаза у женщин со средним или высоким риском развития ЗРП.

С целью профилактики развития патологии плода в программу обследования беременных целесообразно включать определение состояния системы гемостаза с ранних сроков беременности и совместно с этим проводить доплерометрию сосудов матки и плода. Для снижения риска развития неблагоприятных перинатальных исходов у беременных необходима комплексная антикоагулянтная терапия и динамическое наблюдение. Допплеровский скрининг маточных артерий у женщин с осложненной беременностью (патология системы гемостаза) может помочь оценить риск неблагоприятных исходов беременности и в перспективе снизить количество акушерских осложнений и перинатальных потерь.

Результаты сравнительного анализа состояния новорожденных детей

Все новорожденные под нашим наблюдением родились живыми. Случаев перинатальной и материнской случаев не наблюдалось. В обследуемых группах преждевременные роды произошли в 115 случаях (22,9 %), наибольшая их частота отмечалась в группе II — в 2,8 раз по сравнению с контрольной группой. В большинстве случаев роды прошли через естественные родовые пути, однако у 180 беременных (35,9 %) потребовалось оперативное родоразрешение путем кесарева сечения. Наиболее часто операции приходилось выполнять в группе II (в 7,1 раз по сравнению с контролем) в связи с нарастанием гемодинамических нарушений, появлением признаков гипоксии и задержки внутриутробного роста плода. Маловодие выявлено в 93 случаях (18,5 %), выход мекония в околоплодные воды — в 67 (13,5 %).

Наибольшие вес и рост новорожденных зафиксированы в контрольной группе, в группе I они были меньше на 18 % и 5,8 % соответственно, в группе II — на 24,9 % и 9,6, в группе III — на 6,9 % и 3,8 % соответственно. Признаки недоношенности выявлены у 80 (16,1 %) новорожденных, гипотрофии — у 146 (29,1 %), морфофункциональной незрелости — у 130 (25,9 %). ЗРП диагностирован у 139 новорожденных (27,7 %), причем в группе II в 2,5 раза чаще по сравнению с группой I, в 1,8 раз — по сравнению с группой II и в 3,5 раза чаще по сравнению с группой III.

Признаки ишемии центральной нервной системы выявлены у 441 новорожденного (88,1 %), что на 11,2 % чаще, чем в контрольной группе. Причем синдром угнетения диагностирован у 93 детей (18,7 %), что в 5,2 раза чаще по сравнению с контрольной группой. Более тяжелое состояние детей отмечалось в группе III, где по всем критериям выявлялись статистически значимые различия с контрольной группой.

Выводы

Существуют различные методы прогнозирования и ранней диагностики ЗРП. Однако, на 100 % диагностировать ЗРП можно только после рождения ребенка на основании комплексных данных, учитывающих длину и массу тела новорожденного, соответствие морфологической зрелости, гестационному сроку. Нарушение кровотока в маточных артериях является свидетельством плацентарных причин развития ЗРП, в связи, с чем необходимо раннее выявление групп риска по развитию плацентарной недостаточности и ЗРП. Особое внимание следует уделять акушерскому анамнезу: рождение в предыдущие беременности детей с ЗРП является показанием для дополнительного обследования и полноценной прегравидарной подготовки пациенток, планирующих беременность с целью минимизировать влияние факторов риска. Включение в анализ одновременно большего количества показателей повышает достоверность при формировании групп риска по этой патологии и делает мероприятия по профилактике ЗРП более эффективными.

Изучение системы гемостаза, выявление отклонений и своевременная их коррекция низкомолекулярными гепаринами позволяет снизить частоту развития плацентарной недостаточности. Изменение доплеровских показателей кровотока со II триместра в артериях пуповины и грудном отделе аорты, позволяют своевременно выявить гипоксию плода, начать мероприятия по ее коррекции, профилактировать ишемию центральной нервной системы и неврологические нарушения новорожденных и пролонгировать беременность до ее успешного завершения. Таким образом, позднее выявление высоких рисков ЗРП, отсутствие профилактики и коррекции гемодинамических и гемостазиологических нарушений в первые два триместра беременности приводят к преждевременному рождению маловесных детей с признаками гипотрофии, недоношенности, ЗРП, морфо-функциональной незрелости, что снижает адаптационные возможности новорожденных, сопротивляемость организма, вызывает отклонения в физическом, соматическом и нервно-психическом развитии ребенка в постнатальном периоде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров И.О., Юдина Е.В., Боровкова Е.И. Задержка роста плода. Москва: МЕДпресс-информ 2012.
2. Доброхотова Ю.Э., Джохадзе Л.С., Кузнецов П.А., Козлов П.В. Плацентарная недостаточность: Современный взгляд. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2019.
3. Стрижаков А.Н., Мирющенко М.М., Игнатко И.В., Попова Н.Г., Флорова В.С., Кузнецов А.С. Прогнозирование синдрома задержки роста плода у беременных высокого риска Акушерство и гинекология. — № 7. — С. 34–44.
4. Астафьева О.В., Асриянц М.А. Особенности миометрального кровотока у беременных на сроке с 7-й по 10-ю неделю с тромбофилией сложного генеза // Кубанский научный медицинский вестник. 2015. №5 — С. 9–12.
5. Дегтярева Е.А., Захарова О.А., Куфа М.А., Кантемирова М.Г., Радзинский В.Е. Эффективность прогнозирования и ранней диагностики задержки роста плода. Рос вестн перинатол и педиатр 2018; 63:(6): 37–45.
6. Deepak Sharma, Sweta Shastri, Nazanin Farahbakhsh, Pradeep Sharma. Intrauterine growth restriction — part 1 // The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine. — 2016. — №29. — P. 3977–3987.
7. Prerna Diksha, Permezel M., Pricard N. Why we miss fetal growth restriction: Identification of risk factors for severely growth-restricted fetuses remaining undelivered by 40 weeks gestation // ANZJOG. — 2018. — Vol 58, №6. — P. 674–680.
8. Kharrazi M., De Lorenze G.N., Kaufman F.L., et al. Environmental tobacco smoke and pregnancy outcome // Epidemiology Camb. — 2004. — №15. — P. 660–70.

© Кунешко Нарт Фарук (dnartfaruk@mail.ru); Ким Виктор Валерьевич (rikudo_96@mail.ru); Ершов Антон Валерьевич (Salavatprof@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ БЕРЕМЕННОСТИ В РУДИМЕНТАРНОМ РОГЕ: КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

PREGNANCY IN THE RUDITAL HORN: CASE REPORT

Yu. Kucherenko
D. Tolstihina
E. Ismailov
L. Mustafaeva
S. Bekirova

Summary. Pregnancy in a rudimentary horn is a rare pathology that does not have specific manifestations and therefore may be missed during screening and lead to serious consequences for a woman. A 32-year-old woman with a fourth pregnancy at the 6th week of gestation was hospitalized in the gynecology department, where a frozen pregnancy of 6 weeks was found. After the decision was made to urgently carry out the operation, preparations were made. During laparoscopy, an additional uterine horn was discovered, which was successfully cut off along with the frozen pregnancy and extracted in an endopackage. The diagnosis was confirmed histologically. Pregnancy with a rudimentary horn is an extremely rare cause of ectopic pregnancy and this case highlights the need for careful examination of pregnant women due to the lack of specific clinical manifestations for this pathology.

Keywords: uterus, anomalies, pregnancy, laparoscopy, rudimentary horn.

Кучеренко Юрий Анатольевич

Кандидат медицинских наук, доцент, Ордена Трудового
Красного Знамени Медицинский институт
им. С.И. Георгиевского, г. Симферополь
mitya.kucherenko.75@mail.ru

Толстихина Диана Михайловна

Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский
институт им. С.И. Георгиевского, г. Симферополь
alinka_fedorec96@mail.ru

Исмаилов Эльнар Мубиенович

Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский
институт им. С.И. Георгиевского, г. Симферополь
elnar_ismailov@bk.ru

Мустафаева Лиана Ремзиевна

Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский
институт им. С.И. Георгиевского, г. Симферополь
mustafaevalianka@gmail.com

Бекирова Сафие Сулеймановна

Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский
институт им. С.И. Георгиевского, г. Симферополь
Sofus1806@mail.ru

Аннотация. Беременность в рудиментарном роге — это редко встречающаяся патология, которая не имеет специфических проявлений и ввиду этого может быть упущена при скрининге и привести к тяжелым последствиям для женщины. 32-летняя женщина с четвертой беременностью на 6-й неделе гестации была госпитализирована в отделение гинекологии, где обнаружили замершую беременность 6 недель. После принятого решения в экстренном порядке проводить операцию, была выполнена подготовка. Во время лапароскопии был обнаружен добавочный рог матки, который был успешно отсечен вместе с замершей беременностью и извлечен в эндопакете. Диагноз был подтвержден гистологически. Беременность с рудиментарным рогом является крайне редкой причиной внематочной беременности и данный случай подчеркивает необходимость тщательного обследования беременных женщин в виду отсутствия специфических клинических проявлений для данной патологии.

Ключевые слова: матка, anomalies, беременность, лапароскопия, рудиментарный рог.

Введение

Рудиментарная беременность является чрезвычайно редкой причиной внематочной беременности, распространенность которой колеблется от 1:76000 до 150000 всех беременностей [1, 2]. Обычно диагноз упускается из виду и может представлять собой неотложную помощь с гемоперитонеумом [3]. Стандартным лечением является хирургическое иссечение рога [4]. Рудиментарный рог матки является врожденной аномалией, возникающей в результате неполного одностороннего развития мюллерова протока и неполного слияния

с нормальной контралатеральной стороной [5]. Беременность в рудиментарном роге — чрезвычайно редкая аномалия, которую трудно диагностировать из-за отсутствия специфической клинической картины и снижения чувствительности УЗИ по мере развития беременности [6]. Под руководством хорошего сонографа ультразвуковое исследование в первом триместре является идеальным инструментом для постановки данного диагноза [7]. МРТ более чувствительна в диагностике внематочной беременности при всех гестациях, ее использование часто ограничено не только противоречивым мнением о данном исследовании при беременности, но и доступ-

ностью, особенно в городах с низким уровнем дохода, а также отсутствием осведомленности и клиническим подозрением о существовании беременности в рудиментарном роге даже в развитых странах [8].

Беременность с рудиментарным рогом является крайне редкой причиной внематочной беременности. Ее клинические проявления перекликаются с абдоминальной беременностью, при этом пациентки часто не имеют симптомов на ранних сроках беременности с появлением болей в животе на более поздних сроках беременности, которые усиливаются по мере развития беременности [9]. Ключом к диагностике до разрыва является высокий индекс клинического подозрения. Наличие тяжелой дисменореи в анамнезе может быть ключом к постановке диагноза [10]. Однако рудиментарный рог может быть недоразвит, а его эндометрий нефункционален, поэтому дисменорея может отсутствовать [11]. Тщательный гинекологический осмотр в первом триместре, выявляющий отклонение матки с пальпируемым образованием в придатках, должен вызвать подозрение на мюллерову аномалию. Это можно подтвердить с помощью УЗИ или МРТ [12]. Ультразвуковая чувствительность составляет 26 %. Увеличивающийся рог с истонченным миометрием может скрывать соседние анатомические структуры, а чувствительность еще больше снижается по мере развития беременности. МРТ является важным диагностическим инструментом в данном случае.

Приблизительно у 38 % пациентов имеются сопутствующие почечные аномалии. Наиболее часто встречается односторонняя агенезия почек — это почти всегда ипсилатерально с рудиментарным рогом [13]. Дифференциальный диагноз включает трубную, роговичную или внутриматочную беременность при двурогой матке. Различия в толщине миометрия в двух рогах и заметное расстояние между ними свидетельствуют в пользу диагноза рудиментарной роговой беременности [14]. Непрерывность между эндометрием, выстилающим плодный мешок, и другим рогом матки типична для беременности при двурогой матке. В данном случае диагноз первоначально был пропущен, вероятно, из-за отсутствия клинических подозрений.

Немедленная операция рекомендуется всякий раз, когда ставится диагноз беременности в рудиментарном роге. Традиционным лечением является лапаротомия и хирургическое удаление беременного рога для предотвращения разрыва и повторной беременности рудиментарного рога [15]. В последние годы большинство случаев были успешно вылечены с помощью лапароскопии с использованием различных методов. Некоторые авторы описывают системное введение метотрексата или фетидид с внутрисердечным введением хлорида калия в качестве альтернативы или дополнения

к хирургическому вмешательству на ранних сроках беременности. Консервативное лечение до установления жизнеспособности рекомендуется в отдельных случаях с большими массами миометрия. Экстренная операция может быть выполнена в любое время. Во всех таких случаях пациент должен быть проинформирован о рисках состояния, а также о вариантах их лечения.

Клинический случай

32-летняя женщина с четвертой беременностью на 6-й неделе гестации была госпитализирована в отделение гинекологии в Керченской ЦРБ, где произвели УЗИ органов малого таза (ОМТ) и обнаружили замершую беременность 6 недель, после чего пациентку перевели в ГБУЗ РК СКБ им Н. А. Семашко с жалобами на тянущие боли внизу живота. В анамнезе у больной было 3 беременности, из них 3 кесарево сечение (2013, 2017, 2018 гг.), в связи с наличием узкого таза. Данная беременность протекала с перманентными тянущими болями, на что пациентка не обращала внимания.

Гепатиты, ВИЧ, сифилис, туберкулез в анамнезе отсутствуют. Гемотрансфузии не проводились. Наследственность и аллергоанамнез не отягощены. Больная длительно болеет анемией 1 степени. При поступлении общее состояние больной удовлетворительное. Молочные железы без патологии. Регионарные лимфоузлы не увеличены. Кожные покровы бледно-розовые, чистые. Пульс — 76 ритмичный, АД 120/80 мм рт.ст. Сердце: тоны ясные, ритмичные. Легкие: дыхание везикулярное, хрипов нет. Живот мягкий, безболезненный. Печень не увеличена. Мочеиспускание свободное, безболезненное. Симптом Пастернацкого отрицательный с обеих сторон. Осмотр в зеркалах показал, что слизистая влагалища, шейка матки соответствуют возрасту, их состояние в норме. Тело матки увеличено, размягчено, что соответствует 6 неделям беременности.

После осмотра пациентки заведующим отделением было принято решение об оперативном лечении в экстренном порядке. Больной под эндотрахеальным наркозом в асептических условиях наложен пневмоперитонеум при 16 мм рт.ст. В брюшную полость были введены лапароскоп и манипулятор слева. При ревизии ОМТ в брюшной полости был обнаружен — добавочный рог матки слева с беременностью 6–7 недель. Справа маточная труба и яичник 3*4 см без особенностей. Слева круглая и собственно яичниковые связки отходят от добавочного рога, левая маточная труба и яичник 2*3 см. без особенностей. Стенки добавочного рога матки синюшные, истончены, напряжены, с множественной сосудистой сетью. Биполярным электродом прокоагулированы круглая и собственно яичниковые связки слева. Наложены викриловый шов на границе матки и добавочного рога. Добавочный рог с беременностью отсечен, полный

гемостаз биполярном. Добавочный рог удален из брюшной полости в эндопакете. Брюшная полость промыта физиологическим раствором, дренирована справа. На кожу наложены швы. Кровопотеря во время операции была до 300 мл. Длительность операции: 95 минут. Послеоперационный период протекал без осложнений, больная была выписана на девятые сутки. Гистологическое исследование подтвердило диагноз.

Результаты проведенных исследований:

РГ ОГК от 22.02.2023 г №42 ЭОД-0,006 мЗв: без патологии.

ЭКГ от 24.04.2023 г: нормальное положение ЭОС, синусовый ритм с ЧСС 79 в мин.

Сахар крови 3,9 моль/л. от 24. 04.2023 г.

Группа крови 0 (1) отрицательная от 24.04.2023 г.

Тест на КОВИД— отрицательный от 24.04.2023 г.

Кровь на РВ — отрицательная 25.04.2023 г.

Маркеры вирусных гепатитов HBs Ag и HCV — отрицательные от 25.04.2023 г.

Кровь на АТ к ВИЧ — отрицательная от 25.04.2023 г.

Биохимия от 25.04.2023 г: АЛТ — 9,3 АСТ — 10,9; билирубин общий — 8,5; прямой — 2,0; непрямой — 6,5 мкмоль; мочевины — 3,7; креатинин — 72; общий белок — 67 г/л.

Мазок на флору от 25.04.2023 г: эпителий — покрывает поле зрения; лейкоциты 2–4 в поле зрения; флора — ед. кокки, обнаружены нити мицеллия.

Мазок на атипичные клетки от 25.04.2023 г: онкопатологии не обнаружено.

УЗИ ОМТ от 25.04.2023 г: неразвивающаяся левосторонняя трубная беременность. Коагулограмма от 27.04.2023г: ПТИ — 94,5 %; МНО 1,08; Протромбиновое время — 14,3; АЧТВ — 29,4; фибриноген А — 2,55 г/л.

Общий анализ крови от 01.05.2023 г: Нв — 113 г; Эритроциты — 3,69; ЦП — 0,85; Гематокрит — 29 %; Лейкоциты — 4,9; Тромбоциты — 240; СОЭ — 24 мм в час.; Палочкоядерные — 12; Сегментоядерные — 51; Эозинофины — 3; Лимфоциты — 26; Моноциты — 8.

Общий анализ мочи от 01.05.2023 г: уд. Вес — 1012; среда — кислая; белок — отрицательный; глюкоза — отрицательная; эпителий плоский — в небольшом количестве в поле зрения; лейкоциты — 3–4 в поле зрения.

Заключение

Редкость беременности с рудиментарным рогом в сочетании с отсутствием отчетливой клинической картины и сниженной сонографической чувствительностью по мере развития беременности затрудняют для клиницистов дифференциальную диагностику беременности с рудиментарным рогом от абдоминальной беременности. УЗИ в первом триместре необходимо проводить всем беременным женщинам для определения места беременности. МРТ является методом выбора, позволяющим дифференцировать беременность рудиментарного рога от брюшной беременности на поздних сроках гестации. Этот случай подчеркивает необходимость высокого клинического подозрения на это редкое заболевание.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yassin A, Munaza S, Mohammed A. Tale of rudimentary horn pregnancy: case reports and literature review. *J Matern Neonatal Med.* 2019;32(4):671–6. <https://doi.org/10.1080/14767058.2017.1387533>
2. Tesemma MG. Pregnancy in noncommunicating rudimentary horn of unicornuate uterus: a case report and review of the literature. *Case Rep Obstet Gynecol.* 2019;2019: 1489751 doi:10.1155/2019/1489751
3. Al Qarni AA, Al-Braikan N, Al-Hanbali MM, Alharmaly AH. Rupture rudimentary horn pregnancy at 31 week. *Saudi Med J.* 2017;38(2):201–203. doi:10.15537/smj.2017.2.16016
4. Bruand M, Thubert T, Winer N, Gueudry P, Dochez V. Rupture of non-communicating rudimentary horn of uterus at 12 weeks' gestation. *Cureus.* 2020;12(3):e7191. doi: 10.7759/cureus.7191
5. Li X, Peng P, Liu X, Chen W, Liu J, Yang J, et al. The pregnancy outcomes of patients with rudimentary uterine horn: a 30-year experience. *PLoS One.* 2019;14(1):e0210788. doi: 10.1371/journal.pone.0210788
6. Siwatch S, Mehra R, Pandher DK, Huria A. Rudimentary horn pregnancy: a 10-year experience and review of literature. *Arch Gynecol Obstet.* 2013;287(4):687–695. doi:10.1007/s00404-012-2625-7
7. Dhanawat J, Pape J, Stuhlmann-Laeisz C, Maass N, Freytag D, Gitas G, et al. Ectopic pregnancy in noncommunicating horn of unicornuate uterus: 3D-ultrasound and primary laparoscopic management. *Clin Case Rep.* 2021;9(5):e04261. doi: 10.1002/ccr3.4261
8. Brady PC, Molina RL, Muto MG, Stapp B, Srouji SS. Diagnosis and management of a heterotopic pregnancy and ruptured rudimentary uterine horn. *Fertil Res Pract.* 2018;4(1):6. doi:10.1186/s40738-018-0051-7

9. Zhang DD, Gao Y, Lang JH, Zhu L. Diagnosis and treatment of rudimentary horn pregnancy: analysis of eleven cases. *Chin Med J.* 2018;131(24):3012–3014. doi: 10.4103/0366-6999.247200
10. Zhang Y, Pang Y, Zhang X, Zhao Z, Liu P. Full-term pregnancy in a rudimentary horn with a live fetus: a case report. *Medicine (Baltimore).* 2020;99(34): e21604. doi: 10.1097/MD.00000000000021604
11. Supermaniam S, Thye WL. Diagnosis and laparoscopic excision of accessory cavitated uterine mass in young women: two case reports. *Case Rep Womens Health.* 2020;26:e00187. doi:10.1016/j.crwh.2020.e00187
12. Ogbole GI, Adeyomoye AO, Badu-Pepurah A, Mensah Y, Nzeh DA. Survey of magnetic resonance imaging availability in West Africa. *Pan Afr Med J.* 2018;30:240. doi: 10.11604/pamj.2018.30.240.14000
13. Chatzioannidou K, Fehlmann A, Dubuisson J. Case report: laparoscopic management of an ectopic pregnancy in a rudimentary non-communicating uterine horn. *Front Surg.* 2020;7:582954. doi:10.3389/fsurg.2020.582954
14. Sharma D, Usha MG, Gaikwad R, Sudha S. Laparoscopic resection of unruptured rudimentary horn pregnancy. *J Gynecol Endosc Surg.* 2011;2(2):101–104. doi:10.4103/0974-1216.114161
15. Houmaid H, Hilali A. Rupture of rudimentary horn pregnancy at 16 weeks of gestation. *Case Rep Obstet Gynecol.* 2021;2021:8829053. . doi:10.1155/2021/8829053

© Кучеренко Юрий Анатольевич (mitya.kucherenko.75@mail.ru); Толстихина Диана Михайловна (alinka_fedorec96@mail.ru);
Исмаилов Эльнар Мубиенович (elnar_ismailov@bk.ru); Мустафаева Лиана Ремзиевна (mustafaevalianka@gmail.com);
Бекирова Сафие Сулеймановна (Sofus1806@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОЦЕНКА ПЕРЕДНЕ-ЗАДНЕГО ПОЛОЖЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНЫХ РЕЗЦОВ ВЕРХНЕЙ ЧЕЛЮСТИ ОТНОСИТЕЛЬНО КЛИНИЧЕСКОГО ЛБА

ASSESSMENT OF THE ANTERO- POSTERIOR POSITION OF THE CENTRAL INCISORS OF THE UPPER JAW RELATIVE TO THE CLINICAL FOREHEAD

**D. Orlovskiy
Iu. Orlovskaya
S. Bessonov**

Summary. The most harmonious faces are possessed by people whose central incisors of the upper jaw are located within the antero-posterior boundaries, which individually depend on the clinical shape of the forehead. *Research objectives.* To compare the antero-posterior positions of the central incisors of the upper jaw relative to the clinical forehead in adults who have not had orthodontic treatment with people after orthodontic intervention. *Material and methods of research.* The study involved 198 adults who, based on a questionnaire, were divided into two groups — those who did not undergo orthodontic treatment and those who underwent orthodontic treatment. Depending on the shape of the forehead, individual boundaries of the location of the central incisors of the upper jaw were determined on the lateral telerecognogram of the head and the location of the incisors within these boundaries was evaluated. *The results of the study.* Compared with people in the control group, people after undergoing orthodontic treatment mostly had the position of the central incisors outside the natural boundaries. *conclusions.* Natural anterior-posterior boundaries are qualitative goals for normalization of the anterior-posterior position of the central incisors of the upper jaw during orthodontic and/or orthognathic treatment.

Keywords: clinical forehead, orthodontic treatment, FALL, GALL.

Орловский Дмитрий Русланович

Главный врач, врач-ортодонт, Клиника Ортодонтии
MOSORTO им. Лоуренса Эндрюса
orthodont@inbox.ru

Орловская Юлия Евгеньевна

Врач-ортодонт, Клиника Ортодонтии MOSORTO им.
Лоуренса Эндрюса
orthodont@inbox.ru

Бессонов Сергей Николаевич

Доктор медицинских наук, Федеральное
государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Ярославский
государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
smile12000@mail.ru

Аннотация. Наиболее гармоничными лицами обладают люди, у которых центральные резцы верхней челюсти находятся в пределах передне-задних границ, которые индивидуально зависят от клинической формы лба. *Цели исследования.* Сравнить передне-заднее положения центральных резцов верхней челюсти относительно клинического лба у взрослых людей, которым не проводилось ортодонтическое лечение с людьми после ортодонтического вмешательства. *Материалы и методы исследования.* В исследовании приняли участие 198 взрослых людей, которые на основе анкетирования были разделены на две группы — не проходившие ортодонтическое лечение и проходившие ортодонтическое лечение. В зависимости от формы лба на боковой телерецнограмме головы определялись индивидуальные границы расположения центральных резцов верхней челюсти и проводилась оценка расположения резцов в этих границах. *Результаты исследования.* По сравнению с людьми контрольной группой, люди после прохождения ортодонтического лечения, в основном имели положение центральных резцов вне природных границ. *Выводы.* Природные передне-задние границы, являются качественными целями для нормализации передне-заднего положения центральных резцов верхней челюсти при проведении ортодонтического и/или ортогнатического лечения.

Ключевые слова: клинический лоб, ортодонтическое лечение, FALL, GALL.

В исследовании, которое приводит доктор Лоуренс Эндрюс (Lawrence F. Andrews) [1], наиболее гармоничными лицами обладают люди, у которых центральные резцы верхней челюсти находятся в пределах индивидуальных границ, между лобной линией переднего лимита — (Forehead Anterior Limit Line, FALL) и целевой линией переднего лимита (Goal Anterior Limit Line, GALL). Индивидуальные границы оптимального расположения центральных резцов верхней челюсти у человека определяет форма клинического лба. Фактически, форма лба определяет оптимальное передне-заднее по-

ложение центральных резцов верхней челюсти, а значит и самой верхней челюсти. Данная концепция легла в основу Элемента II (оптимальное передне-заднее положение челюстей) в философии "Шести Элементов Орофациальной Гармонии".

В зависимости от формы, лоб делится на прямой, круглый и угловой (Рис. 1).

При прямой форме лба клинический часть определяется расстоянием между точкой trichion (Т) и точкой glabella (G) (Рис. 2-А).

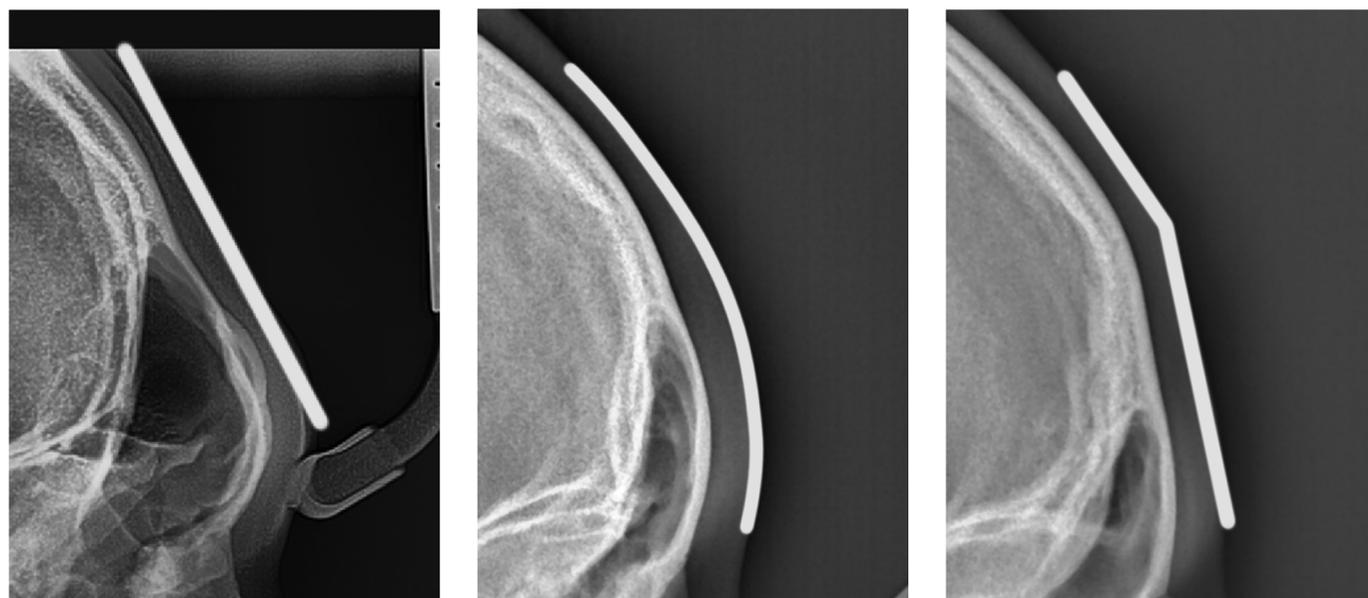


Рис. 1. Разновидности форма лба человека. А — прямой, Б — круглый, В — угловой

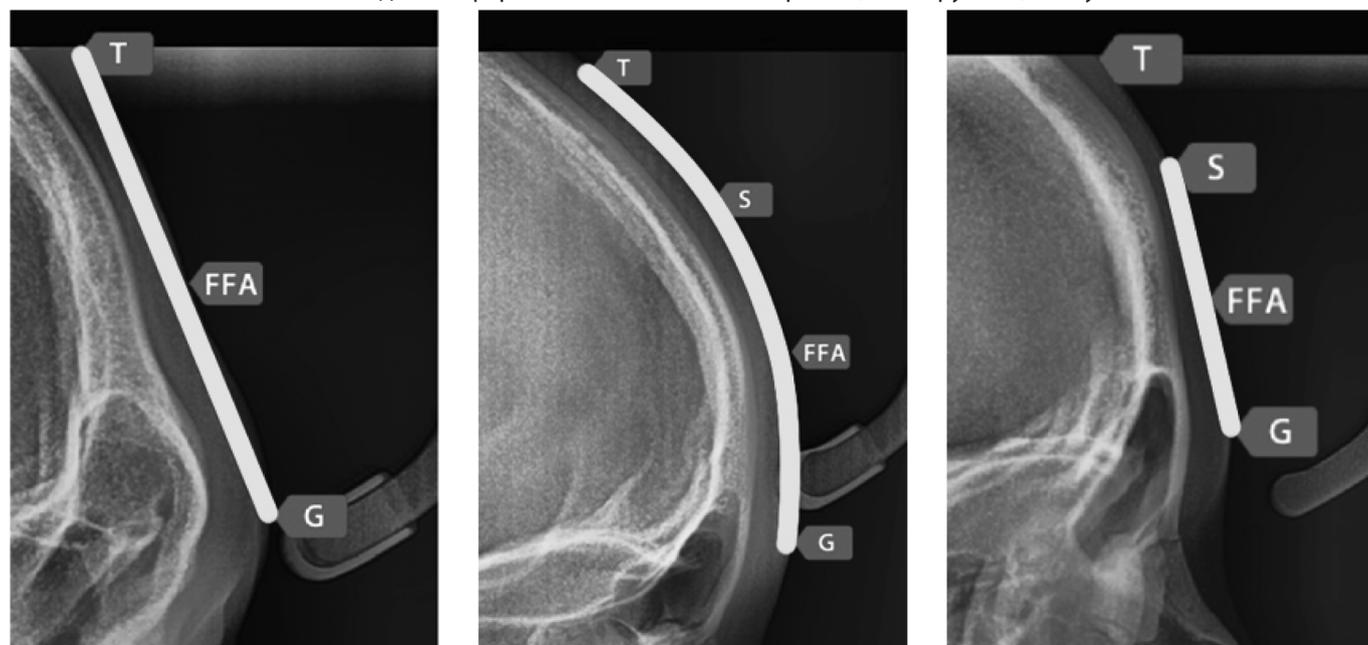


Рис. 2. Клиническая часть лба в зависимости от формы. А — при прямой форме, клиническая часть определяется расстоянием между точками Т и G; Б — при круглой форме лба, клиническая часть так же находится между точками Т и G; В — при угловой форме лба, клиническая часть определяется расстоянием между точками S и G

Середину этого расстояния по внешней поверхности лба будет разделять точка FFA (foreheas's facial axis). Линия проведённая через точку G параллельно фронтальной плоскости головы будет обозначать переднюю границу нахождения резцов верхней челюсти — линию GALL (Goal Anterior Limit Line). Линия проведённая, через точку FFA параллельную линии GALL и, соответственно, параллельную фронтальной плоскости головы образует заднюю границу нахождения центральных резцов верхней челюсти — линия FALL (Forehead Anterior Limit Line) (Рис. 3-А).

При круглой форме лба клинической частью также определяется расстоянием между точкой Т и точкой G (Рис. 2-Б). Расстояние по внешней поверхности лба будет разделено точкой S и точкой FFA на равноудалённом расстоянии друг от друга в соотношении 1/3. Линия проведённая через точку G параллельно фронтальной плоскости головы будет образовывать переднюю границу нахождения резцов верхней челюсти — линию GALL. Линия проведённая, через точку FFA параллельную линии GALL и, соответственно, параллельную фронтальной плоскости

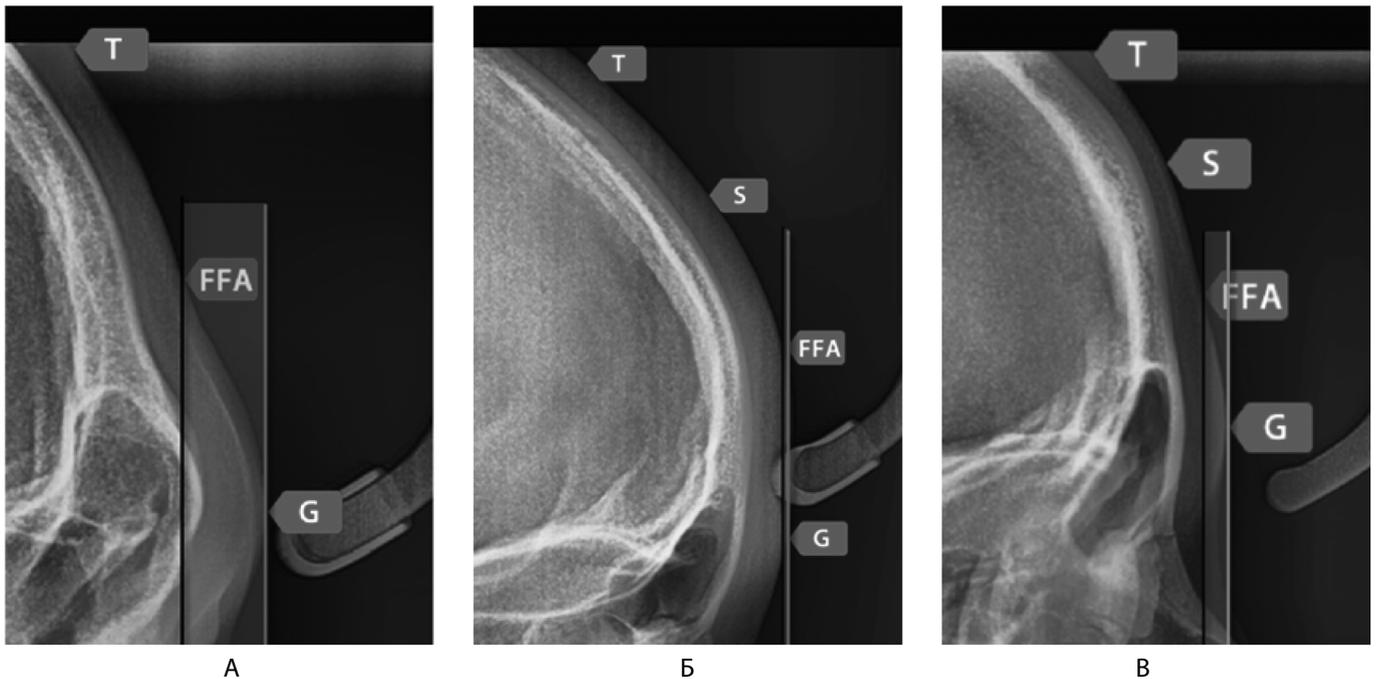


Рис. 3. Индивидуальные границы расположения центральных резцов верхней челюсти в зависимости от формы лба. А — границы при прямой форме лба, Б — границы при круглой форме лба, В — границы при угловой форме лба

головы образует заднюю границу нахождения центральных резцов верхней челюсти — линия FALL (Рис. 3-Б).

При угловой форме лба клиническая часть определяется расстоянием между точкой S и точкой G (Рис.2-В). Середину этого расстояния по внешней поверхности лба будет разделять точка FFA. Линия проведенная через точку G параллельно фронтальной плоскости головы будет обозначать переднюю границу нахождения резцов верхней челюсти — линия GALL. Линия проведенная, через точку FFA параллельную линии GALL и, соответственно, параллельную фронтальной плоскости головы образует заднюю границу нахождения центральных резцов верхней челюсти — линия FALL (Рис. 3-В).

Анализ передне-заднего положения центральных резцов верхней челюсти относительно лба у людей, которые не проходили ортодонтическое лечение и у людей, которые прошли ортодонтическое лечение проводился среди взрослого населения в разных странах мира [2, 3], однако среди населения России такого анализа не проводилось.

Цели и задачи исследования

Целью данного исследования стала оценка передне-заднего положения центральных резцов верхней челюсти относительно клинического лба у взрослых людей в России, у которых не проводилось ортодонтическое лечение и у которых ранее были ортодонтические вмешательства.

Задача состояла в определении индивидуальных границ нахождения центральных резцов верхней челюсти каждого человека, который принимал участие в исследовании, а также определение частоты встречаемости расположения центральных резцов верхней челюсти в своих индивидуальных границах у людей, у которых не проводилось ортодонтическое лечение и у которых ранее были ортодонтические вмешательства.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на базе Клиники Ортодонтии «MOSORTO» им. Лоуренса Эндрюса в городе Москва Российской Федерации в течении двух лет (в период с 1 декабря 2021 года по 1 декабря 2023).

С целью выявления факта прохождения или не прохождения ортодонтического лечения проводилось анкетирование людей. Для оценки формы лба и определения клинического лба проводился клинический осмотр. Для определения индивидуальных границ нахождения центральных резцов верхней челюсти использовались боковые телерентгенограммы головы в боковой проекции и новая программа для компьютерной диагностики зубочелюстно-лицевых аномалий bElementsONLINE.

Всего в исследовании приняли участие 198 взрослых людей, возраст которых составлял от 20 до 68 лет. На основе анкетирования все исследуемые люди были разделены на две группы.

В первую группу вошли 95 человек, которые ранее проходили ортодонтическое лечение в детском или взрослом возрасте. Целью обращения в клинику та-

ких пациентов было: неудовлетворительный результат предыдущего ортодонтического лечения в результате недолечивания и/или рецидива, а также контрольный осмотр в ретенционном периоде ранее проведённого ортодонтического лечения. Простыми словами, первую группу составляли люди, где проводилось какое-либо вмешательство с целью изменение положения зубов и/или челюстей с помощью специалиста (врача-ортодонта и/или челюстно-лицевого хирурга).

Вторую группу (контрольную) составили 103 человека, которые ранее никогда не проходили ортодон-

тическое лечение. В данную группу были включены люди, которые впервые обратились за ортодонтической помощью, то есть имеющие зубочелюстно-лицевые аномалии, а также люди, которые не имели зубочелюстно-лицевых аномалий и были приглашены в клинику для профилактического стоматологического осмотра. Другими словами, у таких людей не проводилось каких-либо вмешательств с целью изменения положений зубов и/или челюстей с помощью специалиста (врача-ортодонта и/или челюстно-лицевого хирурга).

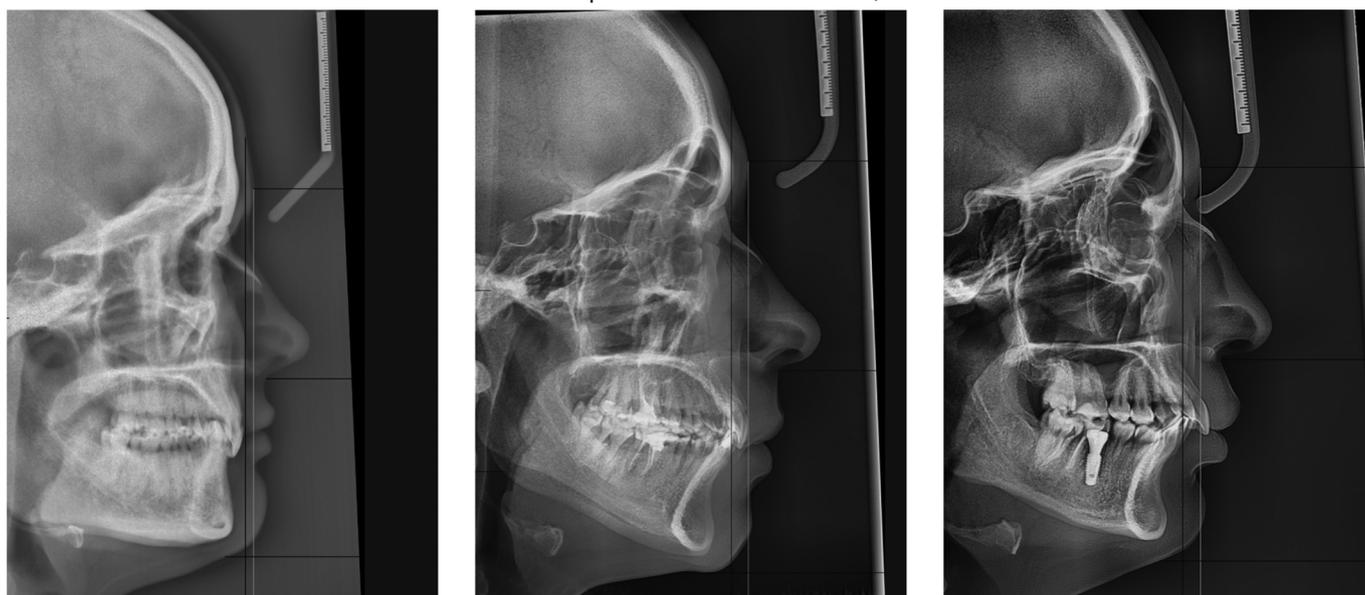


9,5%

37,9%

52,6%

Рис. 4. Распределение людей на подгруппы в первой группе (люди, которые ранее проходили ортодонтическое и/или ортогнатическое лечение)



6,8%

83,5%

9,7%

Рис. 5. Распределение людей на подгруппы во второй (контрольной) группе (люди, которые никогда не проходили ортодонтическое и/или ортогнатическое лечение)

На основе клинического суждения нахождения центра клинической коронки верхних центральных резцов — точки FA (facial axis point) относительно целевой передней линии лимита (передней границы нахождения резцов верхней челюсти) — линии GALL, данные переносились на боковую телерентгенограмму головы в новой программе для компьютерной диагностики зубочелюстно-лицевых аномалий 6ElementsONLINE. Путём расстановки соответствующих точек в программе в зависимости от формы лба определялись индивидуальные границы расположения центральных резцов верхней челюсти и проводилась оценка расположения резцов в этих границах.

В соответствии с полученными данными, все люди были разделены на три подгруппы в каждой группе. В первую подгруппу входили люди, у которых верхние центральные резцы не доходили до своей индивидуальной границы (находились до линии FALL). Во вторую подгруппу определялись люди, у которых верхние центральные резцы находились в рамках своих индивидуальных границ (находились между линиями FALL и GALL) и третью подгруппу составляли люди, у которых верхние центральные резцы находились впереди своей индивидуальной границы (выходили за пределы GALL).

Результаты исследования

В результате анализа распределение людей в первой группе было следующим: У 9 человек (9,5 %) центральные резцы верхней челюсти не доходили до индивидуальных границ, то есть находились до линии FALL. 36 человек (37,9 %) имели расположение центральных резцов верхней челюсти между линиями FALL и GALL, то есть в индивидуальных границах. У 50 человек (52,6 %) центральные резцы верхней челюсти выходили за пределы индивидуальных границ, то есть располагались впереди линии GALL (Рис. 4).

По данным анализа распределение людей во второй (контрольной) группе было следующим: У 7 человек (6,8 %) центральные резцы верхней челюсти не доходили до индивидуальных границ, то есть находились до линии FALL. 86 человек (83,5 %) имели расположение центральных резцов верхней челюсти между линиями FALL и GALL, то есть в индивидуальных границах. У 10 человек (9,7 %) центральные резцы верхней челюсти выходили за пределы индивидуальных границ, то есть располагались впереди линии GALL (Рис. 5).

Выводы

1. Большая часть людей, у которых проводилось вмешательство с целью изменения положения зубов и/или челюстей с помощью специалиста (ортодонта и/или челюстно-лицевого хирурга) имели положение центральных резцов верхней челюсти вне границ FALL и GALL.
2. Результаты исследования подтверждают с высокой степенью достоверности обнаруженные ранее доктором Лоуренсом Эндрюсом природные границы нахождения центральных резцов верхней челюсти человека — большая часть людей, у которых не проводилось вмешательства с целью изменения положения зубов и/или челюстей с помощью специалиста (ортодонтами и/или челюстно-лицевыми хирургами) имели положение центральных резцов верхней челюсти в пределах границ FALL и GALL. Эта характеристика прослеживалась не зависимо от расы, возраста или половой принадлежности людей, принимающих участие в исследовании.
3. Следовательно, эти природные границы, являются качественными целями для нормализации передне-заднего положения центральных резцов верхней челюсти при проведении ортодонтического и/или ортогнатического лечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lawrence F. Andrews. The 6-elements orthodontic philosophy: Treatment goals, classification, and rules for treating. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, December 2015, Vol 148, Issue 6
2. Maggie Adams, Will Andrews, Timothy Tremont, Chris Martin, Thomas Razmus, Erdogan Gunel, Peter Ngan. Anteroposterior relationship of the maxillary central incisors to the forehead in adult white males. Orthodontics: the Art and Practice of Dentofacial Enhancement. May 2013, 14(1):e2–e9
3. Nandalal G Toshniwal, Amit Jaikumar Ajmera. Assessing the AP Position of Maxillary Central Incisor using Forehead: A Smiling Profile Photographic Study. The Journal of Indian Orthodontic Society. October 2012. 46(4):188–192

© Орловский Дмитрий Русланович (orthodont@inbox.ru); Орловская Юлия Евгеньевна (orthodont@inbox.ru); Бессонов Сергей Николаевич (smile12000@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИЗМЕРЕНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО ЛБА И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПЕРЕДНЕ-ЗАДНИХ ГРАНИЦ НАХОЖДЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНЫХ РЕЗЦОВ ВЕРХНЕЙ ЧЕЛЮСТИ ПО 3D МОДЕЛИ ЛИЦА

MEASUREMENT OF THE CLINICAL FOREHEAD AND DETERMINATION OF THE INDIVIDUAL ANTERO-POSTERIOR BOUNDARIES OF THE CENTRAL INCISORS OF THE UPPER JAW USING A 3D MODEL OF THE FACE

**D. Orlovskiy
S. Bessonov
Ia. Shorstov**

Summary. The soft tissues of the forehead are the least changeable part of the human face. Thus, the forehead can be a qualitative extracranial reference point for determining the anterior-posterior position of the jaws. *The goals and objectives of the study.* To compare the computer method for determining the individual anterior-posterior boundaries of the central incisors of the upper jaw with the X-ray method for determining the boundaries from the lateral teleregentogram of the head. *Materials and methods of research.* Patients participating in the study underwent 3D facial scanning and lateral teleregentography of the head. The clinical forehead was measured for all patients and the individual antero-posterior boundaries of the central incisors of the upper jaw were determined using a 3D model of the face and a lateral radiograph. The results were compared. *The results of the study.* As a result of the analysis of the data obtained by the X-ray method using the lateral teleregentogram of the head and the data obtained by the computer method using the 3D model of the face, no statistically significant difference was found ($p < 0.05$). *Conclusions.* The computer method based on a 3D model of the face is a reliable method for measuring the clinical forehead and determining the individual antero-posterior boundaries of the location of the FA point of the central incisors of the upper jaw.

Keywords: clinical forehead, 3D model of the face, extracranial landmarks.

Орловский Дмитрий Русланович

Главный врач, врач-ортодонт, Клиника Ортодонтии
MOSORTO им. Лоуренса Эндрюса
orthodont@inbox.ru

Бессонов Сергей Николаевич

Доктор медицинских наук, Федеральное
государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Ярославский
государственный медицинский университет»

Министерства здравоохранения Российской Федерации
smile12000@mail.ru

Шорстов Яков Викторович

Кандидат медицинских наук, Челюстно-лицевой
хирург, Отделение реконструктивной и пластической
хирургии МНОЦ МГУ им. М.В. Ломоносова
shorstov-yakov@yandex.ru

Аннотация. Мягкие ткани лба является в наименьшей степени изменяемой частью лица человека. Таким образом лоб, может быть качественным экстракраниальным ориентиром для определения передне-заднего положения челюстей. *Цели и задачи исследования.* Сравнить компьютерный метод определения индивидуальных передне-задних границ нахождения центральных резцов верхней челюсти с рентгенологическим методом определения границ по боковой телерентгенограмме головы. *Материалы и методы исследования.* Пациентам, участвующим в исследовании проводилось 3D сканирование лица и боковая телерентгенография головы. Всем пациентам измерялся клинический лоб и определялись индивидуальные передне-задние границы нахождения центральных резцов верхней челюсти по 3D модели лица и боковой рентгенограмме. *Результаты исследования.* В результате анализа данных, полученных при рентгенологическом методе по боковой телерентгенограмме головы и данных, полученных компьютерным методом по 3D модели лица не было обнаружено статистически значимой разницы ($p < 0.05$). *Выводы.* Компьютерный метод по 3D модели лица является надёжным методом для измерения клинического лба и определения индивидуальных передне-задних границ расположения точки FA центральных резцов верхней челюсти.

Ключевые слова: клинический лоб, 3D модель лица, экстракраниальные ориентиры.

Введение

С 1990-х годов научное общество в области ортодонтии и челюстно-лицевой хирургии во всём мире активно стало искать качественные ориентиры для определения оптимального передне-заднего положения челюстей [4,5]. Данные ориентиры позволили бы,

в конечном счёте, привести к стандартизации всех исследований, проводимых пациенту.

Внутричерепные (интракраниальные) ориентиры со временем показали свою нестабильность, поэтому такие ориентиры не могут быть использованы для оценки нахождения челюстей в пространстве черепа. Поэтому

внечерепные (экстракраниальные) ориентиры становятся новым направлением изучения данного вопроса [3,6].

Однако, мягкие ткани носа не могут рассматриваться как стабильными, так как часто, человек может проводить хирургическую операцию с целью устранения деформация перегородки носа или изменения самой формы носа.

Губы, так же, не могут служить качественным экстракраниальным ориентиром для оценки положения челюстей, так как еще более чаще, чем нос, подвергаются изменениям формы.

Верхняя часть лица, в частности лоб, является в наименьшей степени изменяемой частью лица. Таким образом лоб, может быть качественным экстракраниальным ориентиром для определения передне-заднего положения челюстей человека. И действительно, через взаимоотношение клинической (видимой при клиническом осмотре) части лба с центом клинической коронки (точки FA) центральных резцов верхней челюсти, можно делать суждение о передне-заднем положении челюстей человека [1].

Использование ручного метода измерения клинического лба и перенос клинических данных на обрисовку боковой телерентгенограммы не всегда удобен. Он требует наличия гибкой линейки для измерения на мягких тканях лба пациента и выполнение пациентом рентгеновского снимка — боковой телерентгенограммы.

Цели и задачи исследования

Апробировать компьютерный модуль для 3D модели лица компьютерной программы для измерения клинического лба и определения индивидуальных передне-задних границ нахождения точки FA верхних центральных

резцов. Сравнить компьютерный метод определения индивидуальных передне-задних границ нахождения центральных резцов верхней челюсти с рентгенологическим методом определения границ по боковой телерентгенограмме головы.

Материалы и методы исследования

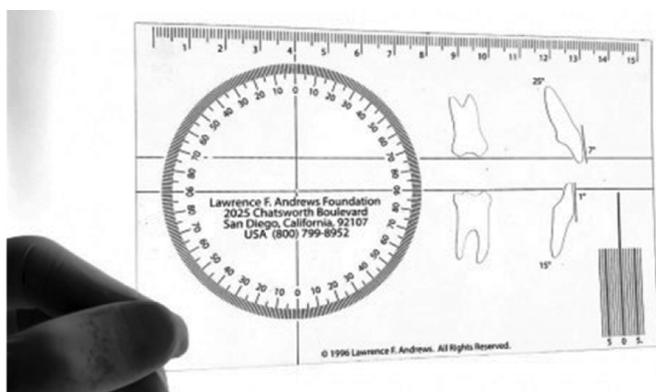
В исследовании принимали участие 97 пациентов, которые обращались в клинику ортодонтии MOSORTO в период с декабря 2021 года по январь 2024 года.

Всем пациентам проводилось 3D сканирование лица с получением 3D модели лица и боковая телерентгенография головы. Далее всем пациентам с помощью обоих методов визуально определяли форму лба, делали измерения клинической части лба и определяли индивидуальные передне-задние границы нахождения точки FA центральных резцов верхней челюсти.

При рентгенологическом методе определения индивидуальных передне-задних границ нахождения точки FA центральных резцов верхней челюсти, всем пациентам визуально определялась форма лба и проводилось измерение клинического лба шаблоном, предложенным доктором Эндрюсом — гибкой акриловой линейкой (Рис. 1).

У человека выделяют три формы лба: прямая, круглая и угловая [2]. Клинический лоб определяется расстоянием от линии начала роста волос — точки trichion (T) до самой передней части мягкотканого лба — точки glabella (G).

При прямой форме лба диагностическая значимая часть составляет расстояние T-G по внешней поверхности лба, середину которого будет разделять точка FFA (foreheas's facial axis).



А



Б

Рис. 1. Диагностический шаблон Эндрюса (А) и измерение клинического лба с его помощью на мягких тканях пациента (Б)

При круглой форме лба, диагностическая значимая часть так же составляет расстояние T-G по внешней поверхности лба, которое будет разделено точкой superior (S) и точкой FFA на равноудалённом расстоянии друг от друга в соотношении 1/3.

При угловой форме лба, расстояние от точек T и S не будет иметь диагностического значения. Значимая часть определяется расстоянием между точкой S и точкой G, середину которого, по внешней поверхности лба, будет разделять точка FFA.

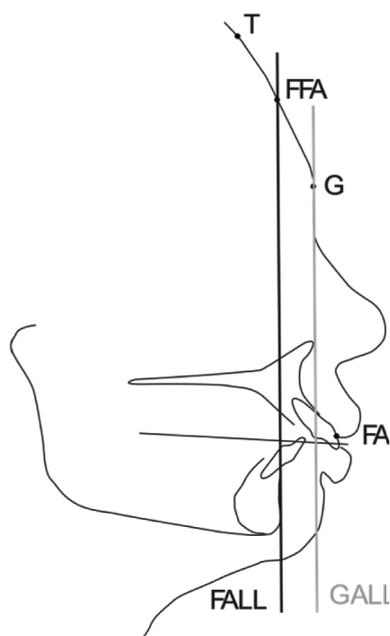


Рис. 2. Перенос клинических измерений лба на обрисовку боковой телерентгенограммы для определения индивидуальных передне-задних границ нахождения точки FA центральных резцов верхней челюсти (построение линий FALL и GALL)

Данные клинических измерений потом переносятся в обрисовку боковой телерентгенограммы головы для определения индивидуальных передне-задних границ нахождения верхней челюсти (Рис. 2). Передняя граница (линия GALL) строилась параллельно фронтальной плоскости головы через точку G. Задняя граница (линия FALL) строилась параллельно линии GALL через точку FFA.

При компьютерном методе определения индивидуальных передне-задних границ нахождения точки FA центральных резцов верхней челюсти, с помощью модуля для 3D модели лица программы для диагностики по “Шести Элементом Орофациальной Гармонии” 6ElementsONLINE визуально определялась форма лба пациента и наносились точки клинического лба на трехмерной модели головы. Программа автоматически генерировала линии FALL и линии GALL — индивидуальные границы нахождения точки FA центральных резцов верхней челюсти и производила замеры клинического лба (Рис. 3). Сравнивали результаты обоих методов.

Результаты исследования

В результате анализа данных, полученных при рентгенологическом методе по боковой телерентгенограмме головы и данных, полученных компьютерным методом по 3D модели лица не было обнаружено статистически значимой разницы ($p < 0.05$). Применение сканирования лица позволило сделать измерения клинического лба на 3D модели лица пациента без использования диагностических линеек. Так же отмечалась более удобная оценка нахождения верхних центральных резцов относительно линии GALL.

Выводы

1. Компьютерный метод измерения клинического лба и определения индивидуальных передне-за-



А



Б

Рис. 3. Применение модуля программы для автоматического измерения клинического лба (А) и построения передне-задних границ нахождения точки FA центральных резцов верхней челюсти (Б) по 3D модели лица

дних границ расположения точки FA центральных резцов верхней челюсти по 3D модели лица является в равной степени надёжным методом наряду с рентгенологическим методом по боковой телерентгенограмме головы.

2. Компьютерный модуль программы для 3D модели лица позволяет измерить клиническую форму лба

без необходимости измерения линейкой на мягких тканях клинического лба пациента.

3. Компьютерный модуль программы для 3D модели лица позволяет определить границы нахождения точки FA центральных резцов верхней челюсти не делая для этого боковую телерентгенографию головы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Andrews WA. AP relationship of the maxillary central incisors to the forehead in adult white females. *Angle Orthod.* 2008;78(4):662–669.
2. Andrews LF, Andrews WA. The Six Elements of Orofacial Harmony. *Andrews J Orthod Orofac Harmony* 1:13–22, 2000
3. Arnett GW, Jelic JS, Kim J, et al. Soft tissue cephalometric analysis: diagnosis and treatment planning of dent-facial deformity. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1999;116:239–253
4. Lundstrom A. Intercranial reference lines versus the true horizontal as a basis for cephalometric analysis. *Eur J Orthod.* 1991;13:167–168.
5. Rasmussen CM, Meyer PJ, Volz JE, et al. Facial versus skeletal landmarks for anterior-posterior diagnosis in orthognathic surgery and Orthodontics: Are they the same? *J Oral Maxillofac Surg* 78(2):287.e1–287.e12, 2020
6. Resnick CM, Calabrese CE, Resnick AS. Maxillary sagittal position in relation to the forehead: A target for orthognathic surgery. *J Craniofac Surg* 29:688–691, 2018

© Орловский Дмитрий Русланович (orthodont@inbox.ru); Бессонов Сергей Николаевич (smile12000@mail.ru);

Шорстов Яков Викторович (shorstov-yakov@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВКЛАД СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ ПАТОЛОГИИ И ОТЯГОЩЕННОГО ОНКОАНАМНЕЗА В ФОРМИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ТРОМБОТИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ

CONTRIBUTION OF CARDIOVASCULAR PATHOLOGY AND AGGRAVATED ONCOANAMNESIS IN THE FORMATION OF THROMBOTIC READINESS STATE

Z. Ramazanova

Summary. The aim of the review is to highlight the main mechanisms of thrombotic readiness state (TRS) formation in patients with cardiovascular pathology (CHD, atherosclerosis, arterial hypertension) and aggravated oncoanamnesis. A keyword search in the text databases Scopus, Web of Science, and PubMed was conducted on literature sources on factors associated with the development of hypercoagulability in cardiovascular pathology and cancer history. Pathological STH is characterised by disturbances not only in the haemostasis system, but also in the microcirculatory channel, in the vascular endothelium. In ischaemic heart disease (IHD), the following mechanisms that increase the procoagulant potential of blood are identified: endothelial damage, blood stasis under conditions of decreased cardiac output, and slowing of fibrinolysis. Two main mechanisms of haemocoagulation activation in the presence of oncoprocess have been studied: direct activation of haemocoagulation and platelets due to cancer cell factors (tissue factor, podoplanin, platelet agonists, phosphatidylserine, cancer procoagulant, plasminogen activation inhibitor-1) and indirect activation resulting in the release of neutrophil extracellular traps. Data on the joint influence of CHD and cancer history on haemostasis are rather limited. Current methods of diagnosing this condition, including dilated coagulogram, thromboelastometry, thrombin generation test, and thrombodynamics test were analysed. The introduction of global tests (thromboelastometry, thrombin generation test, thrombodynamics test) for the diagnosis of STH is an important step in understanding the mechanisms underlying this condition.

Keywords: cardiovascular pathology, thrombotic readiness state, thrombodynamics test, methods of haemostasis system research, aggravated oncoanamnesis.

Состояние тромботической готовности (СТГ) объединяет в себе лабораторно выявляемую гиперкоагуляцию, высокий уровень маркеров внутрисосудистого свертывания крови, определенные клинические признаки предтромбоза (увеличение вязкости крови, замедление кровотока по данным дуплексного ангиосканирования, перманентные признаки органной дисфункции, тромбирование иглы при венепункции, нарушение фетоплацентарного кровотока и др. [1]).

Рамазанова Заира Гаджиабдуллаховна

Соискатель, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации
zaira.ramazanova.1991@inbox.ru

Аннотация. Цель обзора — осветить основные механизмы формирования состояния тромботической готовности (СТГ) у пациентов с сердечно-сосудистой патологией (ИБС, атеросклероз, артериальная гипертензия) и отягощенным онкоанамнезом. Проведен поиск с использованием ключевых слов в текстовых базах данных Scopus, Web of Science, PubMed по литературным источникам о факторах, ассоциированных с развитием гиперкоагуляции при патологии сердечно-сосудистой системы и отягощенном онкоанамнезе. Патологическое СТГ характеризуется нарушениями не только в системе гемостаза, но и в микроциркуляторном русле, в эндотелии сосудов. При ишемической болезни сердца (ИБС) выделяют следующие механизмы, повышающие прокоагулянтный потенциал крови: эндотелиальное повреждение, стаз крови в условиях снижения сердечного выброса, замедление фибринолиза. Изучены два основных механизма активации гемокоагуляции при наличии онкопроцесса: прямая активации гемокоагуляции и тромбоцитов за счет факторов раковых клеток (тканевой фактор, подопланин, тромбоцитарные агонисты, фосфатидилсерин, раковый прокоагулянт, ингибитор активации плазминогена-1) и непрякая активация, итогом которой является высвобождение нейтрофильных внеклеточных ловушек. Данные о совместном влиянии ИБС и онкоанамнеза на гемостаз довольно ограниченные. Проанализированы современные методы диагностики данного состояния, включая расширенную коагулограмму, тромбоэластометрию, тест генерации тромбина, тест тромбодинамика. Внедрение глобальных тестов (тромбоэластометрия, тест генерации тромбина, тест тромбодинамика) для диагностики СТГ является важным шагом в понимании механизмов, лежащих в основе этого состояния.

Ключевые слова: сердечно-сосудистая патология, состояние тромботической готовности, тест тромбодинамика, методы исследования системы гемостаза, отягощенный онкоанамнез.

Понятие «состояние тромботической готовности» было впервые предложено группой ученых под руководством Момота А.П. (Алтайский филиал ФГБУ «Гематологический научный центр» Минздрава России, ГБОУ «Алтайский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Барнаул). СТГ обычно возникает при совместном действии различных факторов тромбогенного риска, таких как сердечная недостаточность и отягощенный онкоанамнез, и часто предшествует

ет тромбозу, либо сопровождает его, если антитромботическая терапия неэффективна [2]. Особенно опасно СТГ в связи с быстрым прогрессированием до состояния диссеминированного внутрисосудистого свёртывания крови (ДВС-синдрома), часто при наличии дополнительных факторов риска (кровопотеря, травма, операция, инфекция, роды) [3, 4].

Во всем мире сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) и злокачественные новообразования занимают лидирующими места среди причин смертности населения [5, 6, 7]. Следует отметить, что ВТЭО является второй наиболее распространенной причиной смерти при онкопатологии, уступая только прогрессированию заболевания, а онкопатология является наиболее распространенной причиной смерти у пациентов с ВТЭО. Ежегодная встречаемость ВТЭО (венозных тромбоэмболических осложнений) у больных раком составляет 0,5 % по сравнению с 0,1 % в общей популяции. Активная форма онкопатологии составляет 20 % от общего числа ВТЭО и связана с более высокими показателями смертности [8].

Достоверная распространенность сочетания онкопатологии и ишемической болезни сердца (ИБС) до настоящего времени неизвестна. Несмотря на то, что ССЗ и отягощенный онкоанамнез обычно рассматриваются как два отдельных заболевания, они обладают рядом схожих факторов риска (например, ожирение, сахарный диабет). В связи с этим к 2030 году прогнозируется увеличение до 23,6 миллионов новых случаев онкозаболеваний [9, 10, 11].

По структуре летальности нарушения системы кровообращения являются причиной около 60% летальных исходов при самых различных патологиях. Более половины этих нарушений занимают тромбозы и массивные кровотечения. Таким образом, нарушения в системе гемостаза сопряжены с наиболее высокой летальностью. В последние годы наблюдается большой прогресс в исследовании механизмов патологии гемостаза. Это ведет к значительному пересмотру базовых представлений о том, как происходит формирование тромбов и остановка кровотечения [4].

Врачи отдельных специальностей решают конкретные задачи: нормализация артериального давления, достижение целевых значений липидного спектра, достижение ремиссии онкопатологии, забывая о таких грозных осложнениях, к которым может привести патология системы гемостаза [12]. Дополнительные факторы нарушения гемокоагуляции могут быть обнаружены при изучении механизмов хронического воспаления, которое является неотъемлемой частью патогенеза и прогрессирования как ССЗ, так и онкопатологии.

Увеличение продолжительности жизни, благодаря современным достижениям медицины, привело к тому,

что миллионы людей, выживших после онкопатологии, теперь подвержены риску развития сердечно-сосудистых заболеваний [13]. С другой стороны, существенное продление жизни кардиологических пациентов за счет новых жизнеспасующих технологий, также способствует увеличению риска развития онкологических заболеваний [13].

Патофизиология СТГ при ССЗ

В процессе развития атеросклероза, как ведущей причины формирования ИБС, особое место занимают нарушения в системе гемостаза. Феномен развития тромбоза коронарных сосудов как причины инфаркта миокарда (ИМ) на фоне отсутствия атеросклеротического поражения коронарных артерий у молодых пациентов остается малоизученным [14]. В 2010 г. коллектив авторов Borissoff J.I., Heeneman S., Kilinc E., Kassak P., R. Van Oerle, Winckers K., Govers-Riemslog J.W.P., Hamulya'k K., Hackeng T.M., Daemen J.A.P., H. ten Cate, Spronk H.M.H. провели исследование эндогенного тромбинового потенциала и тромбин-антитромбинового комплекса, которые консолидировали прокоагулянтный профиль ранних атеросклеротических поражений. Они считали, что генерация тромбина *in vivo* может играть важную роль в регуляции прогрессирования атеросклероза. В настоящем исследовании авторы впервые изучили активность и присутствие соответствующих белков свертывания в связи с прогрессированием атеросклероза. Данное исследование показывает повышенное прокоагулянтное состояние атеросклеротических бляшек на ранней стадии по сравнению с бляшками на поздних стадиях, что может дать новое представление о роли коагуляции во время прогрессирования атеросклеротических бляшек [15]. В исследовании Chaudhary R., Sukhi A., Jindal M., Vyas A., Rout A., Bliden K., Tantry U., Gurbel P. в 2019 г. доказали, что женщины с необструктивной болезнью коронарных артерий более тромбогенны, чем мужчины. Это фундаментальное различие в тромбогенности может повлиять на результаты, связанные с полом, и требует дальнейшего изучения [16].

Рассмотрением особенностей гемостаза при ИБС и артериальной гипертензии (АГ) занимался коллектив авторов Елыкомов В.А., Номоконова Е.А., Ефремушкина А.А. в 2018 г. Авторы также выявили связь между наличием многососудистого поражения коронарных артерий и выраженностью СТГ. Больные ИБС с многососудистым поражением коронарных артерий отличались более выраженными лабораторными признаками развития СТГ [17]. Шлык И.Ф. в 2019 году, наблюдая пациентов с ИБС в своем исследовании, писал: «выявлено повышение тромбогенного потенциала крови, в отличие от здоровых лиц, изменение показателей тромбодинамики в зависимости от сопутствующей патологии» [18]. Выводы, сделанные в ходе данного исследования,

согласуются с результатами различных авторов. Некоторые авторы отмечали необходимость проведения глобальных тестов диагностики СТГ, в связи с недостаточной эффективностью рутинной коагулограммы. Так, коллектив авторов Номоконова Е.А., Елыкомов В.А., Ефремушкина А.А. в 2017 г. утверждал: «отсутствуют различия показателей гемостазиограммы у пациентов с ИБС и здоровых лиц, по данным АЧТВ, ПВ, ТВ» [19]. В дальнейшем они внесли следующее уточнение: «отмечалась тенденция к увеличению показателей активации системы гемостаза (D-димер, РФМК)» [19]. В своей работе Шлык И.Ф. писал: «данные показатели являются маркерами прошедшего свертывания крови, не являются специфичными, так как их повышение в крови объясняется различными причинами (пожилой возраст, опухолевые и воспалительные заболевания). Отсутствие повышения D-димера при гиперкоагуляции может быть связано с дефицитом плазменных факторов свертывания крови. РФМК является короткоживущей субстанцией в крови, что затрудняет определение истинных его значений. В связи с этим определение D-димера и РФМК у пациентов с ИБС требует дополнительных исследований» [18]. Также Шлык И.Ф. в своей работе в 2019 году отмечал: «у пациентов с ИБС по данным теста тромбодинамика наблюдается увеличение показателей скорости роста сгустка (характеризует фазу распространения свертывания крови) и начальной скорости свертывания крови (момент инициации коагуляции), а также размера образовавшегося сгустка, по сравнению с здоровыми лицами. Регистрируется спонтанное тромбообразование при нормальном уровне фибриногена плазмы крови. Все это свидетельствует о наличии гиперкоагуляционного состояния» [18].

При наличии хронической сердечной недостаточности (ХСН) риски венозных тромбозмболических осложнений (ВТЭО) значительно возрастают. При наличии ХСН дополнительными факторами риска тромботических событий являются: пожилой возраст, иммобилизация, инфекционный процесс, использование центральных венозных катетеров, имплантация ЭКС (электрокардиостимуляторов) и дефибрилляторов [20].

У пациентов с АГ, в том числе на ранних её стадиях, часто регистрируются различные нарушения системы гемостаза, в основном связанные с гиперфункцией свертывающих механизмов. Отмечается повышение активности не только сосудисто-тромбоцитарного звена, но и повышение функциональной активности плазменно-коагуляционного звена [21]. В работе Чупина А.В., Бекбосынова А.Ж. (2012 г.) получены данные, свидетельствующие о выраженном повышении активности механизмов плазменно-коагуляционного гемостаза, угнетении системы фибринолиза у пациентов с АГ, что определяет развитие СТГ у большинства пациентов [22].

Патофизиология СТГ при отягощенном онкоanamнезе

О взаимосвязи онкопатологии и гиперкоагуляционных изменений гемостаза впервые стало известно в середине 1800-х годов. Французский клиницист Арман Труссо выявил связь ВТЭО, как следствия активации прокоагуляционных механизмов, с наличием онкопатологии [23]. Несмотря на это, только в течение последних 30 лет данный прокоагулянтный механизм начал проясняться. Связь отягощенного онкоanamнеза с состоянием гиперкоагуляции была подтверждена многочисленными клиническими, биохимическими, патологоанатомическими и фармакологическими исследованиями. Особенности развития прокоагулянтного состояния, ассоциированного с онкопатологией, заключаются в патофизиологии патологии гиперкоагуляции, которая включает в себя выработку тканевого фактора и других прокоагулянтных веществ, нарушающих эндотелиальный баланс между про- и антикоагулянтными системами. В 1997 году Agneli G. и Cicco M. в 2004 году высказали похожие мысли: «активация системы гемостаза происходит в результате воздействия опухолевых прокоагулянтов, воспалительных цитокинов, тканевого фактора моноцитов, тканевых макрофагов и эндотелиальных клеток, а также повышения функциональной активности тромбоцитов приводит к появлению тромбина и отложению фибрина внутри и вокруг опухолевой ткани. Фибрин, с одной стороны, является основой развития венозных тромбозов, с другой стороны, связан с опухолевым ростом и метастазированием» [24, 25]. Похожие выводы были сделаны авторами Piccioli A., Girolami A.C. в 1999 и Loreto M.F., Martinis D.E., Corsi M.P. в 2000 г., которые утверждали: «Механизмом патогенеза тромботических осложнений является взаимодействие онкологического процесса, пациента и системы гемостаза в целом. Итогом данного взаимодействия является постоянная активация свертывающей системы крови под воздействием прокоагулянтов, выделяемых самой опухолью, воспалительных цитокинов, эндотелия сосудов, тканевого фактора клеток крови, активных тромбоцитов. Данные изменения приводят к появлению тромбина, отложению фибрина» [26, 27].

Злокачественность влияет на все параметры триады Вирхова: скорость кровотока, состояние гемокоагуляции и эндотелиальные нарушения. Коллективы авторов Bauer K.A., Levine M. в 1999 и Levine M.N., Lee A.Y., Kakkar A.K. в 2005 году высказывались так: «тканевый фактор — трансмембранный гликопротеин, представляющий собой одноцепочечную молекулу, которая состоит из 263 аминокислотных остатков. Он действует как поверхностный рецептор и кофактор активации фактора VII. Связывание тканевого фактора с фактором VII приводит к образованию комплекса, активирующего факторы X и тромбин, в свою очередь запускающие внутрисосу-

дистое свертывание крови. Цитокины, высвобождаемые опухолевыми клетками, активируют коагулянтную активность на моноцитах, тромбоцитах и эндотелиальных клетках. Этот процесс активированного свертывания усиливает клиническую ВТЭО [28, 29]. Тканевой фактор (ТФ) выделен из большинства опухолей» [28, 29]. Опухолевые клетки экспрессируют тканевой фактор и спонтанно выделяют тканевой фактор — положительные микрочастицы (МЧ) в кровь [30]. Они обладают высокой прокоагулянтной активностью. Тканевой фактор-положительные микрочастицы могут объяснить повышенную частоту венозных тромбозов, наблюдаемую у пациентов с онкопатологией [30]. В моделях на животных повышенные уровни опухолевых ТФ-положительных МЧ связаны с активацией коагуляции. Более того, эти МЧ связываются с участками эндотелиального повреждения и усиливают прокоагулянтный потенциал крови. Обнаружено, что у пациентов с онкопатологией повышен уровень циркулирующих ТФ-позитивных МЧ. Важно отметить, что несколько исследований показали, что повышенные уровни ТФ-позитивных МЧ коррелируют с развитием гиперкоагуляционных осложнений у больных раком [30]. Тканевой фактор приводит к созданию порочного круга, при котором наличие злокачественного процесса индуцирует гиперкоагуляционное состояние, а данное состояние, в свою очередь, способствует росту опухоли и метастазированию [29]. Раковый прокоагулянт — это, по мнению авторов Hillen H.F. и Loreto M.F., Martinis D.E., Corsi M.P., в 2000 году: «кальцийзависимая цистеиновая протеиназа, состоявшая из 674 аминокислотных остатков, которая непосредственно активирует фактор X, минуя фактор VII. Раковый прокоагулянт экспрессируют опухолевые клетки и эмбриональные ткани» [31, 32]. Далее, Loreto M.F., Martinis D.E., Corsi M.P. в 2000 г. описали: «опухолевые клетки активируют прокоагулянтное звено системы гемостаза за счет образования рецептора фактора V. Этот рецептор находится на поверхности мембран опухолевых клеток и ускоряет формирование протромбиназного комплекса (фактор V + фактор X + кальций + тромбоциты). Опухолевые клетки синтезируют прокоагулянт, сходный по свойствам с фактором XIII (усиливает прочность сформировавшегося фибрина) [32]. Поскольку существует тесная взаимосвязь между раком и системой свертывания, циркулирующие биомаркеры активации различных отделов гемостаза (например, коагуляции, фибринолиза, тромбоцитов, эндотелия и других клеток крови) широко изучались для прогнозирования исходов рака наряду с прогнозированием тромботического риска [33]. Сложный патогенез данной проблемы и сопутствующих лабораторно-клинических синдромов с рекомендациями по диагностике и лечению рассматривали Green K.B., Silverstein R.L. в 1996 году [34].

Bromberg M.E., Cappello M. 1999 году и Hillen H.F. в 2000 году утверждали: «опухолевые клетки и цирку-

лирующие частицы мембран опухолевых клеток воздействуют на тромбоцитарное звено системы гемостаза, повышая адгезию и агрегацию тромбоцитов. Это происходит за счет образования тромбина, которое запускают мембраны опухолевых клеток, усиления метаболизма арахидоновой кислоты, АДФ-индуцированной агрегации тромбоцитов и повышения уровня фактора Виллебранда» [35, 31]. Помимо центральной роли тромбоцитов в гемостазе, они способствуют развитию патологических состояний, таких, как воспаление и опухолевая прогрессия. Аберрантная экспрессия и/или экспозиция прокоагулянтных факторов в микроокружении опухоли вызывают активацию тромбоцитов и последующее высвобождение факторов роста из гранул тромбоцитов. Пациенты с отягощенным онкоанамнезом обычно страдают от гиперкоагуляционных нарушений в результате индуцированной опухолью активации тромбоцитов [36].

Важным фактором, потенциально способствующим тромбозу, связанному с онкопатологией, является образование нейтрофильных внеклеточных ловушек (NETs), известное как NETosis. Они состоят из внешней ДНК ядерного или митохондриального происхождения, связанной с гистонами и гранулярными протеазами, такими как нейтрофильная эластаза и миелопероксидаза. Эти внеклеточные ловушки помогают нейтрофилам ловить и убивать патогены, такие, как бактерии, вирус и грибки. Образование NETs впервые наблюдалось как новый иммунный ответ на бактериальную инфекцию, но с тех пор было обнаружено, что это является патологическим процессом при различных других воспалительных заболеваниях [36]. Нейтрофильные внеклеточные ловушки образуются также в условиях стерильного воспаления, такого как онкопатология и аутоиммунитет, и могут способствовать тромбозу. Недавние данные показывают, что тромбоциты играют ключевую роль в определении того, когда и где должны образовываться нейтрофильные внеклеточные ловушки [36]. Биохимические механизмы данных осложнений рассматривали Bhagavan N.V., Chung-Fun Ha в 2011 г. [37]. Молекулярные аспекты особенностей патологии гемостаза при отягощенном онкоанамнезе изучали Bromberg M.E., Cappello M. в 1999 году [35]. Рак молочной железы является наиболее часто диагностируемым злокачественным новообразованием у женщин. При раке молочной железы NETosis был связан с ускоренным прогрессированием заболевания, метастазированием и осложнениями, такими как венозная тромбоемболия. Терапия, нацеленная на NET, продемонстрировала успех в доклинических моделях онкопатологии и может оказаться ценной клинической мишенью для замедления или остановки прогрессирования опухоли у пациентов с раком молочной железы. Понимание прогностических последствий образования NETosis, связанных с онкопатологией, в дополнение к разработке новых терапевтических средств, направленных на разрушение этих связей с NET, нужны для улучшения ре-

зультатов лечения пациентов с раком молочной железы в будущем [38]. Накапливающиеся данные указывают на то, что внеклеточные везикулы клеточного и тромбоцитарного происхождения, которые включают микро-везикулы, экзосомы и апоптотические тельца, участвуют в модуляции коагуляционного каскада при гемостазе и тромбозе. Поскольку эти внеклеточные везикулы связаны с межклеточной коммуникацией, молекулярной рециркуляцией и созданием метастатических ниш, они являются ценными диагностическими маркерами при тромботических и протромботических состояниях [39].

Тромбоэмболические осложнения как следствие гемокоагуляционных нарушений являются частым и потенциально фатальным осложнением у пациентов с распространенной онкопатологией [40]. Пациенты с отягощенным онкоanamнезом также имеют более высокие операционные риски развития гемокоагуляционных нарушений [41]. Гемокоагуляционные нарушения могут развиваться на любой стадии онкологического заболевания. Риск ВТЭО особенно высок при хирургическом вмешательстве, использовании центрального венозного катетера и химиотерапии [40]. Дополнительные факторы риска, такие как предшествующая ВТЭО, пожилой возраст, сердечная или дыхательная недостаточность, длительная неподвижность, наличие центральных венозных линий, эстрогены и широкий спектр наследственных и приобретенных гематологических состояний способствуют повышенному риску тромботических осложнений. Они должны тщательно анализироваться для оценки общего риска ВТЭ у каждого пациента [42]. Применение антикоагулянтов для профилактики и лечения ВТЭО требует подхода, ориентированного на пациента, из-за гетерогенной популяции пациентов и присущих им повышенных рисков тромбообразования и кровотечений [43]. Несмотря на такой относительно высокий риск ВТЭО, многим пациентам не назначают адекватную профилактику в до- и послеоперационном периодах [44]. Тромбоэмболия также является ведущей причиной смерти онкологических больных, получающих амбулаторную химиотерапию [45]. По данным исследования, проведенного в 2019 командой Fernandes C.J., L.T.K. Morinaga L.T.K., Alves J.L.Jr., Castro M.A., Calderaro D., Jardim C.V.P., Souza R., были сделаны выводы, что прямые пероральные антикоагулянты (эдоксабан и ривароксабан) оказались столь же эффективными и безопасными для лечения, как и НМГ (низкомолекулярные гепарины) и являются препаратами выбора у данных пациентов [46]. Относительный риск развития начального и рецидивирующего тромбоза глубоких вен (ТГВ) или легочной эмболии (ТЭЛА) среди пациентов со злокачественными новообразованиями по сравнению с пациентами без злокачественных новообразований четко не определен. Для этого анализа проводилось исследование в 1999 году с использованием база данных Medicare Provider Analysis and Review Record (MEDPAR). Были изучены па-

циенты, госпитализированные в течение 1988–1990 гг. только с ТГВ/ТЭЛА, ТГВ/ТЭЛА и злокачественным новообразованием, только злокачественным новообразованием или одним из нескольких незлокачественных заболеваний (кроме ТГВ/ТЭЛА). Была проанализирована ассоциация злокачественных новообразований и незлокачественных заболеваний с начальным эпизодом ТГВ/ТЭЛА, рецидивирующим ТГВ/ТЭЛА и смертностью. Исследование демонстрировало, что пациенты с одномоментным ТГВ/ТЭЛА и злокачественным новообразованием имеют более чем в три раза более высокий риск рецидива тромбоемболии и смерти от данных причин. Для таких пациентов может быть показана альтернативная стратегия ведения [47].

Рак возникает и прогрессирует на фоне глубоких нарушений системного гомеостаза. Происходит активация системы свертывания, которая остается под контролем молекулярных событий, происходящих в геноме раковой клетки. Таким образом, активация нескольких прототипов онкогенных путей, таких как RAS, EGFR, HER2, MET, SHH, и потеря опухолевых супрессоров (PTEN, TP53) изменяют экспрессию, активность и везикулярное высвобождение эффекторов свертывания, как показано на примере тканевого фактора (TF). Эффекторы системы свертывания крови могут действовать как мишени, так и (косвенные) индукторы генетической прогрессии опухоли, и лучшее понимание этой связи может открыть новые диагностические и терапевтические возможности [48]. Носители мутаций фактора V Лейдена и протромбина 20210A имеют более высокий риск тромботических осложнений [49].

Оценка частоты гемокоагуляционных осложнений у пациентов с различными типами онкопатологии редко проводилась из-за низкой заболеваемости различными типами рака [50]. Однако известно, что разные типы рака имеют разную частоту тромбоза, при этом рак поджелудочной железы имеет один из самых высоких показателей [30].

В последние годы были предприняты усилия по созданию прогностических моделей для выявления онкологических больных с высоким риском развития ВТЭО, для которых использование тромбопрофилактики было бы полезным. Разрабатываются руководства по тромбопрофилактике и лечению тромбоза, связанного с раком. Изучается возможность использования антикоагулянтов в качестве противоопухолевых средств [29].

Современная диагностика СТГ

В условиях современных возможностей медицины показатели коагулограммы, в том числе расширенной, являются недостаточно информативными, исключая отдельные клинические ситуации. Так, повышение уровня

растворимых фибрин-мономерных комплексов (РФМК), является ранним маркером активации свертывания. Повышение данного показателя можно расценивать как риск патологической гиперкоагуляции. Недостатком данного маркера является отсутствие возможности проведения оценки эффективности антикоагулянтной терапии [3].

Активированное частичное тромбопластиновое время (АЧТВ) позволяет оценить отдельные факторы свертывания (VIII и IX), что необходимо для диагностики гемофилий. Показатель АЧТВ активно применяется для титрации дозы гепарина [3].

Протромбиновое время (ПВ) используют для определения уровня VII фактора свертывания. Удлинение ПВ наблюдается и при дефиците X, V, II факторов свертывания (всех витамин К-зависимых факторов). Модификацией данного теста является Международное Нормализованное Отношение (МНО). МНО применяют для контроля дозировки варфарина. Данный тест позволяет получить достоверный результат, не зависящий от реактива [3].

Тромбиновое время (ТВ) оценивает склонность фибрина к формированию сгустка. Удлинение ТВ выявляется при тяжелых дефицитах фибриногена, дисфибриногемии при приеме антикоагулянтов [3].

«Рутинные» тесты оценки системы гемостаза, которыми являются ПВ, АЧТВ, ТВ, информативны только для диагностики гипокоагуляции, но не несут смысловую нагрузку для диагностики гиперкоагуляционных сдвигов. Исследование уровня фибриногена входит в стандартную коагулограмму. Повышение данного показателя не служит ориентиром для оценки риска тромбозов, так как гиперфибриногенемия встречается как при физиологических состояниях (например, беременность), так и при патологии (онкология, инфекция и др.). В то же время гипофибриногенемия расценивается как риск кровотечений (особенно менее 1 г/л). На сегодня единственным доступным тестом для оценки функциональной активности системы фибринолиза является XIIIa-зависимый фибринолиз. Нормой считают диапазон от 5 до 12 минут. Значение менее 5 минут— гиперфибринолиз (риск кровотечения). Значения более 12 минут— гипофибринолиз (патологическая гиперкоагуляция) [3].

Отдельный показатель, являющийся количественным отражением активности системы фибринолиза является Д-димер (продукт распада тромба). Увеличение уровня Д-димера является маркером патологической гиперкоагуляции. Важным является, что при отрицательном результате Д-димера можно исключить тромбоз в венозном русле [3]. Без оценки функциональной активности системы фибринолиза (при помощи XIIIa-зависимого фибринолиза) невозможно оценить показатели РФМК

и Д-димер, так как при выраженном гипофибринолизе, уровень Д-димера может быть ложнонормальным [3].

В связи с тем, что «рутинные» тесты редко применяются для диагностики гиперкоагуляционных сдвигов, широкое распространение на сегодняшний день получили глобальные тесты оценки гемостаза. Доступными в настоящее время являются 3 глобальных теста: тромбоэластометрия, тест генерации тромбина и тромбодинамика [51].

При проведении тромбоэластометрии используют цельную кровь, что не требует специальной подготовки. Используются дополнительные индукторы, что позволяет проводить оценку разных составляющих системы гемостаза: внешнего пути, внутреннего пути, вклада фибриногена, тромбоцитов в качество сгустка и др. Из недостатков теста следует отметить отсутствие чувствительности к профилактическим дозам НМГ, слабую чувствительность к действию новых пероральных антикоагулянтов (НОАК), широкие диапазоны норм [52].

Тест генерации тромбина — лабораторный метод определения динамики образования и инактивации *in vitro* основного фермента гемостаза-тромбина. В данном тесте используют плазму, что пролонгирует время, потраченное на подготовку к тесту. Основными параметрами оценки являются: время задержки свертывания, эндогенный тромбиновый потенциал. Напротив, анализ образования тромбина (TGA) является глобальным анализом, позволяющим проводить динамическую непрерывную и одновременную регистрацию комбинированных эффектов как образования тромбина, так и инактивации тромбина. Таким образом, TGA отражает результат прокоагулянтной и антикоагулянтной активности в крови и плазме [53].

В тесте тромбодинамика используют плазму, свободную от тромбоцитов, что удлиняет подготовку к исследованию. Рост сгустка после инициации происходит только за счет прокоагулянтной активности самой плазмы. В ходе исследования может регистрироваться образование спонтанных сгустков, что говорит о склонности к выраженной гиперкоагуляции. Из преимуществ: чувствителен к профилактическим дозам НМГ и нефракционированному гепарину (НФГ), варфарину; разработаны нормы по триместрам беременности. Из недостатков следует отметить отсутствие возможности дифференциальной диагностики отдельных составляющих гемостаза. Оценивают как хронометрические характеристики формирования сгустка, так и структуру самого сгустка [54]. Главным преимуществом данного метода является его работа «на опережение» до изменений в гемастазиограмме или повышения уровня Д-димера [3]. Коллектив авторов Синауридзе Е.И., Ованесов М.В., Пантелеев М.А. и др. в 2008 году дали такое определение тесту тромбо-

динамика: «новый метод исследования пространственной динамики роста сгустка фибрина (Тромбодинамика), разработанный в лаборатории физической биохимии Гематологического научного центра РАМН и описанный в ряде фундаментальных и прикладных работ» [55]. Пантелеев М.А., Васильев С.А., Синауридзе Е.И., Атауллаханов Ф.И., Воробьев А.И. в 2011 г. писали: «в соответствии с описанием разработчиков анализ проводится в тонком слое плазмы, свертывание в которой активируется тканевым фактором, фиксированным на одной из сторон измерительной кюветы. В ходе исследования ведется видеосъемка растущего сгустка фибрина, параметры которого позволяют судить о динамике фибринообразования во времени и пространстве, в двух системах координат» [56]. Тест тромбодинамика — это новый глобальный метод диагностики системы гемостаза, который отслеживает пространственно-временное распространение свертывания крови, отделяя инициацию от фаз амплификации/распространения свертывания и визуализируя образование фибринового сгустка [57]. Недостатком данного метода можно считать отсутствие возможности оценки агрегатного состояния тромбоцитов и его вклада в формирование состояния тромботической готовности у конкретного пациента, отсутствие возможности дифференциальной диагностики разных составляющих гемостаза [3].

Заключение

Серьезные пробелы в понимании механизмов работы системы свертывания вносят существенный вклад в высокие показатели смертности пациентов кардионкологического профиля от патологии системы гемостаза.

При наличии у пациента ИБС происходит формирование перманентного прокоагулянтного состояния, предрасполагающего к развитию тромботических осложнений. В литературе, в свою очередь, есть описание патологии гемостаза при сочетании ИБС с облитерирующим атеросклерозом, с перенесенным инфарктом миокарда, но практически нет данных о сочетании с онкопатологией.

Тесная взаимосвязь между отягощенным онкоанамнезом и патологией гемокоагуляции хорошо известна. Поскольку число пациентов как с отягощенным онкоанамнезом, так и с сердечно-сосудистыми заболеваниями продолжает расти, повышенное внимание необходимо уделять области кардионкологии.

СТГ — это тромботически угрожаемое состояние. Своевременная диагностика данного состояния и его коррекция на начальном этапе позволит избежать ожидаемую сосудистую катастрофу.

Для получения более полной и достоверной информации о состоянии системы гемостаза необходимо провести глобальные тесты.

Проведенный обзор литературы по данной тематике показал, что сведений по изучению механизмов нарушений системы гемостаза в сторону гиперкоагуляции при совместном воздействии ССЗ и онкопатологии крайне мало. Поэтому актуальным является продолжение исследований в данном направлении. Это поможет решить такую важную проблему как высокая летальность от тромботических осложнений у пациентов кардионкологического профиля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Момот А.П., Григорьева Е.В., Цывкина Л.П., Белозеров Д.Е., Тараненко И.А., Никитина Д.А., Мамаев А.Н., Строзенко Л.А., Сердюк Г.В., Петрекова О.В., Шахматов И.И., Беспалова О.В., Лыдина И.В., Ломаев И.С. Современные методы распознавания состояния тромботической готовности / под науч. ред. А.П. Момота / — Барнаул: изд-во Алтайского государственного университета. 2011;138.
2. Момот А.П., Тараненко И.А., Цывкина Л.П. Состояние тромботической готовности — возможности современной диагностики и перспективы. // Медицинский алфавит. 2013; 20—23.
3. Сафиуллина С.И., Фейсханова Л.И. Состояние тромботической готовности в клинической практике: учеб. пособие. Ч. 1. 2017;15—25.
4. Атауллаханов Ф.И., Румянцев А.Г. Новые представления о свертывании крови // Российский журнал детской гематологии и онкологии. 2018; 3:13—22. DOI: 10.17650/2311-1267-2018-5-3-13-22. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-predstavleniya-o-svertyvanii-krovi>
5. Heit J.A., Spencer F.A., White R.H. The epidemiology of venous thromboembolism. J Thromb Thrombolysis. 2016;(41):3—14. DOI 10.1007/s11239-015-1311-6.
6. Герасимов С.С., Давыдов М.И., Давыдов М.М. Современная стратегия хирургического лечения онкологических больных с тяжёлыми сопутствующими сердечно-сосудистыми заболеваниями // Российский онкологический журнал. 2018;23(3-6):120-128. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1028-9984-2018-23-3-6-120-128>. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennaya-strategiya-hirurgicheskogo-lecheniya-onkologicheskikh-bolnyh-s-tyazhelyimi-soputstvuyuschimi-serdechno-sosudistymi>
7. Белов Ю.В., Ким Э.Ф., Чарчян Э.Р., Беджанян А.Л., Шестаков А.Л., Базаров Д.В., Еременко А.А., Никода В.В., Дымова О.В., Фролова Ю.В. Настоящее и будущее онкокардиологической команды в современной многопрофильной хирургической клинике // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2019;12(1):5—8. DOI: 10.17116/kardio2019120115. URL: <https://www.mediasphera.ru/issues/kardiologiya-i-serdechno-sosudistaya-khirurgiya/2019/1/downloads/ru/1199663852019011005>
8. Abdol Razak N.B., Jones G., Bhandari M., Berndt M.C., Metharom P. Cancer-associated thrombosis: an overview of mechanisms, risk factors, and treatment // Cancers. 2018;10(10):380. DOI: 10.3390/cancers10100380. URL: <https://www.mdpi.com/2072-6694/10/10/380>

9. Thun M.J., DeLancey J.O., Center M.M., Jemal A., Ward E.M. The global burden of cancer: Priorities for prevention. *Carcinogenesis*. 2010;31:100–110. DOI: 10.1093/carcin/bgp263.
10. Johnson C.B., Davis M.K., Law A., Sulpher J. Shared Risk Factors for Cardiovascular Disease and Cancer: Implications for Preventive Health and Clinical Care in Oncology Patients. *Canadian Journal of Cardiology Elsevier*. 2016;32:900–907/ DOI: 10.1016/j.cjca.2016.04.008.
11. Беспалов В.Г., Киракозов Д.А., Илюхин О.В. Сердечно-сосудистые эффекты химио— и лучевой терапии у онкологических больных: что должен знать кардиоонколог (часть I) // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2022;19(2):169–176. DOI: 10.19163/1994-9480-2022-19-2-169-176. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/serdechno-sosudistye-effekty-himio-i-luchevoy-terapii-u-onkologicheskikh-bolnyh-chto-dolzhen-znat-kardioonkolog-chast-i>
12. Арамисова Р.М., Камбачокова З.А., Болотокова А.Р. Выбор метода профилактики тромбоэмболических осложнений в группах риска // Трудный пациент. 2018;16(11): 12–17. DOI: 10.24411/2074-1995-2018-10025. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-metoda-proflaktiki-tromboembolicheskikh-oslozhneniy-v-gruppah-riska>
13. Koene, R.J., Prizment A.E., Blaes A., Konety, S. Cardio-oncology Related to Heart Failure. *Heart Failure Clinics*. 2017;13(2):367–380. DOI: 10.1016/j.hfc.2016.12.006.
14. Федотова Л.А., Зорин В.Н., Пластун М.Ю. Гемостаз, фибринолиз при ишемической болезни сердца и артериальной гипертензии. // Таврический медико-биологический вестник. 2013;16(4):183–186.
15. Borissoff J.I., Heeneman S., Kilinc E., Kassák P., Van Oerle R., Winckers K., Govers-Riemslog J.W., Hamulyák K, Hackeng T.M., Daemen M.J., ten Cate H., Spronk H.M. Early atherosclerosis exhibits an enhanced procoagulant state. *Circulation*. 2010;122:821–830. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.907121.
16. Chaudhary, R., Sukhi, A., Chaudhary, R., Jindal, M., Vyas, A., Rout, A., Bliden K., Tantry Ud., Gurbel, P. Gender differences in thrombogenicity among patients with angina and non-obstructive coronary artery disease. *Journal of Thrombosis and Thrombolysis*. 2019; 48(3):373–381. DOI: 10.1007/s11239-019-01901-1.
17. Елыкомов В.А., Номоконова Е.А., Ефремушкина А.А. Тромботические события и состояние тромботической готовности у пациентов с ишемической болезнью сердца // Бюллетень медицинской науки. 2018;3(11):53–57.
18. Шлык И.Ф. Информативность метода тромбодинамики в оценке состояния гемостаза у пациентов с ишемической болезнью сердца. *Медицинский вестник Юга России*. 2019;10(2):48–54. DOI: 10.21886/2219-8075-2019-10-2-48-54.
19. Елыкомов В.А., Номоконова Е.А., Ефремушкина А.А. Атеросклеротическое поражение коронарных артерий и нарушения в системе гемостаза // Бюллетень медицинской науки. 2017;2(6).
20. Вереина Н.К., Агасян Д.Г., Чулков В.С. Риск венозных тромбоэмболических осложнений у пациентов с хронической сердечной недостаточностью // Российский кардиологический журнал. 2020;25(1):9–13. DOI: 10.15829/1560-4071-2020-1-3678. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/risk-venoznyh-tromboembolicheskikh-oslozhneniy-u-patsientov-s-hronicheskoy-serdechnoy-nedostatochnostyu>.
21. Kraft P, Nieswandt B, Stoll G, Kleinschnitz C. Akuter ischämischer Schlaganfall. Neue Ansätze in der Antithrombotherapie [Acute ischemic stroke. New approaches to antithrombotic treatment]. *Nervenarzt*. German. 2012;83(4):435–49. DOI: 10.1007/s00115-011-3368-6.
22. Чупин А.В., Бекбосынов А.Ж. Сосудистые факторы нарушений церебрального кровотока при церебральном атеросклерозе // *Journal of Siberian Medical Sciences*. 2013. №1.
23. Дворецкий Л.И., Дядьков И.Н., Степанченко А.П., Дубровская Н.В. Венозный тромбоэмболизм как первая манифестация распространенного опухолевого процесса (синдром Труссо) // Бюллетень сибирской медицины. 2019;18(3):232–237. DOI: 10.20538/1682-0363-2019-3-232-237. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/venoznyy-tromboembolizm-kak-pervaya-manifestatsiya-rasprostranennogo-opuholevogo-protsesta-sindrom-trusso>
24. Agnelii G. Venous thromboembolism and cancer: two way clinical association // *Thromb. Haemost.* — 1997;78(1):117–120.
25. Cicco M. The prothrombotic state in cancer: pathogenic mechanisms // *Crit. Rev. Oncol. Hematol.* — 2004;50(3):187–196. DOI: 10.1016/j.critrevonc.2003.10.003.
26. Prandoni P, Piccioli A., Girolami A. Cancer and venous thromboembolism: an overview. *Haematologica*. 1999; 84:437–445.
27. Loreto, M.F., De Martinis, M., Corsi, M.P., Modesti M., & Ginaldi L. Coagulation and cancer: Implications for diagnosis and management. *Pathology & Oncology Research*. 2000;6(4):301–312. DOI: 10.1007/bf03187336.
28. Bauer K.A., Levine M. Evaluation and management of the cancer patient with thrombosis // *Proc. Am. Soc. Clin. Oncol*. 1999:223–235.
29. Levine M.N., Lee A.Y., Kakkar A.K. Thrombosis and cancer. *American Society of Clinical Oncology, 41 Annual Meeting*. 2005;13(17):748–77.
30. Geddings J.E., Mackman N. Tumor-derived tissue factor–positive microparticles and venous thrombosis in cancer patients. *Blood*. 2013;122(11):1873–80. DOI: 10.1182/blood-2013-04-460139.
31. Hillen H.F. Thrombosis in cancer patients // *Ann. Oncol*. 2000;11(3):273–276. DOI: 10.1093/annonc/11.suppl_3.273.
32. Loreto M.F., Martinis D.E., Corsi M.P., Modesti M., Ginaldi L. Coagulation and cancer: implications for diagnosis and management // *Pathol. Oncol. Res*. 2000;6(4):302–312. DOI: 10.1007/BF03187336.
33. Falanga A., Marchetti M. Hemostatic biomarkers in cancer progression // *Thromb. Res*. 2018;164(1):54–61. DOI: 10.1016/j.thromres.2018.01.017.
34. Green K.B., Silverstein R.L. HYPERCOAGULABILITY IN CANCER. *Hematology/Oncology Clinics of North America*. 1996;10(2):499–530. DOI: 10.1016/s0889-8588(05)70349-x.
35. Bromberg M.E., Cappello M. Cancer and blood coagulation: molecular aspects // *Cancer*. 1999;3:132–138.
36. Cedervall J., Hamidi A., Olsson A.K. Platelets, NETs and cancer // *Thromb. Res*. 2018;164(1):48–52. DOI: 10.1016/j.thromres.2018.01.049.
37. Bhagavan N.V., Chung-Fun Ha. Essential of Medical Biochemistry. *Biochemistry of Hemostasis*. Elsevier Inc., USA. 2011;473–486. DOI:10.1016/C2009-0-00064-6.
38. Snoderly H.T., Boone B.A., Bennewitz M.F. Neutrophil extracellular traps in breast cancer and beyond: current perspectives on NET stimuli, thrombosis and metastasis, and clinical utility for diagnosis and treatment. *Breast Cancer Research*. 2019;21(1):145. DOI: 10.1186/s13058-019-1237-6.
39. Al-Koussa H., AlZaim I., El-Sabban M.E. Pathophysiology of Coagulation and Emerging Roles for Extracellular Vesicles in Coagulation Cascades and Disorders // *Journal of Clinical Medicine*. 2022;11(16):4932. DOI: 10.3390/jcm11164932. URL: <https://www.mdpi.com/2077-0383/11/16/4932>.

40. Agnelli G., Verso M. Thromboprophylaxis during chemotherapy in patients with advanced cancer. *Thrombosis Research*. 2010;125(2):17–20. DOI: 10.1016/S0049-3848(10)70007-4.
41. Agnelli G., Bolis G., Capussotti L., Scarpa R.M., Tonelli F., Bonizzoni E., Moia M., Parazzini F., Rossi R., Sonaglia F., Valarani B., Bianchini C., Gussoni G. A clinical outcome-based prospective study on venous thromboembolism after cancer surgery: the @RISTOS project. *Ann Surg*. 2006;243(1):89–95. DOI: 10.1097/01.sla.0000193959.44677.48.
42. Anderson F.A., Jr., Spencer F.A. Risk factors for venous thromboembolism. *Circulation*. 2003;107:9–16. DOI: 10.1161/01.CIR.0000078469.07362.E6.
43. Barsam S.J., Patel R., Arya R. Anticoagulation for prevention and treatment of cancer-related venous thromboembolism. *Br J Haematol*. 2013;161(6):764–77. DOI: 10.1111/bjh.12314.
44. Bertero E., Robusto F., Rulli E., D'Ettorre A., Bisceglia L., Staszewsky L., Maack C., Lepore V., Latini R., Ameri P. Cancer Incidence and Mortality According to Pre-existing Heart Failure in a Community—Based Cohort. *J Am Coll Cardiol CardioOnc*. 2022;4(1):98–109. DOI:10.1016/j.jacc.2021.11.007.
45. Khorana A.A., Francis C.W., Culakova E., Kuderer N.M., Lyman G.H. Thromboembolism is a leading cause of death in cancer patients receiving outpatient chemotherapy. *J Thromb Haemost*. 2007;(5):632–34. DOI: 10.1111/j.1538-7836.2007.02374.x.
46. Fernandes C.J., Morinaga L.T.K., Alves J.L.Jr., Castro M.A., Calderaro D., Jardim C.V.P., Souza R. Cancer-associated thrombosis: the when, how and why // *European Respiratory Review*. 2019;28(151):180119. DOI: 10.1183/16000617.0119-2018.
47. Levitan N., Dowlati A., Remick S.C., Tahsildar H.I., Sivinski L.D., Beyth R., Rimm A.A. Rates of initial and recurrent thromboembolic disease among patients with malignancy versus those without malignancy. Risk analysis using Medicare claims data. *Medicine (Baltimore)*. 1999;(78):285–91. DOI: 10.1097/00005792-199909000-00001.
48. Magnus N., D'Asti E., Meehan B., Garnier D., Rak J. Oncogenes and the coagulation system — forces that modulate dormant and aggressive states in cancer // *Thromb. Res*. 2014;133(2):1–9. DOI: 10.1016/S0049-3848(14)50001-1.
49. Blom, J.W., Doggen, C.J., Osanto, S., Rosendaal, F.R. Malignancies, prothrombotic mutations, and the risk of venous thrombosis. *JAMA*. 2005;293(6):715–22. DOI: 10.1001/jama.293.6.715.
50. Blom J.W., Vanderschoot J.P.M., Oostindier M.J., Osanto S., van der Meer F.J., Rosendaal F.R. Incidence of venous thrombosis in a large cohort of 66 329 cancer patients: results of a record linkage study. *Journal of Thrombosis and Haemostasis*. 2006;4(3):529–35. DOI: 10.1111/j.1538-7836.2006.01804.x.
51. Воробьев А.И. Практикующая коагулопатия. М: Практическая медицина. 2012:192.
52. Буланов А.Ю. Тромбоэластография в современной клинической практике— Ньюдиамед, Москва. 2015:116.
53. Binder N. B., Depasse F., Mueller J., Wissel T., Schwes S., Germer M., Hermes B., Turecek P.L. Clinical use of thrombin generation assays // *Journal of Thrombosis and Haemostasis*. 2021;19(12):2918–2929. DOI: 10.1111/jth.15538.
54. Папаян Л.П., Головина О.Г. Чечеткин А.В., Бессмельцев С.С., Капустин С.И., Каргин В.Д., Шмелева В.М., Матвиенко О.Ю., Смирнова О.А., Наместников Ю.А. Алгоритм диагностики гемостаза и мониторинг анти тромботической терапии. Методические рекомендации. Санкт-Петербург. 2016:18.
55. Ovanesov M.V., Panteleev M.A., Sinauridze E.I., Kireev D.A., Plyushch O.P., Kopylov K.G., Lopatina E.G., Saenko E.L., Ataulkhanov F.I. Mechanisms of action of recombinant activated factor VII in the context of tissue factor concentration and distribution. *Blood Coagul Fibrinolysis*. 2008;19(8):743–55. DOI: 10.1097/MBC.0b013e3283104093.
56. Пантелеев М.А., Васильев С.А., Синауридзе Е.И., Атауллаханов Ф.И., Воробьев А.И. Практическая коагулология. М.: Практическая медицина. 2011:192.
57. Calderara D.B., Aliotta A., Zermatten M.G., Kröll D., Stirnimann G., Alberio L. Hyper-coagulability in obese patients accurately identified by combinations of global coagulation assay parameters // *Thrombosis Research*. 2020;187:91–102. DOI: 10.1016/j.thromres.2020.01.012.

© Рамазанова Заира Гаджиабдуллаховна (zaira.ramazanova.1991@inbox.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИМЕНЕНИЕ АУТОТРОМБОЦИТАРНЫХ ФАКТОРОВ РОСТА В СОЧЕТАНИИ С ЛИМФОКОРРЕКЦИЕЙ У БОЛЬНЫХ С ДЛИТЕЛЬНО НЕЗАЖИВАЮЩИМИ ВЕНОЗНЫМИ ТРОФИЧЕСКИМИ ЯЗВАМИ

APPLICATION OF AUTOPLATELET GROWTH FACTORS IN COMBINATION WITH LYMPHOCORRECTION IN PATIENTS WITH LONG-TERM NON-HEALING VENOUS TROPHIC ULCERS

**Yu. Shutov
O. Shumkov
Ya. Veryatin**

Summary. The main cause in the pathogenesis of trophic manifestations on the shin in varicose veins is chronic lymphovenous insufficiency, manifested by tissue edema. Stagnant phenomena contribute to a decrease in blood flow, ischemia and tissue necrosis. An increase in pressure in the veins by more than 30 mmHg leads to the opening of arteriovenous anastomoses, a sharp decrease in blood flow in the capillaries occurs. Retrograde blood flow through the perforant veins of the lower leg increases tissue hypoxia and the progression of destructive processes due to leukocyte aggression.

We have developed a method for the treatment of trophic venous ulcers by subulcerous application of platelet-rich autoplasm in combination with regional lymphotropic therapy. Correction and restoration of regional lymph outflow, leads to a decrease in pressure in the venous system, restoration of blood flow at the microcirculatory level. The elimination of malleolar edema of the lower leg with the subulcerous use of platelet-enriched autoplasm promotes rapid healing of an open trophic ulcer of venous etiology. The enhancement of reparative processes is associated with the influence of highly active platelet biocomponents that positively affect tissue regeneration in an open trophic ulcer. Treatment of patients with venous trophic ulcers according to the method developed by us, in any phase of the inflammatory process, promotes rapid purification and complete healing of trophic venous ulcers in a short time, while significantly reducing the likelihood of recurrence of the ulcer.

The method does not require additional equipment, is low-cost and can be used in all medical institutions of a surgical profile.

The results of treatment of patients with venous trophic ulcers were analyzed for 90 patients. 3 groups of 30 patients each. The first group of 30 patients was a control group treated according to a generally accepted method and in 2 comparison groups of 30 patients in whom subulcerous injections of platelet-enriched autoplasm were used. In the first group with lymphostimulation, in the second group without lymphostimulation.

Keywords: platelet-enriched autoplasm, varicose veins, chronic venous insufficiency, lymphostimulation.

Шутов Юрий Миронович

д.м.н., проф., ГБОУ ВПО «Новосибирский государственный
медицинский университет» Минздрава России
yumshutov@mail.ru

Шумков Олег Анатольевич

д.м.н., проф., Научно-исследовательский институт
клинической и экспериментальной лимфологии —
филиал федерального государственного бюджетного
учреждения Федеральный исследовательский центр
Институт цитологии и генетики Сибирского
отделения Российской академии наук» Новосибирск, РФ
Shumkov@gmail.com

Верятин Яков Альбертович

Ассистент, ГБОУ ВПО «Новосибирский государственный
медицинский университет» Минздрава России,
Новосибирск, Россия.
12.jacov@gmail.com

Аннотация. Основная причина в патогенезе трофических проявлений на голени при варикозной болезни, является хроническая лимфовенозная недостаточность, проявляющаяся отеком тканей. Застойные явления способствуют снижению кровотока, ишемии и некрозу тканей. Повышение давления в венах более чем на 30 мм рт. столба приводит к открытию артериовенозных анастомозов, наступает резкое снижение кровотока в капиллярах. Ретроградный кровоток по перфорантным венам голени, усиливает гипоксию тканей и прогрессированию деструктивных процессов, за счет лейкоцитарной агрессии.

Нами разработан метод лечения трофических венозных язв путем субульцерозного применения обогащенной тромбоцитами аутоплазмы в сочетании с регионарной лимфотропной терапией. Коррекции и восстановления регионарного лимфооттока, приводит снижению давления в венозной системе, восстановления кровотока на микроциркуляторном уровне. Устранение маллеолярного отека голени с субульцерозным применением обогащенной тромбоцитами аутоплазмы способствует быстрому заживлению открытой трофической язвы венозной этиологии. Усиление репаративных процессов связано с влиянием высоко активных биоконпонентов тромбоцитов, положительно влияющих на регенерацию тканей в открытой трофической язве. Лечение больных с венозными трофическими язвами по разработанной нами методике, в любой фазе воспалительного процесса, способствует быстрому очищению и полному заживлению трофической венозной язвы в короткие сроки, при этом значительно снижается вероятность рецидива язвы. Метод не требует дополнительного оборудования, малозатратен и может применяться во всех лечебных учреждениях хирургического профиля.

Результаты лечения больных с венозными трофическими язвами проанализированы на 90 больных. 3 группы по 30 больных. Первая группа в количестве 30 больных-контрольная, пролеченная по общепринятой методике и в 2 группы сравнения по 30 больных, у которых применялись субульцерозные инъекции обогащенной тромбоцитами аутоплазмы. В первой группе с лимфостимуляцией, во второй группе без лимфостимуляции.

Ключевые слова: обогащенная тромбоцитами аутоплазма, варикозная болезнь хроническая венозная недостаточность, лимфостимуляция.

Введение

Варикозная болезнь нижних конечностей — известное с древних времен заболевание, проблема лечения которого не теряет своей актуальности в настоящее время. Несмотря на то, что люди сталкивались с данной патологией еще за 1,5–2 тысячи лет до н. э. многие аспекты ее лечения еще достаточно далеки от окончательного решения [1, 2]. В настоящее время в мире от 600 тыс. до 2,5 млн людей в мире страдают хроническими трофическими язвами стоп и голени. В среднем, по данным различных источников, трофические язвы венозной этиологии составляют более 70 % от всех язв нижних конечностей [3, 4]. Несмотря на большой, накопленный за многие десятилетия опыт, проблема венозных трофических язв продолжает оставаться актуальной и требует дальнейшего изучения [5]. Отражаемые результаты исследований и статистические данные, подчеркивают сложность подбора оптимальных схем лечения, особенно в группе пожилых пациентов, учитывая многогранность клинических проявлений, усугубляющих течение язвенных процессов. Как свидетельствуют литературные данные, после различных видов хирургического лечения рецидив наблюдается 4,8–31,6 % случаях [6]. Более высокий процент возврата язвы при применения консервативных методик иногда доходящий до 100 % [7]. Это подталкивает исследователей к необходимости поиска новых тактических решений проблемы в данной группе больных

Венозная и лимфатическая система обеспечивают дренажный механизм региона. Нарушения лимфовой гемодинамики приводит к несостоятельности лимфатического аппарата, нарушению микроциркуляторного русла, увеличению капиллярной фильтрации, активация лейкоцитарной агрессии, повреждению эндотелия, повышение агрегации тромбоцитов и внутриклеточного отека [8]. Все это способствует развитию венозных язв ухудшает заживление, способствует нарастанию деструктивно-язвенных процессов в пораженной конечности [9]. Наиболее тяжелые флебогемодинамические условия складываются в нижней трети внутренней поверхности голени, где встречаются потоки крови, возникающие за счет клапанной недостаточности поверхностных вен (вертикальный рефлюкс) и перфорантов из группы Коккета (горизонтальный рефлюкс). [10]

В условиях венозного стаза и флебогипертензии имеющиеся на поверхности эндотелиальных клеток специфические адгезивные молекулы выборочно связываются с Т-лимфоцитами и макрофагами, которые замедляют движение и начинают «перекачиваться» по поверхности эндотелия. Затем они прочно связываются со стенкой микрососудов за счет реакции интегринов лейкоцитов с иммуноглобулинами. Фиксированные таким образом лейкоциты становятся причиной обструкции капил-

ляров, создавая условия для агрегации эритроцитов и тромбоцитов. В результате образуются многочисленные микротромбы, блокирующие капиллярный кровоток, что ведет к снижению перфузии тканей и развитию очагов некроза. В последующем дисфункция эндотелия микроциркуляторного русла сопровождается миграцией лейкоцитов в паравазальные ткани. Выделяющиеся из активированных лейкоцитов цитокины, лейкотриены, свободные радикалы кислорода, протеолитические ферменты и фактор активации тромбоцитов, приводят к развитию хронического воспаления и вызывают некроз кожи. [11]

В лечении хронической венозной недостаточности, а особенно при наличии трофических язв нижних конечностей, большое значение имеет воздействие на резорбционную, транспортную и пропускную функцию лимфосистемы. Второе условие, это усиление регенерации тканей в трофической язве. Регенерация ран представляет собой сложный биологический процесс, включающий гемостаз, воспаление, пролиферацию, ангиогенез, синтез и ремоделирование внеклеточного матрикса [12].

Как свидетельствуют многие отечественные и иностранные источники существующие методы местного лечения трофических язв, направленные на стимуляцию репаративных процессов и ускорения заживления, показывают недостаточную клиническую эффективность и нуждаются в совершенствовании. Успехи современной медицины во многом определяются разработкой и внедрением в практику новых технологий, которые существенно меняют традиционные представления о возможностях лечения. Одним из наиболее перспективных направлений научных поисков, безусловно, являются клеточные технологии. Выход видится в использовании препаратов и методов, позволяющих подготовить соединительную ткань за счет ремодуляции ее структуры, повышения гидрофильности, насыщения факторами роста, необходимыми для успешного функционирования клеток. Иногда подобного воздействия уже оказывается достаточно для достижения выраженного клинического эффекта. К группе полимодальных методов можно с полным основанием отнести терапию аутоплазмой обогащенной тромбоцитами. Подтвержденные многочисленными экспериментальными и клиническими исследованиями биологические эффекты позволяют считать подобную терапию одним из наиболее перспективных и до конца не изученных методов лечения [13].

Известно, что тромбоциты одни из многочисленных клеток, присутствующих в ране после повреждения. В дополнение к известным функциям гемостаза, они выделяют вещества, которые регулируют клеточные аспекты заживления мягких тканей, освобождая из себя в поврежденные ткани факторы роста, которые стимули-

руют деление и рост поврежденных клеток. Тромбоциты, после активации выделяют гранулы, которые содержат факторы роста, коагуляционные белки, молекулы адгезии, цитокины и др. В настоящее время известно около 60 активных субстанций, которые содержащихся в тромбоцитах и оказывающих влияние на процесс заживления. Они усиливают проникновение недеференцированных клеток в область повреждения и запускают процесс их митоза. Наиболее важные факторы роста: тромбоцитарный фактор роста PDGF (PDGF α , PDGF β , PDGF γ). Трансформирующий фактор роста TGF (TGF α & β); эпидермальный фактор роста, EGF; фактор роста фибробластов FGF; фактор роста кератоцитов KGF; инсулиноподобный фактор, IGF; фактор роста эндотелия сосудов, VEGF; интерлейкин 8, IL8; фактор некроза опухоли альфа, TNF α ; фактор роста соединительной ткани, CTGF; грануляционно-макрофагальный фактор колоние-стимулирующий фактор, GM-CSF. Ранее проведенные исследования показывают, что выделяемые факторы роста из тромбоцитов стимулируют пролиферацию мезенхимальных клеток.

Цель исследования: провести сравнительную оценку эффективности лечения больных трофическими язвами нижних конечностей венозной этиологии, при субъльцерозном инъекционном применении обогащенной тромбоцитами аутоплазмы в сочетании с регионарной лимфостимуляцией, с пациентами у которых не использовалась лимфостимуляция и больными, получавшими традиционную терапию.

Материал и методы

Предложен новый способ лечения больных с венозными трофическими язвами

Мы провели ретроспективное исследование 90 больных, из них женщин 72 (80 %), мужчин 18 (20 %). по поводу трофических язв нижних конечностей венозной этиологии в период с 2016–2021 гг.

Критерии включения в исследование: наличие у пациента трофической язвы площадью до 10 см², находящейся в различных фазах раневого процесса. Это хроническая венозная недостаточность III степени по классификации L.R. Widmer (1987) в модификации Е.Г. Яблокова и соав. (1999) или VI клинического класса (С6) по классификации CEAP Объединенного совета сосудистых хирургов (1994–2006), возникшая на фоне варикозной болезни и хронической венозной недостаточности. Получалось информационное согласие пациента на забор крови и проведение лечения: — субъльцерозного использования обогащенной тромбоцитами аутоплазмы и регионарной лимфостимуляцией.

Сформированы 3 группы: Основную группу составили 30 больных в которой применяли субъльцерозные

инъекции, обогащенной тромбоцитами аутоплазмы с регионарной лимфостимуляцией. Первая группа сравнения — 30 пациентов, где применяли только субъльцерозные инъекции, обогащенной тромбоцитами аутоплазмы, лимфостимулирующие инъекции не применяли.

Вторая группа сравнения — 30 пациентов, в которой лечение трофических язв проводили по распространенной общепризнанной методике. По возрасту полу, среднему значению индекса массы тела, размеру и расположению венозных трофических язв статистически значимых различий между группами не выявлено.

Результаты и обсуждение

Исходя из этого, все пациенты в зависимости от проводимого лечения были распределены на 3 группы. Основную группу составили 30 больных в которой применяли субъльцерозные инъекции, обогащенной тромбоцитами аутоплазмы с регионарной лимфостимуляцией.

Группы сравнения представлены двумя контрольными группами. Первая контрольная группа — 30 пациентов, где использовались только субъльцерозные инъекции, обогащенной тромбоцитами аутоплазмы без регионарной лимфостимуляции. Вторая контрольная группа — 30 пациентов, в которой лечение трофических язв проводили по распространенной общепризнанной методике. Полученные результаты лечения в основной группе сравнивали с результатами лечения в контрольных группах.

Предложенный нами метод сочетанного применения субъльцерозного введения обогащенной тромбоцитами аутоплазмы в сочетании с регионарной лимфостимуляцией оказался наиболее эффективным. Обогащенная тромбоцитами плазма, ускоряет наступление фазы регенерации, активизирует пролиферацию клеток фибропластического дифферона и продукцию компонентов внеклеточного матрикса, вызывая повышение функциональной активности фибробластов.

Одновременно проводимая лимфостимулирующая терапия способствовала улучшению лимфовенозного оттока, что проявлялось хорошей редукцией отека и, как следствие, улучшением микроциркуляции пораженной конечности. О чем статистически достоверно по сравнению с исходными данными ($p < 0,05$) свидетельствуют средние показатели импеданса нижней трети голени у основной группы был $46,5 \pm 2,8$ ом. Аналогичный показатель в первой контрольной группе составил $38,5 \pm 2,3$ ом разница составляет $8,0 \pm 2,5$ ом. Средние показатели импеданса во второй контрольной группе составили $31,2 \pm 3,9$ ом., разница с основной группой — $15,3 \pm 2,4$ %.

Из показателей течения раневого процесса характерно: В основной группе некролиз наступал на $3,4 \pm 0,4$

сутки от начала лечения, в I-й контрольной группе контрольной группе на $5,1 \pm 0,8$ сутки, во второй контрольной группе на $7,1 \pm 0,3$ сутки. Появление грануляционной ткани в язвах приходилось на $5,6 \pm 0,9$ сутки в основной группе; в первой контрольной группе на $8,2 \pm 1,1$ сутки; во второй контрольной группе на $14 \pm 4,1$ сутки. Признаки краевой и очаговой эпителизации появлялись на $7,3 \pm 1,2$ сутки в основной группе и на $9,5 \pm 1,3$ сутки в первой контрольной группе, и на $11,5 \pm 1,3$ сутки во второй контрольной группе. Полное заживление язв наступало на $26,2 \pm 3,4$ сутки в основной группе; в первой контрольной группе (при отсутствии лимфостимуляции) на $35,4 \pm 4,1$ сутки, во второй контрольной группе (традиционная терапия) на $41 \pm 3,7$ сутки, в 5 случаях заживление язвы к этому сроку не наступило.

Эффективность лечения по предложенной методике в основной группе отражают данные уменьшения площади трофической язвы, так скорость уменьшения площади венозной трофической язвы в основной группе (субульцерозное применение обогащенной тромбоцитами плазмы, в сочетании с регионарной лимфостимуляцией) в среднем составила $8,1 \pm 0,9$ % в сутки, в первой контрольной группе где использовались только субульцерозные инъекции обогащенной тромбоцитами аутоплазмы без регионарной лимфостимуляции — $3,9 \pm 0,6$ %, во второй контрольной группе (традиционные методы лечения) — $2,3 \pm 1,4$ %. Разница уменьшения площади трофической язвы основной группы с первой контрольной группой составила $4,2 \pm 0,8$ %, со второй контрольной группой составила $5,8 \pm 1,2$ %. Скорость заживления в основной группе по сравнению с первой контрольной группой была интенсивнее в 2,3 раза, а со второй контрольной группой (традиционная методика) эффективнее в 3,9 раза.

Цитологические исследования показали, что у пациентов основной группы уже с 7-х по 14 сутки значительно уменьшалось содержание дегенерируемых нейтрофилов, повышалась фагоцитарная активность лейкоцитов и макрофагов, появлялись профибробласты и молодые фибробласты, формировался полноценный соединительнотканый регенерат. К 21 суткам нарастало количество фибробластов, встречались группы эпителиоцитов базального и шиповатого слоев, у большинства больных значительная часть язвенной поверхности была эпителизирована полноценным регенератом. К 4 неделям после 5 субульцерозных инъекций обогащенной тромбоцитами аутоплазмы плюс проведенной регионарной лимфостимуляции наступала полная эпителизация трофической язвы и только у одного пациента потребовалось продолжение терапии.

Исследование количественного состава клеток в мазках-отпечатках показало, что под влиянием лечения по предложенной методике более интенсивно и с яв-

ным опережением нарастало количество нейтрофилов, моноцитов, макрофагов, фибробластов и эпителиоцитов по сравнению с первой и второй контрольных групп.

В отличие от этого, у больных второй группы сравнения (традиционные методы терапии) к 7 суткам в мазках-отпечатках преобладали нейтрофильные лейкоциты, многие из которых находились в состоянии дистрофии и дегенерации. Фагоцитарная активность нейтрофилов и макрофагов была низкой, нередко встречались клетки с незавершенным фагоцитозом. Через 21 день увеличивалось количество неизмененных форм нейтрофилов и моноцитов. К 30 суткам терапии, при сохранении дегенеративно измененных нейтрофилов, выявлялись профибробласты и фибробласты. Через 4 недели отмечались немногочисленные эпителиальные клетки, среди которых преобладали эпителиоциты в состоянии дистрофии и дегенерации. Таким образом, при традиционном консервативном лечении венозных трофических язв у большинства больных только к 21 дню появлялись первые признаки регенераторной фазы. У первой группы сравнения (только субульцерозные инъекции, обогащенной тромбоцитами аутоплазмы без регионарной лимфостимуляции) признаки регенераторной фазы наступали раньше чем у второй контрольной группы, но все равно значительно позднее основной группы к 14 дням проводимого лечения. По данным бактериологических исследований, к 21 дню в основной группе у 70 % больных наблюдалась полная санация язв. Наряду с этим, уже в течении 2-х недель лечения (7–14 сутки) в основной группе значительно уменьшилось количество микробных ассоциаций с 62,5 % до 21,3 % и увеличилось количество монокультур с 37,5 % до 78,7 %. Наблюдаемая динамика качественного состава микрофлоры венозных трофических язв, в целом, свидетельствовала бактериостатическом и бактериоцидном влиянии обогащенной тромбоцитами плазмы.

КЛИНИЧЕСКИЙ ПРИМЕР: Больная Г., 57 лет. В течение 25 лет страдала варикозной болезнью нижних конечностей. Неоднократно проходила лечение в поликлинике. Язва заживала в течении 3–4 мес. Но каждый раз спустя 5–6 мес вновь открывалась. Последние 3 года язва не имела тенденцию к заживлению, При осмотре: на переднемедиальной поверхности голени в нижней трети, язва 4 см на 3 см (площадь 12 см²), глубиной до 1,3 см на фоне трофически измененных окружающих тканей, индурации подкожной клетчатки, гиперпигментации кожи. Язва с неровными краями, с хорошо видимым окружающим инфильтрационным валом. Выраженный некроз подкожной клетчатки, фасции, апоневроза, прилежащих мышц. Отделяемое — серозно-гнойное, грануляции отсутствуют. Выраженный отек голени, стопы — рис. 1.

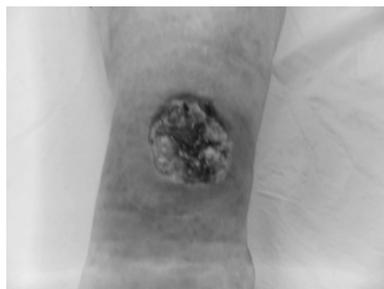


Рис. 1. Больная Г., 57 лет трофическая язва нижней трети левой голени

На рис. 2 представлено цитологическое исследование трофической язвы

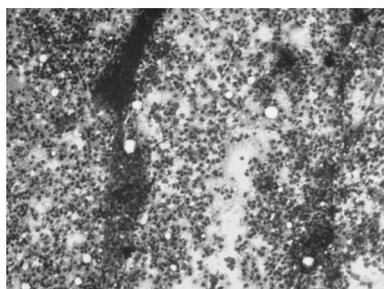


Рис. 2. Больная Г. 57 лет. Наблюдается массивное скопление детрита и лейкоцитарная реакция. В мазках преобладают сегментоядерные нейтрофилы (некротический тип цитограммы) Окраска гематоксилин-эозином Об x 10; Ок x 15.

На рис. 3 представлен вид язвы после 7 дней от начала лечения.



Рис. 3. Больная Г. 57 лет. Вид трофической язвы через 7 дней от начала лечения. Язва полностью очистилась от некроза, хорошо выражена краевая эпителизация.

На Рис. 4 представлена цитограмма на 7 суток от начала лечения.

На Рис. 5 представлен вид трофической язвы на 14 сутки от начала лечения

На Рис. 6 представлена цитограмма на 14 суток лечения

На Рис. 7 представлен вид зажившей язвы на 25 день от начала лечения

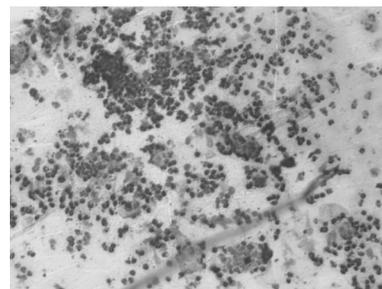


Рис. 4. Больная Г. 57 лет. Цитограмма на 7 сутки после лечения. Преобладают клетки фибропластического дифферона, (воспалительно-регенераторный тип цитограммы) Окраска гематоксилин-эозином, Об x10; Ок x 15



Рис. 5. Больная Г. 57 лет 14 суток от начала лечения— по разработанной методике. Язва полностью покрыта свежими грануляциями с хорошей краевой эпителизацией

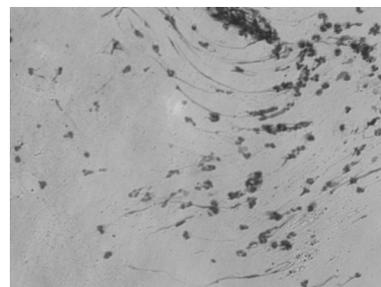


Рис. 6 Б. Г. 57 лет. 14 суток от начала лечения в мазке отпечатке преобладают макрофаги и фибробласты (регенераторный тип цитограммы.) Окраска гематоксилин-эозином Об x10; Ок x15



Рис. 7. Б.Г.,57 лет. После пяти субъульцерозных инъекций обогащенной тромбоцитами аутоплазмы с регионарной лимфостимуляцией полная эпителизация трофической язвы

Таким образом, результаты проведенного нами исследования продемонстрировали высокую эффективность лечения венозных трофических язв путем субъульцерозного инъекционного использования обогащенной тромбоцитами аутоплазмы плазмы в сочетании с регионарной лимфостимуляцией. Субъульцерозное введение обогащенной тромбоцитами аутоплазмы позволяет обойти инфильтрационно-некротический барьер по окружности трофической язвы, осуществить быстрое непосредственное воздействие тромбоцитов на патологический процесс. Одновременная лимфостимулирующая терапия приводит к редукции отека,

улучшению микроциркуляции. Это позволяет добиться быстрого очищения язвы от некротических тканей, усилению репаративных процессов и полного заживления язвы в короткие сроки.

Результаты исследования показали, что инъекционное субъульцерозное применение обогащенной тромбоцитами аутоплазмы, в сочетании с регионарной лимфостимуляцией у больных с венозными трофическими язвами, позволило добиться значительного улучшения клинических результатов с благоприятным исходом лечения у 29 больных из 30 пациентов — 96,6 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бокерия Л.А., Михайличенко М.В., Коваленко В.И. Оптимизация хирургического лечения больных с варикозной болезнью нижних конечностей // Российский медицинский журнал. 2015. Т. 21, № 1. С.10–14.
2. Шанаев И.Н. Современные теории патогенеза трофических язв венозной этиологии // Наука молодых. 2019. Т. 7, № 4. С. 600–611.
3. Arias V.L. Microcurrents in varicose ulcers // Book of abstract 11th St Petersburg Venous Forum. 1st International Phlebology Forum. St Petersburg: [S. n.], 2018. P. 5–6.
4. Швальб П.Г., Швальб А.П., Грязнов С.В. Возможные пути воздействия на трофическую язву при хронической венозной недостаточности с учетом особенностей ее формирования // Кубанский научный медицинский вестник. 2009. Т. 1, № 7 (112). С. 157–161.
5. Alexander JB. Lower-Extremity Vascular Ulcers: Assessment and Approaches to Management. Med Clin North Am. 2023;107(5):911–923. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2023.05.003>.
6. Podgórski R, Sumińska M, Rachel M, Piłkuła B, Fichna P, Bidlingmaier M, Fichna M. Changes of androgen and corticosterone metabolites excretion and conversion in cystic fibrosis. Front Endocrinol (Lausanne). 2023;14:1244127. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1244127>
7. Адмакин, А.Л. Комплексный подход к восстановлению кожного покрова у пациентов с трофическими язвами голеней и стоп / Адмакин А.Л., Максютя В.А., Гарипов Р.Р., Коваленко А.А. — Текст: непосредственный // *Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии.* — 2015 — №1. — С.49–50.
8. Глухов, А.А. Клиническая эффективность различных способов дебридмента трофических язв венозной этиологии / А.А. Глухов, М.В. Аралова. — Текст: непосредственный // *Новости хирургии.* — 2017. — Т. 25, №3. — С.257–266.
9. Иванова А.А. Трофическая язва — проблема современной хирургии / А.А. Иванова, А.А. Антонова, Д.М. Финагеев, Н.В. Халилова Н.В. [и др.]. — Текст: непосредственный // *Молодежный научный форум: естественные и медицинские науки.* — 2017. — Т.44. — №5. — С.93–98.
10. Ronceray S, Miquel J, Lucas A, Piérard GE, Hermanns-Lê T, De Paepe A, Dupuy A. Ehlers-Danlos Syndrome Type VIII: A Rare Cause of Leg Ulcers in Young Patients. Case Rep Dermatol Med. 2013;469505. <https://doi.org/10.1155/2013/469505>.
11. Винник, Ю.С. Функциональная активность клеток гранулоцитарного звена с длительно не заживающими ранами на фоне хронической венозной недостаточности / Ю.С. Винник, Г.Э. Карапетян, Л.В. Кочеткова, Р.А. Пахомова—Текст электронный// *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова.* — 2019. — №1. — С.37–42.
12. Магомедов М.М. Комплексное лечение длительно не заживающих трофических язв венозной этиологии. /М.М. Магомедов, М.А. Магомедов, А.А. Магомедов, И.Г.Ахмедов//*Ангиология и сосудистая хирургия* — 2020. — Т.26 — №1. — С.62–67.
13. Мастыков, В.П. Эффективность применения обогащенной тромбоцитами плазмы при лечении травматических дефектов хряща суставных поверхностей / А.Н. Мастыков, В.П. Дейкало, И.В. Самсонова, К.Б. Болобошко. — Текст: непосредственный // *Новости хирургии.* — 2013. — Т.21. — С.3–9.

© Шуттов Юрий Миронович (yumshutov@mail.ru); Шумков Олег Анатольевич (Shumkov@gmail.com);

Верятин Яков Альбертович (12jacov@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

Наши авторы

Akhmetkhanova O. — Maxillofacial surgeon, postgraduate student, Federal State Budgetary Institution National Medical Research Center «Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow

Aliev N. — Assistant, Dagestan State Medical University; Head of the Polyclinic Department of the CLD Clinic; endoscopist at GBU RD Republican Clinical Hospital No. 2, (Makhachkala)

Apeshin D. — Volga State University of Telecommunications and Informatics, Samara

Bekirova S. — Order of the Red Banner of Labor S.I. Georgievsky Medical Institute, Simferopol

Belous V. — Cancer surgeon, Applicant, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University

Bessonov S. — Doctor of Medical Sciences, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Yaroslavl State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Bolgov D. — Postgraduate student, Voronezh State Medical University named after N.N.Burdenko, Ministry of Health of the Russian Federation

Brysin A. — PhD, assistant professor, MIREA — Russian Technological University

Burdyukov M. — MD, Associate Professor, Russian Academy of Continuing Professional Education, endoscopist; GBUZ GKB named after Botkina DZM; head of the Center for Endosurgery of the Federal Network of clinics «Euroonko» (Moscow)

Butsan S. — MD, Maxillofacial surgeon, Federal State Budgetary Institution National Medical Research Center «Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow

Chernigin A. — Postgraduate student, assistant, MIREA — Russian University of Technology

Chernyshova E. — Junior Researcher, LLC RESEARCH ENGINEERING CENTER «SINTEZ»

Chernyshova T. — Senior Lecturer, K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University)

Our authors

Chiskidov S. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Academy of Civil Protection EMERCOM of Russia, Khimki (Moscow region)

Doshchik K. — Postgraduate student of FSBEI HE «KSTU», Russian Federation, Kaliningrad

Elin V. — PhD (Pedagogical), Associate Professor, Financial University under the Government of the Russian Federation; Associate Professor, V.Ya. Kikot Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia

Ermakova T. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Moscow City University (MCU)

Ershov A. — Doctor of Medical Sciences Professor, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov Ministry of Health of the Russian Federation

Gburi Osamah Qasim Abd Zaid — Postgraduate student, Saratov state technical university named after Yuri Gagarin

Gerasimenko I. — Associate Professor, Associate Professor, Stavropol State Medical University

Goncharov A. — Candidate of Technical Sciences, associate professor, K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University)

Isaeva A. — Traumatologist-orthopedist, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Stavropol State Medical University

Ismailov E. — Order of the Red Banner of Labor S.I. Georgievsky Medical Institute, Simferopol

Jalilov A. — Candidate of Medical Sciences, A.N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery of the Ministry of Health of the RF

Karaeva A. — Assistant Professor, Department of Dagestan State Medical University (Makhachkala); Chief Physician, CLD Clinic; Head of the Computed Tomography Office of the GBU RD «A.V. Vishnevsky Republican Clinical Hospital» (Makhachkala)

Kareem Mohammed Hakeem Kareem — Postgraduate student, Saratov state technical university named after Yuri Gagarin

Khamidov M. — MD, Professor, Dagestan State Medical University (Makhachkala)

Kilyakov D. — Postgraduate student, FSBEI HE «MSTU «STANKIN»

Kim V. — Postgraduate student, obstetrician-gynecologist, Russian University of Medicine

Klyuchnikov I. — Dr. Sciences, Professor, Ch. scientific et al., A.N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery of the Ministry of Health of the RF

Kobzisty S. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia

Konuzel E. — Graduate student, Baikal State University

Kornienko D. — Cand. Sci. (physics and mathematics), Associate Professor, associate professor, Bunin Yelets State University

Korotkij A. — Senior Lecturer, K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University)

Kucherenko Yu. — Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Order of the Red Banner of Labor S.I. Georgievsky Medical Institute, Simferopol

Kumakhov A. — Assistant, FSBEI HE «NOSMA», Vladikavkaz

Kuneshko N. — Candidate of Medical Sciences, head of the maternity hospital, Odintsovo district hospital — Odintsovo maternity hospital

Kurbanov R. — Maxillofacial surgeon, postgraduate student, Federal State Budgetary Institution National Medical Research Center «Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow

Kuznetsov S. — MD, Professor, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Ministry of Health of the Russian Federation

Leonov P. — National Research Nuclear University «MEPhI»

Litvinov D. — Graduate student, Plekhanov Russian University of Economics

Lubentsov A. — Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Professor, Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia

Mammadova S. — Ph.D. honey. Sciences, ml. scientific et al., A.N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery of the Ministry of Health of the RF

Marchenko Ch. — ROSBIOTEKH

Merzlyakov V. — Dr. Sciences, Head of Department, A.N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery of the Ministry of Health of the RF

Mirzoev R. — North Ossetian State Medical Academy

Musina A. — National Research Nuclear University «MEPhI»

Mustafaeva L. — Order of the Red Banner of Labor S.I. Georgievsky Medical Institute, Simferopol

Nesterov S. — Postgraduate, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «MIREA — Russian Technological University»

Nikiforov A. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Tyumen Industrial University

Orlovskaja Iu. — Orthodontist, MOSORTO Orthodontics Clinic named after Lawrence Andrews

Orlovskiy D. — Chief physician, orthodontist, MOSORTO Orthodontic Clinic named after Lawrence Andrews

Pertsev I. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Siberian state university of telecommunications and information science

Petrakova N. — Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Bryansk State Agrarian University

Petrov V. — Candidate of Technical Sciences, associate professor, FSBEI HE «MSTU «STANKIN»

Plotnikov S. — Candidate of Technical Sciences, associate Professor, MIREA – Russian University of Technology

Ponomarev A. — Maxillofacial surgeon, Federal State Budgetary Institution National Medical Research Center «Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow

Popov A. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, REU im. G.V. Plekhanov

Popov D. — Postgraduate, Bunin Yelets State University

Potapova D. — Lecturer, MIREA — Russian Technological University

Prostakova A. — LLC «HKF Bank»

Pulatov O. — Karshi Branch, Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Cardiology

Ramazanova Z. — PhD student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky» of the Ministry of Health of the Russian Federation, cardiologist CHUZ «CB «RZD-Medicine» Saratov»

Romashkova O. — Doctor of Engineering, Professor, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Moscow

Salomov M. — Sciences, ml. scientific et al., A.N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery of the Ministry of Health of the RF

Shakova Z. — Assistant, FSBEI HE «KBSU named after H.M. Berbekov», Nalchik

Shamilova S. — Candidate of Medical Sciences, Assistant, Dagestan State Medical University; Deputy Chief Physician of the CLD Clinic for Medical Work (Makhachkala)

Shorstov Ia. — Maxillofacial surgeon, Candidate of Medical Sciences, Department of Reconstructive and Plastic Surgery, Moscow State University. M.V. Lomonosov

Shumkov O. — Doctor of Medical Sciences, Prof., Research Institute of Clinical and Experimental Lymphology, branch of the federal state budgetary institution, Federal Research Center. Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, RF

Shurygin A. — MIREA – Russian Technological University

Shutov Yu. — Doctor of Medical Sciences, Prof., State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Novosibirsk State Medical University» of the Ministry of Health of Russia

Sidorin S. — Moscow Aviation Institute (National Research University)

Sitnyakovskaya E. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Siberian state university of telecommunications and information science

Sivkov Yu. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Tyumen Industrial University

Skopin A. — Ph.D. honey. Sciences, ml. scientific et al., A.N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery of the Ministry of Health of the RF

Sokolov I. — Graduate student, St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics

Suzdalsky D. — Graduate student, Russian Economic University. G.V. Plekhanov

Tandelova I. — North Ossetian State Medical Academy

Titkov A. — LLC «VashExpert»

Tkachenko M. — Doctor of medical prevention, Voronezh City Polyclinic No. 22, Voronezh

Tolstihina D. — Order of the Red Banner of Labor S.I. Georgievsky Medical Institute, Simferopol

Trifanov D. — LLC «VK-IT»

Tsaregorodtsev A. — Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Chief Researcher, Financial University under the Government of the Russian Federation

Ulimbasheva E. — Assistant, FSBEI HE «KBSU named after H.M. Berbekov», Nalchik

Verezubova N. — Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Moscow State Academy Veterinary Medicine and Biotechnology named after K.I. Scriabin

Veryatin Ya. — Assistant, State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Novosibirsk State Medical University» of the Ministry of Health of Russia

Vorobev A. — Volga State University of Telecommunications and Informatics, Samara

Yablokov A. — Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, ROSBIOTEKH

Yakovleva O. — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Moscow State Academy Veterinary Medicine and Biotechnology named after K.I. Scriabin

Yakovleva O. — Post-graduate student, Moscow City University (MCU)

Zakharova O. — Associate professor, candidate of technical sciences, Research Laboratory of II, Volga Region State University of Telecommunications and Informatics, Samara

Zhang Chen — Undergraduate student, Baltic State Technical University «Voenmeh»

Zhuravleva Yu. — PhD, assistant 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).