

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№10 2022 (ОКтябрь)

Учредитель журнала
Общество с ограниченной ответственностью
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Журнал издается с 2011 года.

Редакция:

Главный редактор
А.В. Царегородцев
Выпускающий редактор
Ю.Б. Миндлин

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>

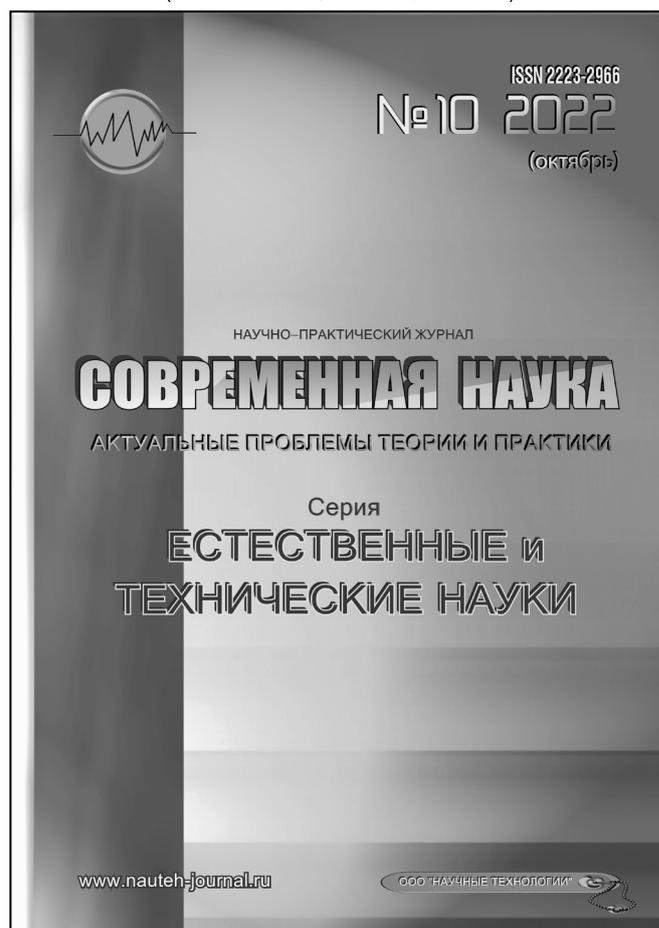
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(BAK – 05.13.00, 03.02.00, 14.01.00)



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»:
Актualityные проблемы теории и практики» обязательна.

Журнал отпечатан в типографии
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296
Подписано в печать 10.10.2022 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. Серикбаева

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., с.н.с., Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Общая биология

Зулфигарова В.Ш., Гюльяхмедов С.Г., Бахшалиева К.Ф. — Ингибирование *listeria monocytogenes* 302 в модельных образцах сыра с помощью *in situ* продуцируемых оцинов молочнокислых бактерий
Zulfigarova V., Gulahmadov S., Bakhshaliyeva K. — Inhibition of *listeria monocytogenes* in a model cheese samples using *in situ* produced bacteriocins by lactic acid bacteria. 7

Куприянов О.А., Шатилов Д.А., Манаков Ю.А., Куприянов А.Н. — Природоподобные технологии восстановления растительного покрова на отвалах
Kupriyanov O., Shatilov D., Manakov Yu., Kupriyanov A. — Nature-like technologies for restoring vegetation cover on dumps 13

Ларионова Е.Ю., Голодков Ю.Э. — Математическое моделирование химического строения и биологической активности прекурсоров меклоквалона
Larionova E., Golodkov Yu. — Mathematical modeling of the chemical structure and biological activity of the mecloqualone precursors 19

Монтина И.М. — Микробиологические сообщества бактерии и растений (микробоценозы)
Montina I. — Microbiological communities of bacteria and plants (microbocenoses) 25

Фасыхов А.Р., Гайнуллина Л.Р., Тимербаева А.Л. — Разработка опросной формы для расчета углеродного следа предприятий и продукции
Fasykhov A., Gainullina L., Timerbaeva A. — Development of a question form for calculation of the carbon footprint of enterprises and products ... 28

Цехомский А.В., Нefeldова Л.В. — Применение ДНК скрининга как один из необходимых факторов поддержания коллективного здоровья нации
Tsekhomsky A., Nefedova L. — Application of DNA screening as one of the necessary factors for supporting the collective health of the nation 33

Информатика, вычислительная техника и управление

Аль-Духейдахави Муртадха Ахмед Лутти, Аль Насрави Фарис Хазим Абдулсада — Повышение эффективности интерфейсов «мозг-компьютер», создаваемых на основе сигналов ЭЭГ
Al-Duheidahawi Murtadha Ahmed Luti, Al-Nasrawi Faris Hazim abdulsada — Improving the efficiency of brain-computer interfaces created on the basis of EEG signals 38

Амоа Куадио-кан Армел Жеафруа — Многоагентный подход к построению распределенной архитектуры веб-приложения
Amoa Kouadio-kan Armel Geafroy — Multi-agent approach to building a distributed web application architecture 47

Баженов П.А. — Анализ существующих подходов к составлению ремонтных расписаний на предприятии
Bazhenov P. — Analysis of existing approaches to compiling repair schedule at the enterprise 52

Блощинский В.Д. — Применение настраиваемых моделей на фильтрах Лагерра для поиска параметрических дефектов в нелинейных САУ
Bloshchinskiy V. — Application of configurable models on Laguerre filters for finding parametric defects in nonlinear ACS 57

Гагарина Л.Г., Гайдук И.О. — Использование искусственных нейронных сетей для определения опорных объектов на срезах облаков точек
Gagarina L., Gaiduk I. — Using artificial neural networks to determine reference objects on point cloud slices 63

Герашенкова Т.М., Синюкова Ю.А. — Модель системы управления формированием мнения обучающихся высшего учебного заведения
Gerashenkova T., Sinyukova Yu. — Model of the management system for the formation of students' opinion of the higher educational institution 67

Гончарова А.Б., Колпак Е.П. — О кинетике Гомперца в математических моделях новообразований <i>Goncharova A., Kolpak Eu.</i> — About Gompertz kinetics in mathematical models of neoplasms.....70	Похорукова М.Ю., Пиманов А.Е. — Автоматизированное наполнение материалами сообществ «вконтакте» <i>Pohorukova M., Pimanov A.</i> — Automated filling of vkontakte communities with materials104
Ефимова В.А. — Автоматическое определение места действия текста <i>Efimova V.</i> — Automatic location detection of the text...76	Прусс Б.Н., Романов В.А., Плескачева О.Ю., Цветков В.В. — Создание информационной системы мониторинга серверного оборудования <i>Pruss B., Romanov V., Pleskacheva O., Tsvetkov V.</i> — Creation of information system for monitoring server equipment.....110
Канонир Г. — Обучение с подкреплением на основе модели иерархической темпоральной памяти <i>Kanonir G.</i> — Reinforcement learning based on hierarchical temporal memory model80	Самданов Г.Б. — Моделирование основного направления деятельности дежурной части территориального органа МВД России на районном уровне как системы массового обслуживания <i>Samdanov G.</i> — Modeling of the main activity of the duty unit of the territorial body of the Ministry of the Interior of Russia at the district level as a queuing system117
Карелова О.Л., Лазарева М.В. — Методика сравнения современных методов аутентификации <i>Karelova O., Lazareva M.</i> — The modern authentication methods comparison technique.....84	Сафрончик М.И., Андрейченко Д.К. — Моделирование неустановившегося «запаздывающего» течения вязкопластичной жидкости по наклонной плоскости с учетом эффекта пристенного скольжения <i>Safronchik M., Andreichenko D.</i> — Simulation of an unstable delayed flow of a viscoplastic fluid along an inclined plane, taking into account the effect of wall sliding.....123
Копылов Д.В. — Использование Elastic Stack для сбора анализа журнальных записей в ecommerce системе на базе Magento <i>Kopylov D.</i> — Using the Elastic Stack to collect log data in a Magento based ecommerce systems.....88	Томаев М.Х., Санакоев А.В. — Задача оптимизации производительности размещения массивов данных переменной длины в оперативной памяти ЭВМ <i>Tomaev M., Sanakoev A.</i> — The problem of optimizing the performance of placement of variable-length data arrays in computer ram132
Новиков П.В. — Логическое программирование решателей для локальных геометрических задач <i>Novikov P.</i> — Logical programming of solvers for local geometric problems.....91	Тутыгин В.С., Прокофьев О.В. — Новый метод диагностики болезней растений на основе цифрового описания изображений листьев и нейронной сети прямого распространения <i>Tutygin V., Prokofiev O.</i> — A new method for diagnostics of plant diseases based on digital description of leaf images and forward propagation neural135
Павличева Е.Н., Ромашкова О.Н. — Программно-информационное обеспечение поддержки принятия решений в многоуровневых образовательных системах <i>E. Pavlicheva, Romashkova O.</i> — Software and information support for decision-making in multi-level educational systems99	

- Черкесова Л.В., Ревякина Е.А., Енгибарян И.А., Ревякин А.И.** — Сравнительный анализ эффективности применения языков программирования Java и Kotlin
Cherkesova L., Revyakina E., Yengibaryan I., Revyakin A. — Comparative analysis of application effectiveness of the programming languages Java and Kotlin144
- Чубаров Ф.Л., Плахов С.А., Никитин А.В., Голиков А.С.** — Отработка модели высокоточного быстродействующего следящего электромеханического привода и её применение в системе регулирования паровой турбины
Chubarov F., Plakhov S., Nikitin A., Golikov A. — Development of a model of a high-precision high-speed tracking electromechanical drive and its application in the steam turbine control system152
- Шаламов В.В., Ефимова В.А., Фильченков А.А.** — Перевод нейронной сети в векторное представление
Shalamov V., Efimova V., Filchenkov A. — Translation of a neural network into a vector representation159
- Шутов В.А., Шоленинов М.В., Котилевец И.Д., Кашурин Л.В., Богадельщикова Е.В., Шишов В.Д.** — Анализ уязвимостей Интернет вещей
Shutov V., Sholeninov M., Kotilevets I., Kashurin L., Bogadelshchikova Ev., Shishov V. — Vulnerability analysis of the Internet of Things163
- Бережанский П.В.** — Выявление факторов риска аллергического ринита у детей разного возраста, проживающих в центральном федеральном округе
Berezhanskiy P. — Identification of risk factors for allergic rhinitis in children of different ages living in the Central Federal District167
- Гатина Г.А.** — Характер реализации репродуктивной функции женщин села и города республики Дагестан
Gatina G. — The nature of the realization of the reproductive function of women in the village and towns of the Dagestan republic183
- Емельянова Д.И., Дворянский С.А., Лагоша Р.Ю., Беккер Е.Д., Оспищева Е.А.** — Клинический анализ родов, индуцированных амниотомией
Emelyanova D., Dvoryansky S., Lagosha R., Becker E., Ospischeva Ev. — Clinical analysis of labor induced by amniotomy189
- Зиганшина Л.З., Зулкарнеева Э.М.** — Современная тактика ведения женщин с генитоуринарным синдромом
Ziganshina L., Zulkarneeva E. — Modern management tactics for women with genitourinary syndrome192
- Кильдебекова Р.Н., Биккинина Г.М., Вардилян А.Г.** — Оценка эффективности фабомотизола у больных артериальной гипертензией с метеочувствительностью по показателям активности регуляторных систем
Kildebekova R., Bikkinina G., Vardikyan A. — Evaluation of the effectiveness of fabomotizol in patients with arterial hypertension with meteosensitivity by indicators of activity of regulatory systems195
- Лазарев С.А., Ле Тху Чанг, Аверьянов С.В.** — Изменение в височно-нижнечелюстном суставе в различных функциональных состояниях по результатам конусно-лучевой компьютерной томографии
Lazarev S., Le Tkhu Chang, Averianov S. — Changes in the temporomandibular joint in different functional states according to cone beam computed tomography200
- Мочалова А.С.** — Комплексная реабилитация онкологических пациентов, получающих иммунотерапию
Mochalova A. — Comprehensive rehabilitation of cancer patients receiving immunotherapy206
- Плиев С.А., Хутиев Ц.С., Беслекоев У.С.** — Факторы риска развития послеоперационного панкреатита
Pliev S., Khutiev T., Beslekoev U. — Risk factors for the development of postoperative pancreatitis 212

<i>Рашидова С.С.</i> — Способы снижения сроков реабилитации пациентов после операции аорто-коронарное шунтирование <i>Rashidova S.</i> — Ways to reduce the terms of rehabilitation of patients after aorto-coronary bypass surgery215	<i>Ю Юаньбин, Косенков А.Н., Е Хаожань, Белов Ю.В.</i> — Методы хирургической коррекции гипертрофической кардиомиопатии у взрослых: от истоков до современных технологий. обзор литературы и результаты собственных исследований <i>You Yuanbing, Kosenkov A.N., Ye Haoran, Belov Yu.</i> — Methods of surgical correction of hypertrophic cardiomyopathy in adults: from the early origins to modern technologies. literature review and own research results.224
<i>Султанова О.Э., Чернышева Е.Н., Кузьмичев Б.Ю., Попов Е.А., Осипова А.А.</i> — Взаимосвязь между уровнем гомоцистеина и показателями липидного профиля у пациентов с острым коронарным синдромом на фоне синдрома недифференцированной дисплазии соединительной ткани <i>Sultanova O., Chernysheva E., Kuzmichev B., Popov Ev., Osipova A.</i> — The relationship between homocysteine levels and lipid profile indicators in patients with acute coronary syndrome against the background of undifferentiated connective tissue dysplasia syndrome219	Информация Наши авторы. Our Authors234
	Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале238

ИНГИБИРОВАНИЕ *LISTERIA MONOCYTOGENES* 302 В МОДЕЛЬНЫХ ОБРАЗЦАХ СЫРА С ПОМОЩЬЮ *IN SITU* ПРОДУЦИРУЕМЫХ ОЦИНОВ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ

INHIBITION OF *LISTERIA MONOCYTOGENES* IN A MODEL CHEESE SAMPLES USING *IN SITU* PRODUCED BACTERIOCINS BY LACTIC ACID BACTERIA

V. Zulfigarova
S. Gulahmadov
K. Bakhshaliyeva

Summary. The growth dynamics of *Lactobacillus delbrueckii* spp. *lactis* A7 and *Enterococcus faecalis* S5 and the intensity of *in situ* production of bacteriocins, as well as the possibility of using them to inhibit the growth of *L. monocytogenes* 302 during the maturation of model cheese samples were studied. With the same amount of initial inoculum ($\log 3$ CFU/g of cheese), 7.2 log units of live cells of *L. delbrueckii* *lactis* A7 and 6.1 log units *E. faecalis* S5 were found at the end of the cheese ripening period. The maximum titer of bacteriocin A7 and enterocin S5 in the medium, which was detected at the end of the first week of the maturation process, was 1200 IU/g and 2200 IU/g, respectively. In the absence of inhibitory factors, the amount of primary inoculum *L. monocytogenes* 302 in cheese increased 2.5 times. *L. delbrueckii* spp. *lactis* A7 and *E. faecium* S5, as well as bacteriocin A7 and enterocin S5, inhibited the growth of *L. monocytogenes* in cheese by 40%, 63%, 61% and 74%, respectively.

Keywords: cheese, *Listeria monocytogenes*, biocontrol, bacteriocin.

Зулфигарова Вусала Шахин

Преподаватель, Университет Одлар Йурду (Баку)
nazarli.vusala@gmail.com

Гюльяхмедов Саиб Гурбан

Д.б.н, Бакинский Государственный Университет
sahib66@rambler.ru

Бахшалиева Конул Фарух

Д.б.н., доцент, Институт Микробиологии
Министерства Науки и Образования Республики
Азербайджан
konul.baxsh@mail.ru

Аннотация. Изучено динамика роста штаммов *Lactobacillus delbrueckii* spp. *lactis* A7 и *Enterococcus faecalis* S5 и интенсивность *in situ* продуцирования бактериоцинов, а также возможности с их помощью ингибирования роста *L. monocytogenes* 302 в процессе созревания модельных образцов сыра. При одинаковом количестве начального посевного материала ($\log 3$ КОЕ/г сыра), в конце периода созревания сыра было обнаружено 7,2 log единиц живых клеток *L. delbrueckii* spp. *lactis* A7 и 6,1 log единиц *E. faecalis* S5. Максимальный титр бактериоцина A7 и энтероцина S5 в среде, который был обнаружен в конце первой недели процесса созревания, составил 1200 ПЕ/г и 2200 ПЕ/г, соответственно. При отсутствии ингибирующих факторов количество первичного посевного материала *L. monocytogenes* 302 в сыре увеличилось в 2,5 раза. *L. delbrueckii* spp. *lactis* A7 и *E. faecium* S5, а также бактериоцин A7 и энтероцин S5 ингибировали рост *L. monocytogenes* в составе сыра на 40%, 63%, 61% и 74%, соответственно.

Ключевые слова: сыр, *Listeria monocytogenes*, биоконтроль, бактериоцин.

1. Введение

Обеспечение людей безопасными продуктами пищи является одной из основных проблем во всем мире. По данным ВОЗ, в результате употребления некачественных и небезопасных продуктов ежегодно заболевают больше миллиона людей. Причиной болезней пищевого происхождения не редко служат патогенные микроорганизмы, такие как, представители родов *Listeria*, *Salmonella*, *Staphylococcus* и т.д. [12].

В частности, при листериозе, возбудителем которого является *Listeria monocytogenes*, у больных возникает менингит. Подавляющему большинству таких больных требуется стационарное лечение, а прибли-

зительно, у одной трет из них наблюдается летальный эффект [3]. Эти бактерии способны расти при 4 °С, pH 4,5 и в присутствии 12% соли. Поэтому, при загрязнении продуктов пищи этим патогеном они портятся и становятся опасным для потребления [8]. Клетки *Listeria* часто обнаруживаются в молоке, разных видах сыра, сосисок, а также в морепродуктах. Источниками загрязнения могут быть непосредственно сырье и неосторожные процессы производства [4].

Из-за резистентности к стрессовым факторам окружающей среды, следовательно, и вездесущности этого патогена, исследователями предпринимаются самые разные способы искоренения его из состава пищевых продуктов. Эти способы условно можно разделить на три группы: физические (термическая обработка

продуктов, высокое давление и т.д.), химические (добавление синтетических консервантов) и биологические.

С помощью физических методов не всегда получаются желаемые результаты, к тому же, они применяются при производстве ограниченного ассортимента пищевых продуктов. Что касается синтетических консервантов, то все большее число современных потребителей обеспокоены синтетическими консервантами и требуют минимально обработанных пищевых продуктов [11]. Эти обстоятельства выводят на первый план биологические методы борьбы с патогенными микроорганизмами, которая основывается на применении естественных антимикробных метаболитов из различных живых источников. При этом, перспективным способом сохранения пищевых продуктов является использование бактериоцинов или бактериоцин-продуцирующих молочнокислых бактерий (МКБ), обладающие, в целом, статусом безопасности (GRAS). Бактериоцины МКБ в отдельности и в синергизме с химическими консервантами способны ингибировать рост сопутствующих микроорганизмов [11]. Пептидные молекулы бактериоцинов в микромолярных концентрациях встраиваются в липидный бислой мембран пассивных клеток за счёт неспецифических электростатических и гидрофобных взаимодействий. При этом они приобретают упорядоченную конформацию и формируют поры, вызывая тем самым диссипацию электрохимических потенциалов и гибель клеток [9].

Богатый состав с полезными для людей ингредиентами (витамины, жиры, свободные аминокислоты, минералы и т.д.) и древние традиции изготовления сырных изделий, а также широкое разнообразие этого ценного продукта обуславливают огромный спрос в них среди населения всего мира, в том числе и стран СНГ [2].

Штаммы *Lactobacillus delbrueckii* spp. *lactis* A7 и *Enterococcus faecalis* S5 были изолированы нами из грудного молока и из традиционного сырного образца, соответственно. Они обладали широким спектром антимикробной активности и ингибировали рост *L. monocytogenes* в условиях *in vitro* [6], [7]. Целью настоящих исследований явилось изучение возможности ингибирования роста *L. monocytogenes* в модельных образцах сыра *in situ* в присутствии этих бактериоциногенных штаммов, а также их антимикробных метаболитов пептидного происхождения.

2. Материалы и методы

Образцы сыра были изготовлены из обезжиренного молока (E. Merck, Германия). Для изготовления 100 г

сыра брали 400 г порошка обезжиренного молока, малыми порциями добавляли в 1 л дистиллированную воду (30⁰ С), размешивали для полного растворения, затем продолжая данной процедуры добавляли еще 1 л воды. После получения и стерилизации в автоклаве, однородную суспензию всевали 20 мл ночной суспензии активных штаммов-продуцентов по отдельности, ждали 20 мин, затем добавляли сычужный фермент (Maxiren 15L, Нидерланды). Спустя 30 мин полученный творог разрезали на маленькие кубики и ошпаривали при 37 °С в течение 10 мин. Полученную массу прессовали в течение 24 ч при 20 °С. Образцы сыра солили при 120 С в рассоле 20% NaCl (не йодированного) и выдерживали при той же температуре в течение экспериментов.

Для каждого варианта экспериментов отдельно изготавливали (по три для каждого) приблизительно 100 г сыра. В зависимости от цели и задачи опыта, в образцы молока при 300С вводили примерно 103 КОЕ/мл *L. monocytogenes* 302, 20 мл ночной суспензии штаммов-продуцентов и препараты бактериоцина и энтероцина (1600 ПЕ/мл).

В первом образце сыра изучали динамику роста и бактериоцинозного титра штаммов — продуцентов в течение 28 суток, которое соответствует времени созревания сыра. В пяти одинаковых порциях (а, б, в, г, д) второго образца сыра в течение 28 суток исследовали изменение роста *L. monocytogenes* 302 — как контрольный вариант (а), то же самое в присутствии клеток *L. delbrueckii* spp. *lactis* A7 (б), бактериоцина A7 (в), *L. monocytogenes* 302 в присутствии *E. faecalis* S5 (г), *L. monocytogenes* 302 и энтероцин S5 (9).

Пробы сыра отбирали в асептических условиях и анализировали сразу после отбора проб. Гомогенаты сыра готовили в стерильном растворе цитрата натрия и осуществляли серийное разведения в стерильной пептонной воде по методу [10]. *L. monocytogenes* высевали в трех повторениях на PALCAM — агаре (E. Merck, Германия); Чашки Петри инкубировали при 37 °С в течение 48 часов.

Рост в сыре *L. delbrueckii* spp. *lactis* A7 и *E. faecalis* S5 определяли в средах MPC-агар (1,5%) и M17-агар, соответственно, подсчетом клеток, через каждый определенный промежуток времени, в течение экспериментального периода. Титр бактериоцина и энтероцина в составе сыра определяли методом диффузии. С этой целью гомогенат сыра (10 г) в дистиллированной воде (90 мл) центрифугировали при 20 000 г в течение 15 мин при 4 °С. Супернатант фильтровали через фильтр Millex GV с размером пор 0,22 мм (Millipore, France). pH супернатанта повышали до 6,5 с помощью стерильного

Таблица 1. Динамика роста *L. delbrueckii* spp. *lactis* A7, *E. faecium* S5 (log КОЕ/г сыра) и титр их оцинов (ПЕ/г сыра) при созревании сыра (температура созревания 120С)

Варианты	Время (сутки)					
	0	3	7	14	21	28
Рост <i>L. delbrueckii</i> spp. <i>lactis</i> A7	3±	4,30,3	6,2±	6,8±	7,1±	7,2±
Титр бактериоцина	0	800	1200	1000	400	400
Рост <i>E. faecium</i> S5	3±	3,8±	5,1±	5,4±	5,9±	6,1±
Титр энтероцина	0	1200	2200	1600	1200	1000

2М NaOH и использовали для определения активности обоих активных пептидов. В чашку Петри вносили, в качестве индикаторного организма, 0,1% суспензию *L. monocytogenes* 302 в 1,5% BHI-агаре (20 мл), содержащем каталазу (150 МЕ/мл) для исключения возможного антимикробного эффекта перекиси водорода на клетки пассивного штамма. После остывания среды вырезали в ней лунки с диаметром 9 мм и вносили туда 200 мкл препарата бактериоцина. Оставили 24 ч при 370С, далее измерили диаметр светлой зоны вокруг лунок. Активность определяли в двух повторениях, выражали ПЕ/г сыра, которая соответствует обратной величине наивысшей степени разведения препарата, проявившая антимикробную активность.

3. Результаты и их обсуждение

В таблице суммированы результаты экспериментов по изучению динамики роста и титра бактериоцина штамма *L. delbrueckii* spp. *lactis* A7 и энтероцина штамма *E. faecalis* S5 в сырных образцах в период их созревания. Из таблицы видно, что процесс созревание сыра в течении месяца сопровождался значительным ростом обеих видов молочнокислых бактерий, вносимых в молоко при изготовления этого кисломолочного продукта. При этом рост штамма *L. delbrueckii* spp. *lactis* A7 был выше по сравнению с ростом штамма *E. faecalis* S5 на 1,1 log единиц. Так, при одинаковом количестве начального посевного материала (log 3 КОЕ/г сыра), в конце периода созревания сыра в образце с лактобациллы было обнаружено 7,2 log единиц живых клеток *L. delbrueckii* spp. *lactis* A7, а в образце с энтерококки — 6,1 log единиц *E. faecalis* S5.

Наблюдаемая динамика роста исследуемых штаммов может быть связано с широким спектром питательных компонентов в составе сыра, которые создают более благоприятную среду для клеток лактобацил, чем энтерококков [8].

Интенсивный рост бактерий-продуцентов в период созревания образцов сыра сопровождался синтезом и накоплением в среде оцинов — бактериоцина A7 и энтероцина S5 (таблица). При этом, не смотря на срав-

нительно слабый рост *E. faecium* S5, титр энтероцина S5 превышало бактериоцина A7 почти в два раза. Как видно из таблицы, максимальный титр обеих оцинов в среде был обнаружен в конце первой недели процесса созревания сыра. Так, антимикробная активность бактериоцина A7 в этот период составила 1200 ПЕ/г, а энтероцина S5—2200 ПЕ/г. В последующие недели титр оцинов начал снижаться и такая тенденция продолжалась до конца эксперимента: в конце второго недели титр бактериоцина A7 составил 1000 ПЕ/г, а в последние две (III и IV) недели — 400 ПЕ/г. Аналогичные показатели для энтероцина S5 составили 1600 ПЕ/г, 1200 ПЕ/г и 1000 ПЕ/г, соответственно.

Анализ данных, представленных в таблице, показывает, что максимальный титр оцинов в составе сыра наблюдается к концу экспоненциальной фазы роста продуцентов. Однако, в обоих вариантах эксперимента, не смотря на достоверный рост численности популяции, титр оцинов уменьшается. По литературным данным, причиной такой тенденции могут быть связывание бактериоцинов с клеточной мембраной самих продуцентов и с компонентами сыра, инактивация протеазами, изменения растворимости и заряда молекул оцинов и т.д [5].

Следующая серия экспериментов, результаты которых суммированы на рисунке 1, посвящена к изучению изменение роста *L. monocytogenes* 302 в процессе созревания сыра в присутствии *L. delbrueckii* spp. *lactis* A7 и *E. faecium* S5, а также их оцинов. С этой целью для каждого оцинсинтезирующего штамма были использованы три ровные порции одного образца сыра. В первую порцию сразу после добавления сычужного фермента вносили *L. monocytogenes* 302 (3 logКОЕ/г) и исследовали изменение ее роста (контрольный вариант). Из графика видно, что в течении первых 3 суток был обнаружен незначительный прирост патогена, а в последующие недели периода созревания сыра наблюдался сильное увеличение плотности популяции патогена. Так, в отсутствии ингибирующих факторов количество первичного посевного материала в сыре увеличилось в 2,5 раза и в конце периода созревания достигало до 7,6 logКОЕ/г. Такой обильный рост *L.*

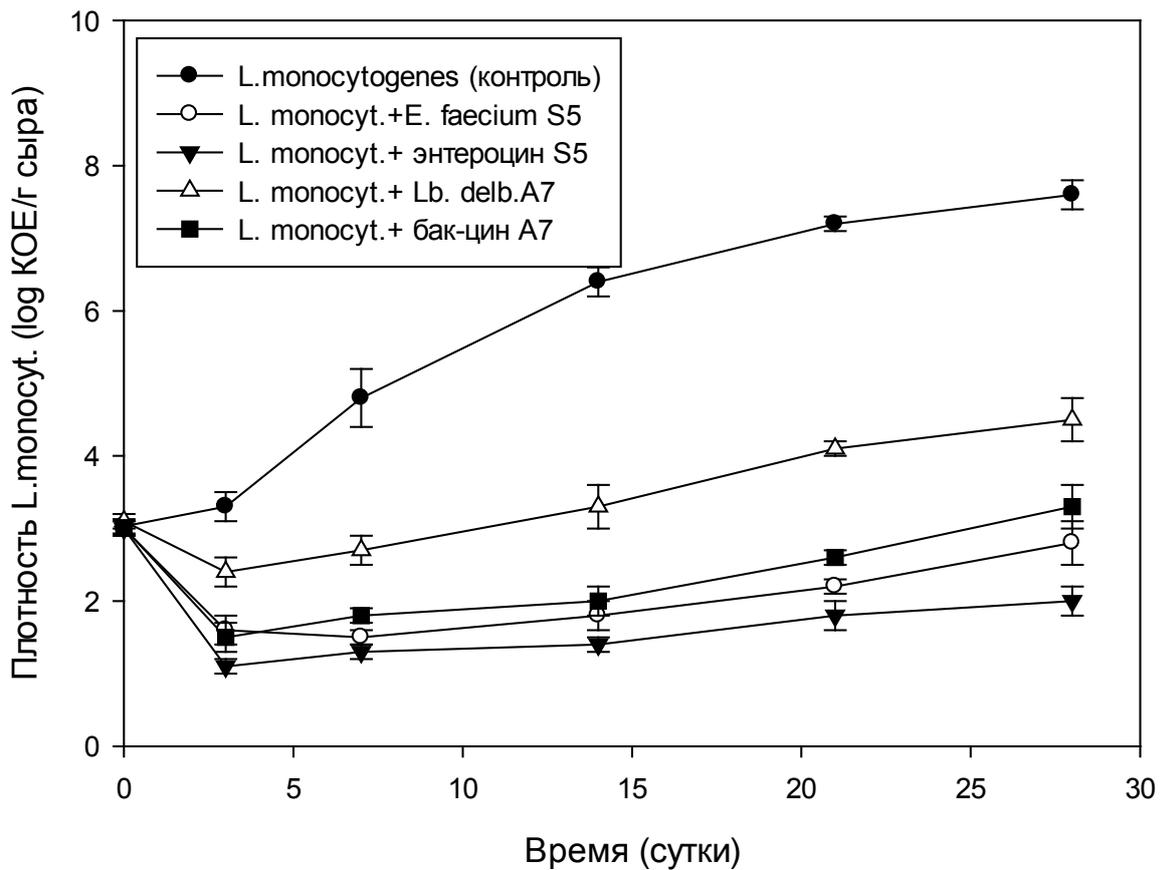


Рис. 1. Изменение роста *L. monocytogenes* 302 в процессе созревания сыра в присутствии штаммов *L. delbrueckii* spp. *lactis* A7, *E. faecium* S5 и их оцинов (принадлежность кривых указана внутри графика)

monocytogenes в составе различных продуктов ферментации были отмечены и в других исследованиях [8].

Однако в присутствии, как самих оцинпродуцирующих штаммов, так и их оцинов наблюдалось очевидное ингибирование роста *L. monocytogenes*. При этом, ингибирующий эффект *E. faecium* S5 и энтероцина S5 проявился значительно выразенно по сравнению со штаммом *L. delbrueckii* spp. *lactis* A7 и бактериоцином A7. Так, в порциях сыра в присутствии самих исследуемых штаммов (A7 и S5) в течении первых 3 суток количество клеток патогена уменьшилось на 0,6 log единиц и 1,4 log единиц, соответственно, что указывает на бактерицидный механизм действия обеих оцинов. Видимо, в этот период в сыре накапливается достаточное концентрация пептидных метаболитов с антимикробным свойством для лизиса определенного количества клеток патогена, который пока находится на лаг фазе роста.

Однако, в конце первой недели проведения экспериментов наблюдалось увеличение численности попу-

ляций в порции сыра со штаммом A7, и такая тенденция наблюдалась до конца периода его созревания. За этот период времени общий прирост клеток патогена в присутствии штамма A7 составил 1,5 раза и достигал до 4,5 log COE/г, что было на 2,1 log единиц меньше по сравнению с контрольным вариантом. А в варианте со штаммом S5 продолжался спад в плотности патогена до конца недели, затем наблюдалось ее увеличение до конца периода его созревания, достигнув отметки всего 2,8 log COE/г, что на 4,8 log единиц меньше по сравнению с контрольным вариантом. «Ослабление» антимикробной активности штаммов-продуцентов в течении последующих недель может быть связано с тем, что в переходившей на экспоненциальную фазу роста популяции, скорость повышения численности клеток патогена опережает проявлении тотальной антимикробной активности их антимикробных метаболитов в среде.

На рисунке 1 отражены также результаты по изучению динамики численности клеток *L. monocytogenes* 302 в процессе созревания сыра в присутствии бак-

териоцина А7 и энтероцина S5. В этих экспериментах клетки *L. monocytogenes* 302 (3 logKOE/г) вносились одновременно с препаратами оцинов (1600 ПЕ/мл). Полученные результаты показали идентичный характер влияния обеих активных метаболитов: добавление оцинов привело к значительному ингибированию роста *L. monocytogenes* в процессе созревания сыра. При этом, энтероцин S5 оказался более сильным ингибитором, чем бактериоцин А7. Соответствующие кривые показывают, что уже в середине первой недели созревания сыра численность популяции патогена в присутствии бактериоцина А7 сократилась на половину — до 1,5 logКОЕ/г, а в присутствии энтероцина S5 — сократилось еще больше, до отметки 1,1 logKOE/г. Однако, в конце первой недели, наблюдалось медленное, но достоверное увеличение численности популяций в обеих вариантах, и такая тенденция наблюдалась до конца периода созревания. В это время в присутствии бактериоцина А7 плотность популяции приравнивалась первоначальной концентрации посевного материала (3 log КОЕ/г), что было на 2,5 раза меньше по сравнению с численностью популяции патогена в контрольном варианте (7,5 log КОЕ/г). А в варианте с более активным энтероцином, аналогичный показатель составил 2 logKOE/г, что было на 3,8 раза меньше по сравнению с численностью популяции патогена в контрольном варианте.

Переход к медленному росту патогена в составе сыре после первого недели созревания может быть связано с тем, что под воздействием различных факторов среды титр оцинов в нем снижается. В частности, его молекулы могут необратимо связываться с компонентами сыра, полипептидная цепочка может быть атакована протеолитическими ферментами патогена, которые высвобождаются после лизиса клеток, могут

изменяться растворимость и заряд активной молекулы бактериоцина и т. д. [1], [5].

Таким образом, самым сильным ингибитором роста *L. monocytogenes*, оказался энтероцин S5. Необходимо отметить, что присутствие вирулентных генов в геноме некоторых МКБ ограничивает применение этих бактерий в пищевых ферментациях. В частности, представители рода *Enterococcus* в этом плане обладают плохой репутацией. Например, *E. faecium* S5, хотя и обладает строгой и сильной антимикробной активностью, чем *L. delbrueckii* spp. *lactis* А7, в виду присутствия в геноме некоторых вирулентных генов (*cylLs*, *cylM* и *ace*), не рекомендуется в качестве стартовой культуры для ферментации. Поэтому, этот штамм является перспективным в плане выделения большого количества энтероцина, с дальнейшим применением его для контроля роста нежелательной микрофлоры. С этой целью было подобрано оптимальное условие для роста и синтеза энтероцина S5, после чего авторы добились 32-кратного увеличения его титра в среде [7].

4. Заключение

Штаммы *L. delbrueckii* spp. *lactis* А7 и *E. faecium* S5 способны контролировать численность клеток одной из опасных патогенных бактерий — *L. monocytogenes* в составе сыра. Ингибирующий эффект этих бактерий обусловлен *in situ* продуцированием антимикробных метаболитов пептидного происхождения, так называемых оцинов. Контроль роста патогена можно осуществить как штаммами продуцентами оцинов, так и очищенными препаратами самих оцинов. Самым сильным ингибитором роста *L. monocytogenes*, оказался энтероцин S5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aasen W., Grindheim L.T., Waters J. The outdoor environment as a site for children's participation, meaning-making and democratic learning: Examples from Norwegian kindergartens. *Education*, 2009, 3–13. 37(1). p 5–13
2. Akhmedov A.I. Merchandizingyng produktov pitaniya. Uchebnyk dlya vuzov. Peresmotrennoye i polnoye vtoroye izdaniye. Baku: Izdatel'stvo «Universitet Iktisad», 2006, — 480 str [in Azerbaijani]
3. Baka, M., Noriega, E., Mertens, L., Van Derlinden, E., Van Impe, J.F.M. Protective role of indigenous *Leuconostoc carnosum* against *Listeria monocytogenes* on vacuum packed Frankfurter sausages at suboptimal temperatures. *Food Res. Int.*, 2014, 66. p 197–206.
4. Boerlin, P., F. Boerlin-Petzold, E. Bannerman, J. Bille, and T. Jemmi. Typing *Listeria monocytogenes* isolates from fish products and human listeriosis cases.// *Appl. Environ. Microbiol.* 1997, 63:1338–1343.
5. Gänzle, M.G., Weber S., Hammes W.P. Effect of ecological factors on the inhibitory spectrum and activity of bacteriocins.// *Int. J. Food Microbiol.*, 1999, 46. p 207–212
6. Gulakhmadov S.G., Nazarli V.S., Valiyeva G.A (2017). Antimikrobnaya aktivnost' molochnokislykh bakteriy, vydelennykh iz obraztsov grudnogo moloka.// *Vestnik Bakinskogo Universiteta. Seriya yestestvennykh nauk*, № 1. s. 61–66 [in Azerbaijani]
7. Guseynova N.F., Gyulakhmedov S.G. Akhmedova A.F. i dr. Chastichnaya ochistka i kharakteristika shtamma bakteriyosina *Enterococcus faecium* S5, vydelennogo iz azerbaydzhanskogo syra.// *Doklady Natsional'noy akademii nauk Azerbaydzhana.*, 2009, T. LXV. № 5. S. 95–103. [in Russian]
8. Irene M., Alicia R., Josuee D., Juan J.C. Strategies for Biocontrol of *Listeria monocytogenes* Using Lactic Acid Bacteria and Their Metabolites in Ready-to-Eat Meat- and Dairy-Ripened Products (Review)// *Foods*, 2022, 11/542. p 1–18.

9. Minahk C.J., Fariás M.E., Sesma F. Effect of Enterocin CRL35 on *Listeria Monocytogenes* Cell Membrane // *FEMS Microbiol. Lett.*, 2000. V. 192. No 1. P. 79–83.
10. Nunez M., Rodriguez J.L., Garcia E., Gaya P., Medina M. Inhibition of *Listeria monocytogenes* by enterocin 4 during the manufacture and ripening of Manchego cheese // *Journal of Applied Microbiology.*, 1997, 83. p 671–677
11. Wang Y, Wei Y, Shang N and Li P. Synergistic Inhibition of Plantaricin E/F and Lactic Acid Against *Aeromonas hydrophila* LPL-1 Reveals the Novel Potential of Class IIb Bacteriocin. // *Front. Microbiol.*, 2022, 13:774184. doi: 10.3389/fmicb.2022.774184
12. World Health Organization. WHO Estimates of the Global Burden of Foodborne Diseases: Foodborne Disease Burden Epidemiology Reference Group 2007–2015; I. World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2015; p. 255, ISBN978 92 4 156516 5.

© Зулфигарова Вусала Шахин (nazarli.vusala@gmail.com),

Гюльяхмедов Саиб Гурбан (sahib66@gambler.ru), Бахшалиева Коңул Фарух (konul.baxsh@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Баку

ПРИРОДОПОДОБНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ОТВАЛАХ

NATURE-LIKE TECHNOLOGIES FOR RESTORING VEGETATION COVER ON DUMPS

**O. Kupriyanov
D. Shatilov
Yu. Manakov
A. Kupriyanov**

Summary. The results of an experiment on the reconstruction of the vegetation cover of the dumps of the «Pervomaisky» coal mine (Kuzbass) are presented, which consists in applying soil removed from the territory of the mining allotment to the leveled dump, bypassing the stage of formation of burls from it. Within three years, it was possible to form a nature-like community with a high species diversity (30–40 species), which is not achieved with self-healing of the dump for several decades.

Keywords: coal dumps, floral composition, Kuzbass, restoration of floral diversity.

Куприянов Олег Андреевич

Кандидат биологических наук, научный сотрудник Кемеровского филиала Института вычислительных технологий СО РАН, Кемерово
Kuproa@gmail.com

Шатилов Дмитрий Александрович

Инженер-исследователь Федерального научного центра Угля и углехимии СО РАН Кемерово
Dimson42@gmail.com

Манаков Юрий Александрович

Доктор биологических наук, заместитель директора по науке Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН, Краснообск
Manakov@sfscs.ru

Куприянов Андрей Николаевич

Доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Кузбасского ботанического сада Федерального научного центра Угля и углехимии СО РАН, Кемерово
Kupr-42@yandex.ru

Аннотация. Приводятся результаты эксперимента по реконструкции растительного покрова отвалов угольного разреза «Первомайский» (Кузбасс), заключающийся в нанесении на разровненный отвал почву, снятую на территории горного отвода, минуя стадию формирования из нее буртов. Жизнеспособный почвенный слой содержит дериваты луговых растений (корневища, остатки живых растений), семязачатки, которые не долговечны и для получения положительного эффекта должны быть нанесены на разровненный отвал как можно скорее пока он сохраняет свои исходные агрохимические, физические и микробиологические характеристики. В течение трех лет удалось сформировать природоподобное сообщество с высоким видовым разнообразием (30–40 видов), что не достигается при самозарастании отвала за несколько десятилетий.

Ключевые слова: восстановление флористического разнообразия, Кузбасс, отвалы угольных предприятий, флористический состав, жизнеспособный почвенный слой.

Введение

Практика восстановления нарушенных земель сложилась во второй половине XX века и получила название рекультивация. Согласно ГОСТ 17.5.1.01.83 рекультивация – это восстановление нарушенной хозяйственной деятельностью человека терри-

тории с использованием специальных технологий, восстановления продуктивности растительных сообществ [1]. В 2017 году вышел ГОСТ Р 57446–2017 «Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия» одним из приоритетных направлений восстановления нарушенных земель яв-



а



б

Рис. 1. Полидоминантный луг (контроль-1), А; отвал без нанесения ЖПС, Б

ляется реставрационно-ландшафтная рекультивация, которая проводится с целью формирования фитоценозов, максимально приближенных по своим фитоценологическим характеристикам к состоянию исходных растительных сообществ [2]. Реализация данного ГОСТа привела к необходимости создания новых технологий восстановления флористического разнообразия на отвалах [3, 4].

Естественное восстановление растительного покрова отвалов происходит чрезвычайно медленно [5], полностью восстановить утраченные функции почвы в исторически обозримый период невозможно [6,7].

При строительстве угольных разрезов обязательным является снятие плодородного слоя почвы и складирования их в бурты [8]. Использование почвы буртов для рекультивации отработанных отвалов происходит через несколько десятилетий. За это время в значительной степени в худшую сторону изменяются физико-агротехнические свойства почв [9], погибают все дериваты и семена коренной растительности, из живородящего слоя почвы получается субстрат, зараженный семенами и корневищами сорных растений.

Поэтому возникла необходимость разработки новой технологии ускорения естественных процессов сингенеза и создания на отвалах природоподобных растительных сообществ. Идея состояла в том, чтоб снять почвенный слой с ненарушенных луговых сообществ в границах горного отвода разреза, но не сваливать их в бурты (как этого требует ГОСТ 17.5.3.06–85 [10]) а наносить на подготовленный для биологического этапа отвал. Жизнеспособный почвенный слой (ЖПС) — в условиях Кузбасса это верхний гумусово-аккумулятивный горизонт (A_2) черноземов

или черноземовидных почв, как правило, с включением некоторой части переходных горизонтов (A_2 , В) и материнской породы (С). ЖПС содержит дериваты луговых растений (корневища, остатки живых растений), семян, которые не долговечны и для получения положительного эффекта должны быть нанесены на разровненный отвал как можно скорее пока он сохраняет жизнеспособность дериватов растений и исходные агрохимические, физические и микробиологические характеристики.

Объекты и методика исследования

Исследования по реконструкции растительного покрова проводились на отвале вскрыши угольного разреза «Первомайский» (ООО «Шахтоуправление «Майское»), расположенный в лесостепной зоне Кузбасса. Объектом для снятия слоя почвы явились полидоминантные луга, находящиеся вблизи угольного разреза, которые со временем должны быть уничтожены при развитии угольного разреза.

Отвал вскрыши представлен глинами и суглинками, песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Каменистость грунтов возрастает с глубины 20–30 см, что свидетельствует о замедлении процесса выветривания в глубине. На момент организации опытной площадки растительный покров отвала находился на пионерной стадии и стадии образования группово-зарослевых сообществ [5, 11]. На территории отвала, вблизи строящегося полигона найдено 21 вид высушенных растений, представленный сорными и полусорными растениями.

Остепненный полидоминантный луг, расположен на пологом юго-восточном склоне к глубокой ложине,



Рис. 2. Снятия ЖПС на полидоминантном лугу, октябрь 2018 г

сформирован на выщелочном черноземе. Травостой густой, проективное покрытие 95–100%, высота травостоя около 100 см. Видовая насыщенность достигает 50 видов на 100 м² (рис. 1А).

Схема эксперимента следующая: контроль-1 (полидоминантный луг); опытные варианты с нанесением ЖПС с семязачатками и вегетативными частями растений (20, 40, 60 см); контроль-2 (участок отвала с естественным самозарастанием). Площадь каждого варианта 1000 м².

Снятие и нанесение почвенного слоя осуществлялось скреперами в октябре 2018 года по окончании вегетации луговых растений (рис. 2). Наблюдения проводились 2019–2022 гг.

В каждом варианте во второй декаде июля проводилось составление флористических списков в десятикратной повторности на площади 1 м². Определялось количество видов (шт./м²), встречаемость (%), парциальное проективное покрытие (%). Были выделены классы постоянства (КП) в описаниях: всего выделено 5 КП, с шагом в 20%: I — до 20%; II — 21–40%; III — 41–60%; IV — 61–80%; V — 81–100% [16]

Для каждого варианта рассчитывался показатель активности вида как мера жизненного преуспевания вида на данной территории, одно из выражений «веса вида» в данной флоре [12]. Расчет активности видов выполнялся в системе IBIS [13] по формуле:

$$Act = \sqrt{\frac{C \times 100\%}{N} \times \frac{\sum_{i=1}^N A_i}{N}} = 10 \times \frac{\sqrt{C \times A_{\Sigma}}}{N} \% , (1)$$

где *Act* — расчетная активность таксона для мониторинговой площади в процентах (0÷100%);

N — число учетных площадок (элементарных метровых проб);

C — постоянство таксона — абсолютное число учетных площадок, где зарегистрирован таксон;

A_i — проективное покрытие таксона на *i*-ой учетной площадке;

A_Σ — сумма проективных покрытий таксона на всех учетных площадках.

Результаты и обсуждение

Количество видов, обнаруженных за четыре года в составе природоподобных сообществ достаточно большое и составляет в разных вариантах от 37 до 42 видов, что практически не уступает по численности количеству видов в контроле. В варианте без нанесения почвы количество поселяющихся видов в два раза меньше, чем в контроле-1 (табл.). Следует отметить, что в варианте без нанесения ЖПС постоянно происходит увеличение видов за счет видов, которые пересеиваются с опытных вариантов. Если в 2019 году их число составляло 14 видов, то в 2022–24 вида.

Плотность видов (шт./м²) за четыре года самая большая в контроле 14 шт./м², в опытных вариантах она несколько снижается и составляет в варианте с нанесением 60 см почвы 10 шт./м², 40 см почвы — 13 шт./м², 20 см почвы — 11 шт./м², а на участке без нанесения слоя почвы 5 шт./м².

Проективное покрытие (%), показывающее сомкнутость травостоя в среднем за четыре года самое высокое в контроле 99%, в создаваемых природоподобных сообществах оно уменьшается и составляет 89,5, 68,2 и 61,0% к контролю соответственно. На участке без нанесения почвы оно составило в среднем за четыре года 21,2% к контролю. Увеличение проективного покрытия в контроле связано с переходом растительного покрова из пионерной стадии сингенеза в группово-зрелое сообщество, о чем свидетельствуют появив-



а



б



в

Рис. 3. А — нанесение слоя 60 см ЖСП; Б — 40 см ЖСП, 20 см ЖСП.

шиеся пятна *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Pilosella lydiae* (Schischk. et Steinb.) Tupitzina и *Poa angustifolia* L. Травостой на участке без нанесения почвы образуется из низкорослых растений (*Medicago lupulina*, *Amoria hybrida*, *Tussilago farfara*) высота которых 10–15 см. С другой стороны здесь отмечены высокорослые виды, которые представлены единичными экземплярами *Cirsium vulgare*, *Hieracium umbellatum*, *Chamerion angustifolium*, высота которых 80–100 см.

По наблюдениям за четыре года активность видов лугового сообщества в контроле составила в среднем $275,5 \pm 11,1$ баллов, что больше, чем во всех опытных вариантах и превосходит контроль-2 (отвал без нанесения почвы) почти в 3 раза. Тем не менее, следует отметить, что в опытных вариантах активность постоянно увеличивается, что свидетельствует о процессах формирования природоподобного сообщества.

В контроле-1 (полидоминантный луг) в IV–V класс постоянства со значениями более 61% встречаемости

вошло 8 видов: *Centaurea scabiosa* L., *Fragaria viridis* Duch., *Hemerocallis minor* Mill., *Phlomis tuberosa* L., *Sanguisorba officinalis* L., *Vicia amoena* Fisch., *V. cracca* L. В варианте с нанесением 60 см и в варианте с нанесением 40 см ЖПС с классом постоянства IV–V вошло по 5 видов *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Cirsium setosum* (Willd.) Bess., *Dactylis glomerata* L., *Sanguisorba officinalis* L., *Vicia amoena* Fisch. В варианте с нанесением 20 см ЖПС с классом постоянства IV–V вошло 7 видов: *Bromopsis inermis*, *Centaurea scabiosa* L., *Cirsium setosum*, *Dactylis glomerata*, *Phleum pratense* L., *Sanguisorba officinalis*, *Tussilago farfara* L. В варианте без нанесения ЖПС — 3 вида *Dactylis glomerata*, *Phleum pratense*, *Tussilago farfara*.

По количественным показателям природоподобные сообщества при реконструкции растительного покрова на отвалах практически не отстают от показателей контроля — лилейникового луга. По количеству видов и плотности природоподобные сообщества соответствуют нижнему пределу луговых сообществ Кузбасса

Таблица 1. Количественные показатели сообществ при реконструкции растительного покрова

Показатель	Вариант				
	Контроль-1, луг	Нанесение 60 см почвы	Нанесение 40 см почвы	Нанесение 20 см почвы	Контроль-2, без нанесения почвы
1	2	3	4	5	6
Количество видов в сообществе, шт					
2019	50	49	18	51	14
2020	52	44	43	50	24
2021	29	27	49	39	27
2022	39	33	38	27	24
Среднее	43	38	37	42	22
К-во видов, шт/м ²					
2019	20±0,9	9±0,8	10±1,5	9±1,7	3±0,6
2020	15±1,1	13±1,0	10±1,0	17±0,6	6±0,4
2021	9±0,8	9±0,2	22±0,9	11±1,9	5±0,6
2022	12±1,1	9±0,6	10±0,6	8±0,5	6±0,5
Среднее	14	10	13	11	5
ОПП.%					
2019	98±1,2	66±6,8	12,0±1,1	25,0±2,6	7,1±1,6
2020	96±1,6	95±3,0	84,0±5,4	67,0±3,5	20,0±10,0
2021	100±0,0	100±0,0	84,0±3,2	70,0±5,7	27,0±6,4
2022	100±0,0	97±3,5	93,0±3,1	82,0±4,4	31,0±4,3
Среднее	99,0	89,5	68,2	61,0	21,2
Суммарная активность сообществ					
2019	280,5	181,0	86,7	178,6	61,8
2020	289,1	243,6	195,4	156,9	59,4
2021	242,8	278,6	334,3	204,5	113,4
2022	288,7	238,0	259,7	195,0	117,7
Среднее	275,5±11,1	235,5±20,3	219,0±41,0	173,8±13,8	88,1±15,3

[14,15] в то время как растительность на участке без нанесения почвы соответствует пионерной группировке при зарастании отвала [16].

Заключение

Перенесение верхнего слоя почвы, содержащего семена и корневища растений, на отвал позволяет создать природоподобное растительное сообщество с высоким видовым разнообразием, что не достигается при самозарастании отвала за несколько десятилетий. Применение этого способа восстановления растительного покрова на отвалах в значительной степени противодействует разрастанию сорных видов. Наличие слоя плодородной почвы и подстилающих пород, имеющих

большое потенциальное плодородие, способствуют созданию высокопродуктивных угодий, мало отличающихся от контроля.

Благодарности

Работа выполнена в рамках договора с АО ХК «СДС-Уголь», Шахтоуправление «Майское» № 01/ТР/2018 от 12 мая 2019 «Проведение экспериментальных работ для разработки природоподобной технологии рекультивации нарушенных земель с использованием жизнеспособного плодородного слоя почвы» и госзадания № 0352–2016–0002 «Оценка состояния и охрана флористического разнообразия под влиянием антропогенных и техногенных факторов in situ и ex situ.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 17.5.3.04–83. Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель.
2. ГОСТ Р 57446–2017 «Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия».

3. Уфимцев В.И. Природоподобные технологии рекультивации в Кузбассе // Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов. Мат. VI Межд. конф. Кемерово, 2021. С. 22–24.
4. Куприянов А.Н., Уфимцев В.И., Манаков Ю.А., Т.О. Стрельникова, Куприянов О.А. Методические рекомендации по восстановлению лугово-степной растительности на отвалах угольной промышленности в Кузбассе. Кемерово: «Ирбис». 2017. 43 с.
5. Куприянов А.Н., Манаков Ю.А. Закономерности восстановления растительного покрова на отвалах Кузбасса // Сибирский лесной журнал 2016. С. 51–58.
6. Андроханов В.А., Овсяникова С.В., Курачев В.М. Техноземы. Свойства, режимы, функционирование. Новосибирск. 2000. 200 с.
7. Гаджиев И.М., Курачев В.М., Андроханов В.А. Стратегия и перспективы решения проблем рекультивации нарушенных земель. Новосибирск: Наука. 2001. — 36 с.
8. Клопотовский А.П. Определение мощности природного слоя почв, снимаемого при земляных работах, Почвоведение, 1981, с. 97–105.
9. Кожевников Н.В., Заушинщина А.В., Проблема хранения плодородного слоя почвы в горнодобывающей отрасли промышленности // Вестник Кемеровского государственного университета. 2015. 1 (4). С. 10–14.
10. ГОСТ 17.4.3.02–85 Охрана природы. Почвы. Требования к охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ.
11. Куприянов А.Н., Морсакова Ю.В. Начальные этапы формирования растительного покрова на техногенных экотопах Кузбасса. Сибирский экологический журнал. № 2. 2008. С. 255–261
12. Куприянов А.Н., Казьмина С.С., Зверев А.А. Изменение флористического состава растительных сообществ Караканского хребта вблизи угольных разрезов // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2018. № 43. С. 66–88. DOI: 10.17223/19988591/43/4
13. Зверев А.А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова: учеб. пособие. Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. 304 с.
14. Лашинский Н.Н. Растительность Салаирского кряжа. Новосибирск: Академическое издание «Гео». 2009. 263 с.
15. Макунина Н.И., Мальцева Т.В. Растительность лесостепных и подтаежных предгорий Алтае-Саянской горной области // Сиб. бот. вестн. 1008. Т. 8. Вып. 1–2. С. 45–156.
16. Манаков Ю.А., Стрельникова Т.О., Куприянов А.Н. Формирование растительного покрова в техногенных ландшафтах Кузбасса. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2011. — 180 с.

© Куприянов Олег Андреевич (Kuproa@gmail.com), Шатилов Дмитрий Александрович (Dimson42@gmail.com),
Манаков Юрий Александрович (Manakov@sfsc.ru), Куприянов Андрей Николаевич (Kupr-42@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Кемерово

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПРЕКУРСОРОВ МЕКЛОКВАЛОНА

MATHEMATICAL MODELING OF THE CHEMICAL STRUCTURE AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF THE MECLOQUALONE PRECURSORS

*E. Larionova
Yu. Golodkov*

Summary. In this article, using the theory of the density functional at the B3LYP/6–31+G* level, we estimated the geometric structure and thermodynamic stability of mecloqualone and its procurers. It is shown that for this spectrum of compounds in the reaction mixture of 3-(p-chlorophenyl)-2-methylquinoxalin-4(3H)-one and p-chloro-2-methyl-3-phenylquinoxalin-4(3H)-one, the highest concentration is predicted for four isomeric forms. Two forms are not isomers of mecloqualone. Their biological activity was studied using the PASS program. It is shown that the positions of the substituent do not fundamentally affect the indicators of biological activity and, therefore, will not lead to changes in the biological properties of these chemical compounds.

Keywords: mathematical modeling, computational chemistry, density functional method, psychoactive substances, precursors, mecloqualone, quinazoline.

Ларионова Елена Юрьевна

*Доктор химических наук, Восточно-Сибирский институт МВД России (г. Иркутск)
lari555@mail.ru*

Голодков Юрий Эдуардович

*Кандидат технических наук, Иркутский национальный исследовательский технический университет (г. Иркутск)
yrg27@mail.ru*

Аннотация. В статье с применением метода B3LYP/6–31+G* исследованы термодинамическая устойчивость меклоквалона и его брутто-аналогов. Показано, что для данного спектра соединений в реакционной смеси 3-(п-хлорфенил)-2-метилхинозалин-4(3H)-она и п-хлоро-2-метил-3-фенилхинозалин-4(3H)-она наибольшая концентрация прогнозируется для четырех изомерных форм, две из которых не являются изомерами меклоквалона. С использованием программы PASS исследована их биологическая активность. Показано, что изменение положения заместителя принципиально не влияет на показатели биологической активности и не будет приводить к изменениям биологических свойств исследуемых химических соединений.

Ключевые слова: математическое моделирование, вычислительная химия, метод функционала плотности, психоактивные вещества, прекурсоры, меклоквалон, хинозалин.

Введение

Одной из актуальных проблем современности является злоупотребление в обществе наркотическими веществами и новыми психоактивными веществами или прекурсорами. Прекурсоры психотропных веществ или предшественники — это вещества, участвующие в химических реакциях, приводящие к образованию конечного целевого продукта. Основными нормативными документами, которые фундаментально закрепили данные химические понятия в юриспруденции, являются Федеральный закон от 8 января 1998 г. № 3-ФЗ «О наркотических средствах и психотропных веществах» [1] и Постановление Правительства РФ от 30 июня 1998 г. № 681 «Об утверждении перечня наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров, подлежащих контролю в Российской Федерации» [2]. В законе содержится перечень растений, наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров, подлежащих контролю в Российской Федерации, организационные основы деятельности

в сфере оборота наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров, а также в области противодействия их незаконному обороту, особенности деятельности, связанной с оборотом наркотических средств, психотропных веществ и внесенных в Список I прекурсоров. Данный список периодически совершенствуется. Так в редакции от 31 декабря 2021 года раздел «Психотропные вещества» дополнен списком из 19 химических соединений, относящихся к синтетическим, таких как *N*-(1-бензилпиперидин-4-ил)-*N*-фенилпропанамид (бензилфентанил), *N*-[1-(2*H*-1,3-бензодиоксол-5-ил)-пропан-2-ил]-*N*-метилгидроксиламин (FLEA) и его производные, дифенил(пирролидин-2-ил)метанол (D2PM), *N*-енил-1-пентил-1*H*-индол-3-карбоксамид и его производные. В том числе в список прекурсоров был внесены метаквалон и меклоквалон [3].

Таким образом, нормативные документы содержат списки названия конкретных химических соединений. Так в чем же заключается физический смысл прекурсора? Эти вещества способны оказывать психоактивное

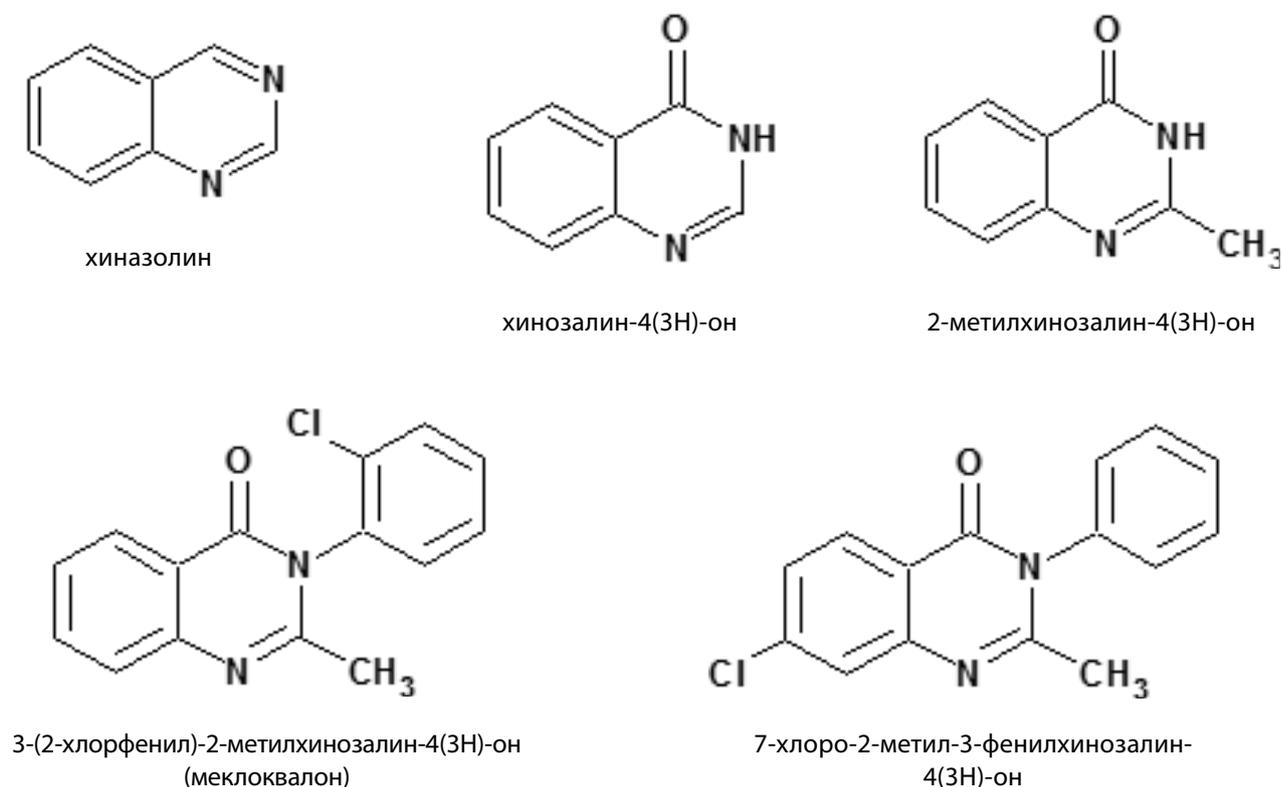


Рис. 1. Структурные формулы хиринозолина и его производных

действие, то есть вызывать психическую и физическую зависимость, а их химическая структура и свойства могут быть сходны с химической структурой и свойствами наркотических средств и психотропных веществ только в определенных пределах. То есть данные вещества могут не входить в установленный нормативными документами перечень.

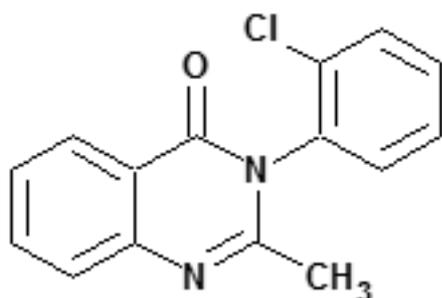
Еще один список препаратов, которые разрабатываются с целью обхода действующего законодательства — это дизайнерские наркотики. Эти химические соединения являются либо синтетическими заменителями натурального вещества и полностью воспроизводят наркотические свойства последнего, либо близкие, но не идентичные по строению вещества, как обладающие, так и не обладающие сходной фармакологической активностью [4].

Методы и подходы исследования биологически активных соединений

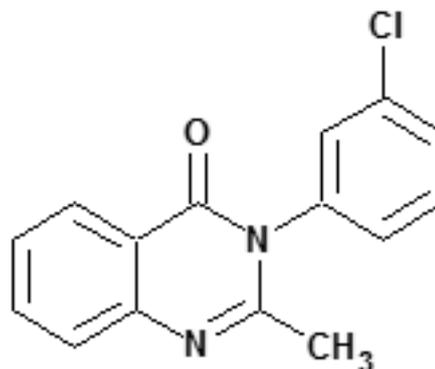
Сегодня установление геометрического строения, сходства химической структуры и свойств веществ прекурсорами наркотических и психотропных веществ является актуальной задачей для целого комплекса наук, начиная с теоретической и фармакологической химии

[5, с. 119] и заканчивая развитием антинаркотического законодательства [6, с. 4].

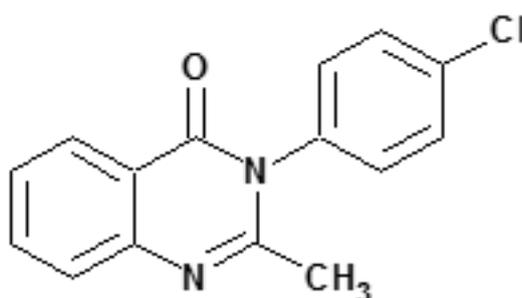
В настоящее время все более пристальное внимание мировой науки привлекают биологически активные формы химических соединений. Этот интерес связан с тем, что такие системы в возбужденных и ионных состояниях участвуют в ключевых для жизни на Земле фотофизических и фотохимических процессах, протекающих в этих соединениях при их возбуждении и ионизации. Химическое и пространственное строение вещества определяет наличие у него биологической активности. Ее уровень может в значительной степени зависеть от разнообразных факторов. Большинство лекарственных веществ должно обладать хорошей растворимостью в воде, так как они переносятся в организме с кровью, что благоприятствует созданию концентрации, достаточной для проявления фармакологического действия. Многие лекарственные вещества должны иметь хорошую липофильность и обладать способностью проникать через клеточные полупроницаемые мембраны, чтобы влиять на биохимические процессы метаболизма. Препараты, действующие на центральную нервную систему, должны свободно переходить из крови в спинномозговую жидкость и мозг, преодолевать гематоэнцефалический барьер, который защищает мозг от проникновения в него



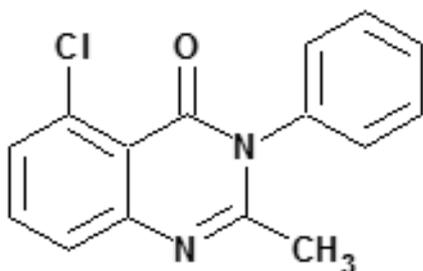
3-(2-хлорфенил)-2-метилхинозалин-4(3H)-он (1)



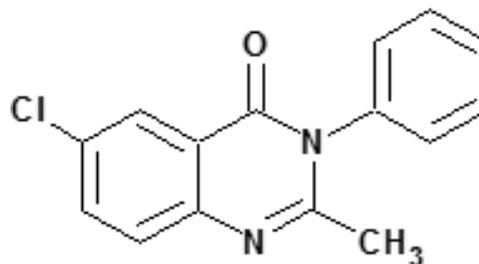
3-(3-хлорфенил)-2-метилхинозалин-4(3H)-он (2)



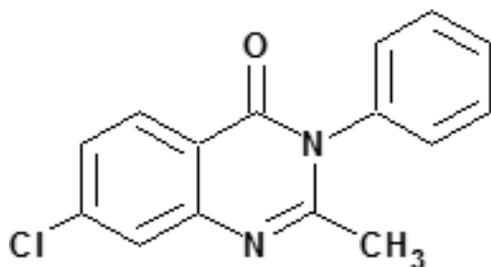
3-(4-хлорфенил)-2-метилхинозалин-4(3H)-он (3)



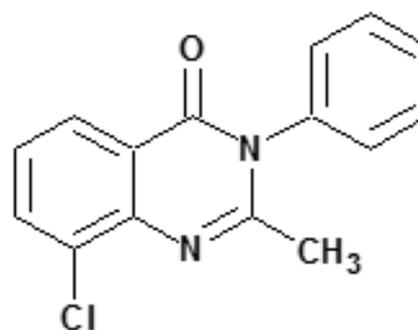
5-хлоро-2-метил-3-фенилхинозалин-4(3H)-он (4)



7-хлоро-2-метил-3-фенилхинозалин-4(3H)-он (5)



7-хлоро-2-метил-3-фенилхинозалин-4(3H)-он (6)



8-хлоро-2-метил-3-фенилхинозалин-4(3H)-он (7)

Рис. 2. Изомерные формы 3-(*n*-хлорфенил)-2-метилхинозалин-4(3H)-онов (меклоквалона) и *n*-хлоро-2-метил-3-фенилхинозалин-4(3H)-онов

Таблица 1. Расчетные значения свободой энергии Гиббса (ΔG , ккал/моль), ожидаемое соотношение изомерных форм меклоквалона и его брутто-аналога (X %) в реакционной смеси при 298°K

Номер изомера	Меклоквалон		Брутто-аналог		$C_{15}H_{17}ClN_2O$	
	Δ	X	Δ	X	Δ	X
1	0,0	3,1	–	–	0,0	1,1
2	–1,6	42,9	–	–	–1,6	15,6
3	–1,7	54,0	–	–	–1,7	19,6
4	–	–	6,6	0,0	0,4	0,6
5	–	–	0,5	30,5	–2,2	43,6
6	–	–	0,0	68,6	–1,7	19,4
7	–	–	2,6	0,9	4,4	0,0

чужеродных веществ, растворенных в крови. Другим барьером для проникновения лекарственных веществ из крови к тканям органа-мишени являются стенки капилляров [7, с. 18].

Наиболее важный эффект введения хлора в молекулу алифатических соединений заключается в усилении их наркотического влияния, способствующего повышению угнетающего воздействия на сердце и кровеносные сосуды. Наркотическое действие и понижение кровяного давления — это главные эффекты хлорсодержащих соединений [8, с. 1615].

Базовой биологически активной структурой меклоквалона является молекула хиназолина. Хиназолин — ароматический гетероцикл с бициклической структурой, состоящий из двух слитых шестичленных ароматических колец, бензольного кольца и пиридинового кольца (рис. 1).

Большинство этих соединений и их производных проявляют значительную биологическую активность, такую как противоопухолевое, противомаларийное, противопаразитарное и инсектицидное, антибактериальное и противогрибковое, кардиопротекторное, противовирусное, противовоспалительное, антиоксидантное и другие эффекты [9, с. 12].

Одним из ключевых моментов описания таких соединений является оценка их биологической активности. В настоящее время большим вниманием среди исследователей пользуется программа PASS [10, с. 75, 11, с. 67, 68, 12]. Авторы программы PASS определяют биологическую активность вещества в виде списка вероятных видов активности с двумя оценками вероятностей: P_a — принадлежности к классу «активных» и P_i — принадлежности к классу «неактивных» [14, с. 76].

Как представляют авторы программы [10, с. 76] перечень прогнозируемых PASS видов биологической

активности, включает как фармакотерапевтические эффекты, так и механизмы действия, что позволяет использовать PASS для решения различных задач при поиске и создании новых лекарственных препаратов:

- ◆ идентифицировать, какие соединения следует синтезировать в первую очередь, или отобрать наиболее перспективные соединения среди доступных образцов, как потенциально обладающие требуемым видом биологической активности;
- ◆ определить, какие тесты являются наиболее релевантными для выборки соединений из конкретного химического класса;
- ◆ найти новые соединения с требуемым набором видов биологической активности среди доступных образцов из собственных или коммерчески доступных баз данных;
- ◆ выявить новые эффекты и/или механизмы действия для известных фармакологических веществ [10, с. 76].

В работе методами математического моделирования в рамках метода функционала плотности B3LYP/6-31+G* [13] исследованы геометрическое строение и термодинамическая устойчивость серии изомерных форм меклоквалонов: 3-(*n*-хлорфенил)-2-метилхинозалин-4(3*H*)-она (меклоквалона) и *n*-хлоро-2-метил-3-фенилхинозалин-4(3*H*)-она, объединенных единой брутто формулой $C_{15}H_{17}ClN_2O$ (рис. 1). Оценка фармакологической активности данных химических соединений выполнена с помощью программы PASS [12].

Обсуждение результатов

Изомерные формы 3-(*n*-хлорфенил)-2-метилхинозалин-4(3*H*)-онов (меклоквалона) и *n*-хлоро-2-метил-3-фенилхинозалин-4(3*H*)-онов, могут отличаться расположением атома хлора, который может замещать атом водорода либо в хлоробензеновом радикале (1–3), либо в бензольном кольце (4–7) (рис. 2).

Таблица 2. Значение P_a для структурных изомеров меклоквилона (1–3)

Принцип действия препарата (неврологические нарушения)	Значение P_a		
	1	2	3
Противосудорожное	0,770	0,801	0,767
Антинейротик	0,698	0,664	0,712
Миорелаксант	0,604	0,773	0,668
Лечение фобических расстройств	0,661	0,687	0,726
Лечение острых неврологических расстройств	0,565	0,560	0,511
Психомоторные нарушения	0,671	0,829	0,805
Нарушение дыхания	0,636	0,706	0,690
Седативные свойства	0,610	0,665	0,662
Эйфория	0,530	0,558	0,629
Паника	0,432	0,534	0,498
Гипнотический эффект	0,616	0,674	0,669
Бред	–	–	0,612

Таблица 3. Значение P_a для брутто-аналогов меклоквилона (4–7)

Принцип действия препарата (неврологические нарушения)	Значение P_a			
	4	5	6	7
Противосудорожное	0,802	0,800	0,801	0,684
Антинейротик	–	0,736	–	0,616
Миорелаксант	0,645	0,738	0,773	0,585
Лечение фобических расстройств	0,667	–	0,687	0,661
Лечение острых неврологических расстройств	–	0,519	–	0,541
Психомоторные нарушения	0,808	0,886	0,829	0,670
Нарушение дыхания	0,689	0,714	0,706	0,636
Седативные свойства	0,576	0,697	0,665	0,586
Эйфория	0,532	0,671	0,558	0,484
Паника	0,429	0,526	0,534	0,432
Гипнотический эффект	0,581	0,703	0,674	0,630
Бред	0,578	0,697	0,658	0,490

Возникает вопрос, а будут ли отличаться термодинамическая устойчивость этих соединений и сохраниться ли биологическая активность *n*-хлоро-2-метил-3-фенилхинозалин-4(3*H*)-онов. На данном этапе исследования кинетические характеристики образования изомерных форм мы не обсуждаем.

В таблице 1 представлены результаты расчетов относительных значений свободой энергии Гиббса (G , ккал/моль), ожидаемое соотношение изомерных форм (X , Y ,%) 3-(*n*-хлорфенил)-2-метилхинозалин-4(3*H*)-она и *n*-хлоро-2-метил-3-фенилхинозалин-4(3*H*)-она в реакционной смеси при 298°.

Согласно расчетам, среди изомерной серии меклоквилонов наиболее термодинамически предпочтительным являются мета- (2) и пара- изомеры (3) 3-(*n*-хлорфенил)-2-метилхинозалин-4(3*H*)-она, их энергии отличаются не более чем на 0,1 ккал/моль, в пользу последнего. При 298°.

Заключение

Полученные результаты исследования позволяют оценить термодинамическую устойчивость меклоквилона и его брутто-аналогов с целью определения возможности отнесения данных соединений к классу прекурсоров наркотических и психотропных веществ.

Для исследованных структур:

- ♦ наибольшая концентрация прогнозируется для четырех структур, термодинамическая устойчивость которых уменьшается в ряду 7-хлоро-2-метил-3-фенилхинозалин-4(3*H*)-он (5) > два изомера не относятся к группе меклоквилонов;
- ♦ биологическая активность 3-(*n*-хлорфенил)-2-метилхинозалин-4(3*H*)-она оказывается сравнимой с прогнозируемой биологической активностью его брутто-аналогов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 08.01.1998 № 3-ФЗ (ред. от 08.12.2020) «О наркотических средствах и психотропных веществах».
2. Постановление Правительства РФ от 30 июня 1998 г. № 681 «Об утверждении перечня наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров, подлежащих контролю в Российской Федерации».
3. Постановление Правительства России от 20 декабря 2021 г. № 2367.
4. Дизайнерские наркотики. [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D0%B9%D0%BD%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B8 (дата обращения: 05.09.2022)
5. Ларионова Е.Ю. Прогнозирование термодинамической устойчивости наркотических веществ и их прекурсоров методами математического моделирования на примере некоторых производных хиназолина / Е.Ю. Ларионова, Ю.Э. Голодков // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки. — 2019, № 10. С. 118–124.
6. Федоров А.В. Правовая составляющая определения аналогов наркотических средств и психотропных веществ для целей уголовного законодательства / А.В. Федоров // Наркоконтроль. — М.: Юрист, 2012, № 3. — С. 3–18.
7. Солдатенков А.Т. Колядина Н.М., Шендрик И.В. Основы органической химии лекарственных веществ. — М: Мир. — 2007. — 190 с.
8. Biologically active quinoline and quinoxaline alkaloids part II / Xiao-Fei Shang, Susan L. Morris-Natschke et al. / Medicinal Research Reviews. — Vol. 38 (5). — P. 1614–1660.
9. Синтез и иммунотропная активность карбонильных производных хиназолин-4(3H)-она / И.Н. Тюренков, А.А. Цибизова, М.А. Самотруева, С.А. Лужнова, А.А. Озеров, Е.Г. Глухова // Хим.-фарм. журн. — 2016. — Т. 50. — № 6. — С. 12–14.
10. Поройков В.В. Поиск новых фармакологических веществ на основе компьютерного прогнозирования спектров биологической активности / В.В. Поройков // Лаборатория и производство. — 2021, № 1(16). — С. 72–80.
11. Филимонов Д.А. Прогноз спектра биологической активности органических соединений / Д.А. Филимонов, В.В. Поройков // Рос. Хим. ж. (Ж. рос. Хим. общ-ва им. Д.М. Менделеева. — 2006, т. L, № 2. — С. 66–75.
12. Computer-aided prediction of biological activity spectra for organic compounds: the possibilities and limitations / V.V. Poroikov, D.A. Filimonov, T.A. Glorizova, A.A. Lagunin, D.S. Druzhilovskiy, A.V. Rudik, L.A. Stolbov, A.V. Dmitriev, O.A. Tarasova, S.M. Ivanov, P.V. Pogodina // Russian Chemical Bulletin, International Edition. — 2019. — Vol. 68, No. 12, P. 2143–2154.
13. GAMESS program package / M.W. Schmidt, K.K. Baldridge, J.A. Boatz, S.T. Elbert, M.S. Gordon, J.H. Jensen, S. Koseki, N. Matsunaga, K.A. Nguyen, S.J. Su, T.L. Windus, M. Dupius, J.A. Montgomery // J. Comput. Chem. — 1993. — Vol. 14. — P. 1347–1363.

© Ларионова Елена Юрьевна (lari555@mail.ru), Голодков Юрий Эдуардович (yrg27@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ СООБЩЕСТВА БАКТЕРИИ И РАСТЕНИЙ (МИКРОБОЦЕНОЗЫ)

MICROBIOLOGICAL COMMUNITIES OF BACTERIA AND PLANTS (MICROBOCENOSSES)

I. Montina

Summary. The article provides an overview of the role of bacteria in the creation of soil microbiological communities. It is shown that bacteria form a special complex with plants, participate in the circulation of various substances, and ensure a stable state of the ecosystem. The biomass of bacteria differs in different types of soils. The largest biomass of microorganisms is characteristic of chestnut soils — 32 t / ha, almost half as many microorganisms are contained in chernozems (15 t / ha), and sod-podzolic soils (14 t/ha), the smallest biomass of microorganisms in gray forest soils — 5.7 t/ ha. Different types of soils are characterized by different species composition of soil microorganisms. Soil microbial communities react differently to the application of various fertilizers and pesticides. The types of bacteria capable of destroying herbicides are described.

Keywords: microbiocenoses, bacterial biomass in soil, nitrogen-fixing bacteria, nitrifying bacteria, cellulose-decomposing bacteria, herbicide destructor bacteria.

Монтинна Ирина Михайловна

Кандидат биологических наук
Омский государственный педагогический
университет
imontina@mail.ru

Аннотация. В статье представлен обзор роли бактерий в создании почвенных микробиологических сообществ. Показано, что бактерии образуют особый комплекс с растениями, участвуют в круговороте разных веществ, обеспечивают стабильное состояние экосистемы. В различных типах почв различается биомасса бактерий. Наибольшая биомасса микроорганизмов характерна для каштановых почв — 32 т/га, почти в половину меньше содержится микроорганизмов в черноземах (15 т/га), и дерново-подзолистых почвах (14 т/га), наименьшая биомасса микроорганизмов в серых лесных почвах — 5,7 т/га. Различные виды почв характеризуются различным видовым составом почвенных микроорганизмов. Почвенные микробиоценозы по-разному реагируют на внесение различных удобрений и пестицидов. Описаны виды бактерий, способные разрушать гербициды.

Ключевые слова: микробиоценозы, биомасса бактерий в почве, азотфиксирующие бактерии, нитрифицирующие бактерии, целлюлозоразлагающие бактерии, бактерии деструкторы гербицидов.

Важным направлением почвоведения является оценка состояния почв и их продуктивности. Для этой цели необходимо всесторонне изучить основные звенья экосистем, основными компонентами которых являются микробиологические сообщества микроорганизмов и растений. Особую роль в этих сообществах играют бактерии, которые образуют особый комплекс с растениями, участвуют в круговороте разных веществ, обеспечивают стабильное состояние экосистемы. Кроме того, микроорганизмы очень чувствительны к любым изменениям среды. На основании знаний особенностей функционирования микробиоценозов и их возможных реакций на различные изменения экологических условий, возможно прогнозировать любые виды воздействий на экосистемы.

Особенно важно учитывать микробиологические показатели в условиях агроценозов при внесении удобрений или использовании пестицидов с целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур. При направленном изменении водного, теплового, пищево-

го или воздушного режимов почвы можно целенаправленно воздействовать на почвенные микробиоценозы, вызывая их сукцессии.

Биомасса микроорганизмов в разных зональных типах отличается. Наибольшая биомасса микроорганизмов характерна для каштановых почв — 32 т/га, почти в половину меньше содержится микроорганизмов в черноземах (15 т/га), и дерново-подзолистых почвах (14 т/га), наименьшая биомасса микроорганизмов в серых лесных почвах — 5,7 т/га.

Различные виды почв характеризуются различным видовым составом почвенных микроорганизмов.

Наибольшую биомассу в почвах имеют почвенные грибы-микромитеты — количество зависит от сезона года и колеблется в пределах 3,5–14,2 т/га. Наименьшая биомасса характерна для актиномицетов, однако она также колеблется в течение года, и запасы ее составляю 23–42 кг/га [9].

Также достаточно велика роль в сообществах и бактерий, биомасса которых колеблется от 131 до 220 кг/га, что составляет соответственно от 0,86 до 2,3% от общей биомассы микроорганизмов в почве [12].

Наблюдается изменение качественного состава микроорганизмов по слоям почвы: в верхних слоях больше грибов, актиномицетов, азотфиксирующих, нитрифицирующих бактерий, а также достаточно широко представлена группа целлюлозоразлагающих аэробных бактерий. В более глубоких слоях наблюдается увеличение количества бактерий и микобактерий [2].

Для дерново-подзолистых почв характерно интенсивное развитие маслянокислых, аммонифицирующих, олигонитрофильных бактерий. Также достаточно широко распространены анаэробные азотфиксирующие представители рода *Clostridium* и группа факультативно-симбиотрофных микобактерий [2].

Почвенные бактерии представлены на 80% видами, не образующими спор. Особенно много бактерий этой группы в иллювиальном слое (до 95%), тогда как в дерновом или пахотном слоях доля их доходит только до 65%.

Неспороносные бактерии в дерново-подзолистых почвах представлены представителями родов *Achromobacter* и *Pseudomonas*. Помимо бактерий не образующих спор, в микрофлоре данных почв присутствуют также представители рода *Bacillus* (*Bac. mycoides*, *Bac. cereus*, *Bac. Idosus*). Данные виды относятся к индикаторным и показывают наличие в почве органических трансформированных остатков [7].

В дерново-подзолистых почвах присутствует также свободноживущая азотфиксирующая бактерия — *Clostridium pasteurinum*, количество которой может колебаться в зависимости от окультуренности почвы — от 10 до 50 тыс. клеток на 1 г почвы [2].

В черноземах количество бактерий зависит от сезона года, т.к. на общую биомассу влияют изменения влажности и температуры почвы и количество растительных остатков, а также от типа чернозема. В карбонатных черноземах бактериальная масса может значительно варьировать по сезонам и колебаться от 2160 кг/га в начале периода вегетации до 6790 кг/га в летний период. Типичные черноземы уступают карбонатным по бактериальной биомассе в целом, а также наблюдаются изменения по сезонам. Максимальная биомасса бактерий в этих почвах наблюдается осенью — до 3190 кг/га, тогда как летом этот показатель значительно меньше — 1110 кг/га [2].

В южных черноземах общая численность микроорганизмов гораздо выше по сравнению с предыдущими видами. Основу микробиоценозов пахотного слоя составляют не образующие спор бактерии, среди которых наиболее представлены представители рода *Pseudomonas*. Количество бактерий, образующих споры гораздо ниже и представлено преимущественно представителями рода *Bacillus*: *Bac. mesentericus*, однако также встречаются *Bac. idosus* и *Bac. mycoides* [4].

Для типичных и карбонатных черноземов характерно наличие большое видовое разнообразие бактерий, использующих минеральный азот как источник питания. Однако выщелоченные целинные черноземы характеризуются незначительным количеством данной группы микроорганизмов [3].

В черноземах можно обнаружить небольшое количество денитрифицирующих и нитрифицирующих бактерий. Количество их составляет несколько тысяч на 1 г почвы. Однако эти почвы могут накапливать азота нитратного до 70 мг/кг почвы. Наиболее типичным свободноживущим азотфиксатором является *Clostridium pasterianum* [2].

Почвенные микроорганизмы по-разному реагируют на внесение различных субстратов и удобрений. Внесение соломы злаков в почву вызывает значительное угнетение микробиоты, остатки подсолнечника и кукурузы не оказывают какого-либо значительного влияния, а остатки бобовых вызывают стимуляцию развития микроорганизмов. При совместном внесении растительных остатков и минеральных удобрений активно идут процессы разложения органики, особенно при повышенной влажности и температуре, что говорит о значительном увеличении микроорганизмов [3].

Особенно хорошо в этом случае представлены целлюлозоразрушающие бактерии родов *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Cytophaga* [1].

При известковании почвы происходит активное развитие азотфиксирующих бактерий [8], а также увеличивается количество нитрифицирующих, маслянокислых и аммонифицирующих бактерий [10].

При внесении пестицидов не отмечается значительного негативного воздействия в целом на микробиоценозы почвы, что связано с их устойчивостью и высокой буферностью почвы [5]. Кроме того, в почвенных микробиоценозах присутствуют бактерии, способные разрушать гербициды, например, значительными деструктивными свойствами обладают представители родов *Bacillus* и *Pseudomonas* [6].

Однако на отдельные группы микроорганизмов, например, на нитрифицирующие и целлюлозоразрушающие, внесение гербицидов оказывает негативное воздействие, т.к. отмечается уменьшение их количества (на 30–42% по сравнению с контролем) и уменьшение в 2 раза их целлюлозоразрушающей способности [4].

Способы обработки почвы также влияют на количество бактерий в ризосфере растений, особенно видов рода *Pseudomonas* [11].

В обрабатываемых почвах отмечается достаточное большое число представителей родов *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Micrococcus* [1].

Таким образом, бактерии играют важную роль в создании почвенных микробиологических сообществ. Они образуют особый комплекс с растениями, участвуют в круговороте разных веществ, обеспечивают стабильное состояние экосистемы. В различных типах почв различается биомасса бактерий. Наибольшая биомасса микроорганизмов характерна для каштановых почв, меньше содержится микроорганизмов в черноземах и дерново-подзолистых почвах, наименьшая биомасса микроорганизмов в серых лесных почвах. Различные виды почв характеризуются различным видовым составом почвенных микроорганизмов. Почвенные микробы по-разному реагируют на внесение различных удобрений и пестицидов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белюченко И.С. Микроорганизмы педосферы и особенности формирования почвенного покрова аграрных ландшафтов / И.С. Белюченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. — 2016. — № 121. — С. 1016–1036. — DOI 10.21515/1990-4665-121-063. — EDN WWSKOD.
2. Благовещенская Г.Г. Микробные сообщества почв и их функционирование в условиях применения средств химизации / Г.Г. Благовещенская, Т.М. Духанина // Агрохимия. — 2004. — № 2. — С. 80–88. — EDN ONKVDD.
3. Войнова-Райкова Ж, Ранков В., Аминова Г. Микроорганизмы и плодородие. — М.: Агропромиздат, 1986. — 120 с.
4. Енкина О.В., Коробской Н.Ф. Микробиологические аспекты сохранения плодородия черноземов Кубани. — Краснодар, 1999. — 150 с.
5. Захарченко В.А. Гербициды. — М., 1990. — 217 с.
6. Ксенофонтова О.Ю. Влияние пестицидов на почвенные микроорганизмы Нижнего Поволжья // Сельскохозяйственная микробиология в XIX–XXI вв. Тез. докл. Всероссийск. конф. — СПб. 2001. — С. 28.
7. Мишустин Е.Н. Ассоциация почвенных микроорганизмов. — М.: Наука, 1975. — 106 с.
8. Устойчивое развитие агроландшафтов / Н.З. Милащенко, О.А. Соколов, Т. Брайсон, В.А. Черников; Ответственный редактор В.Ф. Ладонин. — Пушкино, 2000. — 316 с. — (Экологическая безопасность и устойчивое развитие). — ISBN5-201-14445-4. — EDN WBGYKV.
9. Полянская, Л.М. Биомасса грибов в различных типах почв / Л.М. Полянская, В.В. Гейдебрехт, Д.Г. Звягинцев // Почвоведение. — 1995. — № 5. — С. 566–572. — EDN ХСРКТФ.
10. Ремпе Е.Х., Бурцева С.В. Влияние известкования на микрофлору и превращение азота минеральных удобрений в парующей почве // Агрохимия. — 1982. — № 10. — С. 102–107.
11. Терещенко, Н.Н. Микробиологические критерии экологической устойчивости почвы и эффективности почвозащитных технологий / Н.Н. Терещенко, А.Б. Бубина // Вестник Томского государственного университета. Биология. — 2009. — № 3(7). — С. 42–62. — EDN LAIEOR.
12. Широких А.А., Широких И.Г. Запасы и профильное распределение микробной биомассы в кислых почвах Кировской области // Сельскохозяйственная микробиология в XIX–XXI вв. Тез. докл. Всероссийск. конф. — СПб., 2001. — С. 39.

© Монтин Ирина Михайловна (imontina@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА ОПРОСНОЙ ФОРМЫ ДЛЯ РАСЧЕТА УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА ПРЕДПРИЯТИЙ И ПРОДУКЦИИ

DEVELOPMENT OF A QUESTION FORM FOR CALCULATION OF THE CARBON FOOTPRINT OF ENTERPRISES AND PRODUCTS

**A. Fasykhov
L. Gainullina
A. Timerbaeva**

Summary. In accordance with international requirements and Federal Law No. 296-FZ “On the Limitation of Greenhouse Gas Emissions”, the need to account for carbon units in the first place of industrial enterprises and their products, as well as the regulation of the circulation and accounting of carbon units, has been identified, which requires an accurate quantitative assessment of emissions greenhouse gases. The purpose of the work is to develop a report form for assessing the carbon footprint of products and enterprises. In this regard, the following tasks were performed: international and Russian standards, existing methods for calculating the carbon footprint, emission categories were studied; the main positions containing the carbon footprint separately for products and enterprises were determined, report forms were developed. The developed report forms were sent to the enterprises. After analyzing the data obtained, it is possible to conduct an energy resource audit of the enterprise in order to organize measures to improve energy efficiency and identify opportunities to reduce the carbon footprint.

Keywords: industry, environment, greenhouse effect, carbon footprint.

Фасыхов Айдар Равилевич

Аспирант

Казанский государственный энергетический университет

Гайнуллина Лейсан Раисовна

Кандидат технических наук, Казанский государственный энергетический университет

Тимербаева Альбина Леонидовна

Кандидат технических наук

Казанский национально исследовательский технологический университет

fara.388@mail.ru

Аннотация. В соответствии с международными требованиями и Федеральным законом № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов» обозначилась необходимость учета углеродных единиц в первую очередь промышленных предприятий и выпускаемой ими продукции, а также регулирование обращения и учета углеродных единиц, что требует точной количественной оценки выбросов парниковых газов. Цель работы — разработка формы отчета при оценке углеродного следа продукции и предприятий. В этой связи были выполнены следующие задачи: изучены международные и российские стандарты, существующие методики расчета углеродного следа, категории выбросов; определены основные позиции, содержащие углеродный след отдельно для продукции и предприятий, разработаны формы отчета. Разработанные формы отчета разосланы по предприятиям. Проанализировав полученные данные, возможно провести энергоресурсный аудит предприятия с целью организации мероприятий по повышению энергоэффективности и определения возможностей снижения углеродного следа.

Ключевые слова: промышленность, окружающая среда, парниковый эффект, углеродный след.

Изменение климата — одна из важнейших проблем, стоящих перед человечеством, и вынуждающих пересматривать производственный сектор, экономический сектор, и самое главное использование энергетических ресурсов. 30 декабря 2021 г. вступил в силу Федеральный закон № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов». В соответствии с этим законом начиная с 1 января 2023 г. организации должны предоставлять отчеты о выбросах парниковых газов, хозяйственная и иная деятельность которых сопровождается выбросами массой, эквивалентной 150

и более тысячам тонн углекислого газа в год, начиная с 1 января 2025 г.— организации с выбросами парниковых газов в количестве, эквивалентном 50 и более тысячам тонн углекислого газа в год.

Для регулирования обращения и зачета углеродных единиц, в частности, и понимания степени их воздействия на окружающую среду следует произвести точную количественную оценку углеродного следа, образующегося в процессе хозяйственной деятельности промышленных предприятий.

Существуют следующие категории для оценки уровня выбросов парниковых газов в атмосферу: [1]

1) прямые выбросы парниковых газов (происходят при сжигании топлива самим предприятием) (Score 1);

2) косвенные выбросы парниковых газов (при покупке энергоресурсов) (Score 2);

3) косвенные выбросы парниковых газов, связанные с закупкой сырья, доставкой, продажей, использованием продукции, переработкой отходов и т.д. (Score 3).

На данный момент оценка выбросов парниковых газов в основном производится по первым двум категориям и не вызывает значительных затруднений, поскольку учет энергоресурсов ведется на всех предприятиях. Оценка выбросов по третьей категории вызывает затруднения у большинства предприятий, что связано с необходимостью глубокого анализа технологических процессов производства продукции и большими различиями составляющих данной категории по отраслям, а также с отсутствием четкой и единой методики расчетов таких составляющих. В то же время на основе анализа данных организаций, которые провели комплексные оценки выбросов углеродного следа, выявлено, что парниковые газы 3 категории являются значительным компонентом в организациях [1].

Предприятия, выполнившие комплексную оценку при расчетах применяли российские и зарубежные методологии [2, 3]. Однако если для расчета углеродного следа продукции в ГОСТ Р ИСО 14067–2021 приведена методология количественного определения углеродного следа продукции, то для предприятий такой методологии нет [2].

Для характеристики выбросов парниковых газов необходимо иметь пошаговый алгоритм, который позволит произвести качественный расчет выбросов в атмосферу.

Оценка проводится следующих образом [4]:

Методологические шаги:

- ◆ определение области применения;
- ◆ выбор категорий воздействия;
- ◆ сбор данных;
- ◆ расчет и анализ результатов;
- ◆ разработка методик по оптимизации уменьшения выбросов.

1. Определение области применения — определение места исследования и мероприятия, связанные

с изучением выбросов углеродного следа предприятия.

2. Выбор категорий воздействия — изучение категорий воздействия предприятием на окружающую среду, к примеру:

- ◆ энергия: выбросы, связанные с прямым использованием энергии (природный газ, электричество, уголь);
- ◆ неэнергетические: утечки метана в трубопроводах;
- ◆ входящие ресурсы: углеродный след, образованный при производстве покупных материалов и услуг;
- ◆ выбросы от производства чего-либо, строительства и т.д.
- ◆ прямые отходы: выбросы от транспорта и переработки отходов;
- ◆ окончание срока службы: выбросы от транспортировки и обработки отходов, образующихся на предприятии;
- ◆ транспортировка: выбросы от поездок автомобильного транспорта;

3. Сбор данных [5]

Подход:

Существует два типа данных: коэффициенты выбросов или интенсивность следа (например, кг CO₂-экв. на единицу потребления) и данные о потреблении и инфраструктуре.

4. Метод расчета [7]:

Каждая категория воздействия имеет несколько видов деятельности потребления. Например, категория воздействия «энергия» состоит из потребления топлива и электроэнергии.

Категория воздействия «деловые поездки» состоит из поездок на автомобиле, поезде, автобусе и самолете.

След деятельности по потреблению всегда является произведением объема потребления (например, кВт·ч, кг, км) и интенсивность воздействия (кг CO₂ на кВт·ч, кг, км).

Таким образом, для расчета углеродного следа продукции или предприятия необходимы исходные данные, качество и количество которых влияет на точность расчета. Нами были разработаны и направлены на предприятия опросные листы соответственно для расчета парниковых газов (углекислого газа (CO₂), метана (CH₄), оксида азота (N₂O)) при производстве продукции (табл. 1) и для расчета парниковых газов производственных предприятий (табл. 2).

Таблица 1. Опросный лист газов при производстве продукции

Позиция	Необходимые характеристики Ед. измерения
Площадь здания/помещения	м ²
Общее количество персонала	Чел
Количество автомобильной техники:	
Легковые автомобили до 2,5 тонн	шт
Грузовые автомобили от 2,5 тонн (в т.ч автобусы)	шт
Автомобили потребляющие электричество	шт
Расход топлива на содержание автопарка:	
Бензин	л/год
Дизель	л/год
Газ (метан, пропан)	л/год
Промышленное оборудование:	
Машины для транспортировки, с указанием:	
1. Перечень с указанием потребляемой мощности	шт
2. Нормативное время работы оборудования	ч/сутки
Машины-двигатели, с указанием:	
1. Перечень с указанием потребляемой мощности	шт
2. Нормативное время работы оборудования	ч/сутки
Обрабатывающие станки, с указанием:	
1. Перечень с указанием потребляемой мощности	шт
2. Нормативное время работы оборудования	ч/сутки
3. КПД установок	%
Количество и характеристики топливно-энергетического оборудования:	т/сутки или тыс.м ³ /сутки
1. Перечень оборудования и комплектующие (фильтра, насосы и т.д.)	
2. Марка оборудования	
3. Расход энергопотребления и вид энергопотребления	
4. Состав топочных газов (массовые доли концентрации), с указанием их количества	кг/м ³ или кг/кг продукции
Потребляемые энергоресурсы:	
Уголь	тонн/год
Электроснабжение	кВт/ч
Горячее водоснабжение	м ³ /сут или л/сут
Газоснабжение	м ³
Отопление	МВт или Дж/ч
Использование бумаги А4	пачек в год
Объем выпуска продукции	ед./сутки
Входящий углеродный след сырьевого материала (паспорт)	т/т сырья
Среднее расстояние перевозки готовой продукции транспортным средством	км
Способ транспортировки готовой продукции (ж/д, автомобили, корабли, самолеты)	% количество по отношению к п. 13
Годовое время использования искусственного освещения определяется в зависимости от территориального расположения предприятия	ч/год
Общая мощность светильников, затрачиваемая на освещение предприятия	МВт · час
Мощность одного светильника, тип светильника	Вт · час
Количество, использующихся светильников на предприятии	шт
Цикличность повторного использования сырья, с указанием:	
1. Вид сырья	наименование
2. Способ переработки сырья, с указанием объемов	кол-во/год
3. Процент утилизации сырья	%
4. Процент использования в качестве топлива (энергоресурса), остатков сырья	%
5. Процент использования в качестве сырья	%
6. Повторное использование в основном процессе производства	%
7. Количество остатков сырья после использования на основные процессы	т/год

Таблица 2. Опросный лист газов для производственных предприятий

Позиция	Необходимые характеристики
	Ед. измерения
Площадь здания/помещения	м ²
Общее количество персонала	Чел
Расход топлива на содержание производственного оборудования:	
Бензин	л/год
Дизель	л/год
Газ (метан, пропан)	л/год
Промышленное оборудование:	
Машины для транспортировки, с указанием:	
1. Перечень с указанием потребляемой мощности	шт
2. Нормативное время работы оборудования	ч/сутки
Машины-двигатели, с указанием:	
1. Перечень с указанием потребляемой мощности	шт
2. Нормативное время работы оборудования	ч/сутки
Обработывающие станки, с указанием:	
1. Перечень с указанием потребляемой мощности	шт
2. Нормативное время работы оборудования	ч/сутки
3. КПД установок	%
Количество и характеристики топливно-энергетического оборудования:	
1. Перечень оборудования и комплектующие (фильтра, насосы и т.д.)	
2. Марка оборудования	
3. Расход энергопотребления и вид энергопотребления	
4. Количественный состав топочных газов	
Потребляемые энергоресурсы:	
Уголь	тонн/год
Электроснабжение	кВт/ч
Горячее водоснабжение	м ³ /сут или л/сут
Газоснабжение	м ³
Отопление	МВт или Дж/ч
Объем выпуска продукции	ед./сутки
Входящий углеродный след сырьевого материала (паспорт)	т/сутки
Среднее расстояние перевозки готовой продукции транспортным средством	км
Вид транспортировки готовой продукции	ч/год

Для единицы продукции необходимо определить связанные с ней потоки входных и выходных данных, степень детализации.

При изменении процессов в течение жизненного цикла продукции необходимо определить временные границы для сбора данных.

Помимо представленных в таблице показателей также следует учесть этап, связанный с окончанием срока службы продукции: его утилизации, переработки или рекуперации энергии [6].

При расчете выбросов парниковых газов предприятиями сложность заключается в учете косвенных

выбросов, которые сильно отличаются для предприятий разных отраслей. Однако основные показатели для всех предприятий представлены в разработанном опросном листе (табл. 2). В нем учтены прямые и косвенные выбросы, связанные с энергоресурсами, транспортом, сырьем, цикличностью повторного

использования сырья с указанием их остатков и т.д. Проанализировав полученные данные возможно провести энергоресурсный аудит предприятия с целью организации мероприятий по повышению энергоэффективности и определения возможностей снижения углеродного следа.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Куличенко Углеродный след: главный экологический вопрос человечества//Brucite+//Москва — 25.08.2021
2. ГОСТ Р ИСО 14067–2021 Газы парниковые. Углеродный след продукции. Требования и руководящие указания по количественному определению
3. Международный стандарт ИСО 14067:2018 «Парниковые газы — Углеродный след продуктов — Требования и руководящие принципы для количественной оценки».
4. Х. Скотт Мэтьюз, Скотт, Кристофер Вебер, Крис Хендриксон Оценка углеродных следов с помощью моделей «затраты-выпуск»// Конференция: Международная конференция «Затраты-выпуск»// Питтсбург, Пенсильвания//2008
5. Стейн Брюерс УГЛЕРОДНЫЙ СЛЕД Брюссельского университета // ecolife// Брюссель — 2016.
6. Фасыхов А.Р. Современный курс развития энергетики Научный электронный журнал «Инновации. Наука. Образование \ Отв. ред. Сафронов А.И.— Тольятти: — 2022. — № 50 (январь). — 2982 с.
7. Абдуллина Л.Р. Обзор методик расчета углеродного следа// статья Наука о земле// Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана//Москва-2020 г.
8. Е.В. Насырова, Н.Ф. Тимербаев, О.В. Леухина, И.Ю. Мазаров. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ.2019.Том 21, № 6 с. 3–10

© Фасыхов Айдар Равилевич,

Гайнуллина Лейсан Раисовна, Тимербаева Альбина Леонидовна (fara.388@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Казань

ПРИМЕНЕНИЕ ДНК СКРИНИНГА КАК ОДИН ИЗ НЕОБХОДИМЫХ ФАКТОРОВ ПОДДЕРЖАНИЯ КОЛЛЕКТИВНОГО ЗДОРОВЬЯ НАЦИИ

APPLICATION OF DNA SCREENING AS ONE OF THE NECESSARY FACTORS FOR SUPPORTING THE COLLECTIVE HEALTH OF THE NATION

**A. Tsekhomsky
L. Nefedova**

Summary. The purpose of this study is to analyze data on DNA screening as a defining direction in medical genetic counseling and one of the key factors in the formation of a healthy gene pool of the nation. In recent years, DNA screening has taken a leading position among the methods of prenatal diagnosis of congenital diseases and in the future may become a mass phenomenon. Originating in the 70s of the last century, this method has become the safest and fastest way to diagnose trisomy on chromosome 21 and some other aneuploidies. Justification of the reasonableness of using this method is one of the objectives of this study. In the course of the work, articles, monographs, final and qualifying works on the topic under consideration were analyzed. The depth of the search was more than 25 years, which eliminates the possibility of losing sight of the opportunities that this method provides, and the disadvantages that its use entails.

Keywords: medical genetic counseling, DNA, enzyme, genome, screening.

Цехомский Александр Вячеславович
Кубанский Государственный Медицинский
Университет
aastartov12@mail.ru

Нефедова Лариса Владимировна
К.м.н
Кубанский Государственный Медицинский
Университет
lorich11@mail.ru

Аннотация. Целью данного исследования является анализ данных по ДНК скринингу как определяющему направлению в медико-генетическом консультировании и одному из ключевых факторов в формировании здорового генофонда нации. В последние годы ДНК скрининг занимает лидирующие позиции среди методов пренатальной диагностики врожденных заболеваний и в перспективе может стать явлением массового характера. Возникший в 70-е годы прошлого века, этот метод успел стать наиболее безопасным и быстрым способом диагностики трисомии по 21 хромосоме и некоторых других анеуплоидий. Обоснование разумности использования данного метода является одной из задач этого исследования. В ходе работы были проанализированы статьи, монографии, выпускные и квалификационные работы по рассматриваемой теме. Глубина поиска составила более 25 лет, что исключает возможность упустить из виду возможности, которые предоставляет этот метод, и недостатки, которые несет за собой его использование.

Ключевые слова: медико-генетическое консультирование, ДНК, фермент, геном, скрининг.

Метод неинвазивного ДНК скрининга появился в 70-х годах прошлого века и с тех пор непрерывно развивался. В последние годы стал особо популярен ввиду развития технологий по секвенированию генома. На данный момент стоимость такой процедуры составляет около 100 долларов, а сроки проведения — до 5 дней. До изобретения метода всем женщинам после 35 лет были рекомендованы инвазивные способы диагностики врожденных патологий плода. Однако, после введения ДНК скрининга в клиническую практику такая необходимость отпала. В 2008 году Денис Ло показал возможность внедрения методики

геномного секвенирования нового поколения (next generation sequencing). После официального признания результативности методика получила поддержку со стороны многих компаний, в частности из США. В ноябре 2011 года методика получила поддержку Международной ассоциации по пренатальной диагностике. Сначала ее использовали для диагностики только синдрома Дауна, но вскоре стали применять для определения других трисомий. После доработки стала возможна диагностика делеционных синдромов (например синдрома Вольфа-Хиршхорна и синдрома кошачьего крика). В России способ зарегистрирован сравнительно

недавно, первый аналог технологии появился в частном секторе в 2014 году, а государственную поддержку получил лишь в 2018. Однако, около половины тестов (20 000 в год) отправляются за рубеж для анализа в лабораториях других стран. Это сильно увеличивает стоимость процедуры в российском сегменте рынка медицинских услуг и время подготовки заключения (вместо 3 дней процедура занимает 14) [1].

Существует два глобальных подхода и несколько конкретных методов проведения неизвазивного ДНК скрининга. Первый глобальный подход — полногеномный. В этом случае производят полногеномное массовое параллельное секвенирование ДНК с низким покрытием — 0,3–0,5X. После чего происходит расчет соотношения копий соотношения фрагментов ДНК различных хромосом плода к таковым у матери. Такой способ позволяет выявить анеуплоидию по всем хромосомам. Второй подход — таргетный. От первого его отличает большое покрытие (200–1000X). Такой подход может быть реализован методами ПЦР (или цифровой ПЦР в реальном времени) или методом “катыщегося кольца”. В рамках такого подхода возможно выявление синдрома Дауна, синдрома Эдвардса, синдрома Патау, синдрома Шершевского-Тернера, синдрома Кляйнфельтера [1]. Оба метода имеют свои достоинства и недостатки, которые будут рассмотрены позже. А сейчас дадим краткие сведения о самой технологии проведения НИПТ. Первая стадия проведения исследования — забор венозной крови в стандартной дозе 10 мл. Затем из крови выделяют плазму. Из плазмы, в свою очередь, выделяется внеклеточная ДНК, содержащая материнскую ДНК и так называемую фетальную фракцию. Фетальная фракция — это доля ДНК плода среди всей ДНК в крови матери. Фетальная фракция появляется в крови матери на 4 неделе беременности, а на 9 неделе ее становится достаточно для проведения исследования. Существует вариативность в способах определения фетальной фракции [25]. Так, она может определяться с использованием ПЦР в реальном времени, биоинформатическим анализом или сравнением паттернов метилирования. Второе применяется наиболее часто [1]. В выборе методов биоинформатического метода предпочтение могут отдавать выравниванию биологических последовательностей или точечной матрице сходства. Эти методы позволяют установить степень гомологичности фетальной фракции ДНК матери, и, соответственно, разделить их. Биоинформатика позволяет провести тщательную фильтрацию данных и выявить погрешность. Для секвенирования генома могут применяться разные платформы, такие как Illumina или BGI.

Теперь рассмотрим положительные и отрицательные стороны двух подходов, о которых мы говорили ранее. Полногеномный подход позволяет выявить ане-

уплоидии во всех парах хромосом и носит точность до 98%, при этом с его помощью также могут быть выявлены микроделеционные синдромы. Недостатков этот метод, за исключением трудоемкости, не имеет. Таргетный же метод имеет более высокую специфичность, чем полногеномный, может проводиться с широким покрытием, но имеет свои отрицательные стороны. В частности, он позволяет выявить только 85% всех хромосомных анеуплоидий.

Говоря о специфичности, нельзя не упомянуть, что НИПТ позиционируется в современной литературе именно как скрининговый метод, не диагностический. Метаанализов, содержащих данные о проведении неизвазивного скрининга, очень много, и все они заявляют специфичность метода на уровне 98–99,9% для синдрома Дауна, и в некоторой степени ниже для синдромов Патау и Эдвардса при одноплодных беременностях [30–31]. У близнецов специфичность также ниже, но не на много. Стоит отметить, что так как НИПТ является скрининговым методом, наличие положительного результата не означает наличие патологии, а лишь дает понять клиницисту, что существует риск рождения ребенка с неблагоприятным фенотипом. Также как и отрицательный результат не говорит о факте отсутствия дефектов в геноме, а лишь о минимальном риске их возникновения.

На данный момент каждый год в России проводится порядка 30–40 тысяч скрининговых ДНК процедур. Однако, около половины из них отправляется за рубеж. Российские компании, в том числе и государственные, не обладают новейшим оборудованием для проведения секвенирования генома. В то же время, НИПТ имеет ряд преимуществ перед инвазивными способами. НИПТ не требует вмешательства в беременность, имеет высокую специфичность и малую долю ложноположительных результатов (0,3%) в отличие от традиционного комбинированного скрининга первого триместра (3,6%). С коммерческой точки зрения использование НИПТ оправдано. Т. к. количество беременностей после 40 лет в России обычно не превышает 60 000 в год (56,86 тысяч за 2021 год по данным министерства труда). Постановка технологии НИПТ на поток может быть осуществлена за счет средств государственного бюджета и частных медицинских страховых компаний, но только при условии развития отрасли в России. Для этого необходимо увеличить поставки высокоточного оборудования из-за рубежа, а также наладить выпуск соответствующих узкопрофильных специалистов. При условии, что каждая женщина с беременностью после 40 лет будет проходить через процедуру скрининга, возможно полное искоренение или значительное уменьшение числа случаев рождения детей с тяжелыми клиническими генотипами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калашникова Е.А., Готов А.С., Андреева Е.Н., Барков И.Ю., Бобровник Г.Ю., Дубровина Е.В., Жученко Л.А. Современное значение неинвазивного пренатального исследования внеклеточной ДНК плода в крови матери и перспективы его применения в системе массового скрининга беременных в Российской Федерации // Журнал акушерства и женских болезней. 2021. Т. 70. № 1. С. 19–50. DOI: <https://doi.org/10.17816/JOWD56573>
2. Bianchi D.W., Chiu R.W.K. Sequencing of circulating cell-free DNA during pregnancy // N. Engl. J. Med. 2018. Vol. 379. No. 5. P. 464–473. doi: 10.1056/NEJMra1705345
3. Taglauer E.S., Wilkins-Haug L., Bianchi D.W. Review: cell-free fetal DNA in the maternal circulation as an indication of placental health and disease // Placenta. 2014. Vol. 35. Suppl. P. S64–S68. doi: 10.1016/j.placenta.2013.11.014
4. Alberry M, Maddocks D, Jones M, Abdel Hadi M, Abdel-Fattah S, Avent N, Soothill PW. Free fetal DNA in maternal plasma in anembryonic pregnancies: confirmation that the origin is the trophoblast. Prenatal Diagnosis: Published in Affiliation With the International Society for Prenatal Diagnosis. 2007; 27 (5): 415–8
5. Tamminga S, van Maarle M, Henneman L, Oudejans CB, Cornel MC, Sijm EA. Maternal plasma DNA and RNA sequencing for prenatal testing. Advances in clinical chemistry. 2016; (74): 63–102.
6. Zhao C, Tynan J, Ehrich M, Hannum G, McCullough R, Saldivar JS, Deciu C. Detection of fetal subchromosomal abnormalities by sequencing circulating cell-free DNA from maternal plasma. Clinical chemistry. 2015.
7. Емельяненко Е.С., Ветрова Н.В., Масюк С.В. и др. Клиническая и экономическая эффективность методов пренатальной диагностики хромосомных аномалий // Доктор.Ру. 2016. № 3 (120). С. 43–51.
8. Sayres L.C., Allyse M., Goodspeed T.A., Cho M.K. Demographic and experiential correlates of public attitudes towards cell-free fetal DNA screening // J. Genet. Couns. 2014. Vol. 23. No. 6. P. 957–967. doi: 10.1007/s10897-014-9704-9
9. Di Renzo G.C., Bartha J.L., Bilardo C.M. Expanding the indications for cell-free DNA in the maternal circulation: clinical considerations and implications // Am. J. Obstet. Gynecol. 2019. Vol. 220. P. 537–542. doi: 10.1016/j.ajog.2019.01.009
10. Сухих Г.Т., Каретникова Н.А., Баранова Е.Е., Шубина Е.С. и др. Неинвазивная пренатальная диагностика анеуплоидий методом высокопроизводительного секвенирования (NGS) в группе женщин высокого риска // Акуш. и гин. 2015. Т. 15, № 4. С. 5–9.
11. Morin S., Greene M.F., Mello M.M. et al. A new era in noninvasive prenatal testing // N. Engl. J. Med. 2015. Vol. 369. P. 499–501.
12. Малышева О.В., Баранов В.С. Неинвазивная пренатальная диагностика. Проблемы, подходы и перспективы // Журн. акуш. и женских бол. 2012. Т. LXI, № 3. С. 83–93.
13. Wald NJ, Hackshaw AK. Combining ultrasound and biochemistry in first-trimester screening for Down's syndrome. Prenatal diagnosis. 1997; 17 (9): 821–9.
14. Straver R, Oudejans C, Sijm EA, Reinders MJ. Calculating the fetal fraction for noninvasive prenatal testing based on genome-wide nucleosome profiles. Prenatal diagnosis. 2016; 36 (7): 614–21.
15. Lo YD, Chan KA, Sun H, Chen EZ, Jiang P, Lun FM, et al. Maternal plasma DNA sequencing reveals the genome-wide genetic and mutational profile of the fetus. Science translational medicine. 2010; 2 (61): 61ra91–61ra91.
16. Wang E, Batey A, Struble C, Musci T, Song K, Oliphant A. Gestational age and maternal weight effects on fetal cell-free DNA in maternal plasma. Prenatal diagnosis. 2013; 33 (7): 662–6.
17. Баранова Е.Е., Заяева Е.Е., Жученко Л.А. и др. Результаты опроса беременных об их предпочтениях пренатальных тестов с разными характеристиками // Медицинская генетика. 2020. № 3. С. 74–75. doi: 10.25557/2073-7998.2020.03.74-75
18. Dondorp W., de Wert G., Bombard Y. et al.; European Society of Human Genetics; American Society of Human Genetics. Noninvasive prenatal testing for aneuploidy and beyond: challenges of responsible innovation in prenatal screening // Eur. J. Hum. Genet. 2015. Vol. 23. No. 11. P. 1438–1450. doi: 10.1038/ejhg.2015.57
19. Благодатских Е.Г. Использование циркулирующих ДНК и мРНК для неинвазивного пренатального определения пола, резус фактора и диагностики синдрома Дауна у плода: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2010. 23 с.
20. Tazim Dowlut-McElroy, Shanlee Davis, Susan Howell, Iris Gutmark-Little, Vaneeta Bamba, Siddharth Prakash, Sheetal Patel, Doris Fadoju, Nandini Vijayakanthi, Mary Haag, Deborrah Hennerich, Lorraine Dugoff, Roopa Kanakatti Shankar, Cell-free DNA screening positive for monosomy X: clinical evaluation and management of suspected maternal or fetal Turner syndrome, American Journal of Obstetrics and Gynecology, 2022, ISSN0002-9378, <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2022.07.004>.
21. Nicolaidis K.H. Musci T.J. Struble C.A. Syngelaki A. Gil M.M. Assessment of fetal sex chromosome aneuploidy using directed cell-free DNA analysis. Fetal Diagn Ther. 2014.
22. L.S. Chitty, D.W. Bianchi, Noninvasive prenatal testing: the paradigm is shifting rapidly, Prenat Diagn, 33 (2013), pp. 511–513
23. Lee MY, Cho DY, Won HS, Hwang AR, Jeong B, Kim J, Oh M. Performance of Momguard, a new non-invasive prenatal testing protocol developed in Korea. ObstetGynecol Sci 2015;58: 340–345
24. Whiting PF, Rutjes AW, Westwood ME, Mallett S, Deeks JJ, Reitsma JB, Leeflang MM, Sterne JA, Bossuyt PM; QUADAS-2 Group. QUADAS-2: a revised tool for the quality
25. Ким Л.В., Тетрашвили Н.К., Трофимов Д.Ю., Барков И.Ю., Шубина Е.С., Парсаданян Н.Г., Федорова Н.И., Гольцов А.Ю. Результаты комбинированного и неинвазивного пренатального скрининга методом высокопроизводительного секвенирования при прогнозировании хромосомных анеуплоидий плода у женщин с привычным выкидышем. АКУШЕРСТВО И ГИНЕКОЛОГИЯ: новости, мнения, обучение № 4 2017

26. Kim S, Jung H, Han SH, Lee S, Kwon J, Kim MG, Chu H, Chen H, Han K, Kwak H, Park S, Joo HJ, Kim BC, Bhak J. Comparison of two high-throughput semiconductor chip sequencing platforms in noninvasive prenatal testing for Down syndrome in early pregnancy. *BMC Med Genomics* 2016;9: 22.
27. Огурцов А.Н. Методы биоинформационного анализа: учеб. пособие по курсу «Биоинформатика и информационная биотехнология» для студ. направл. подг. 051401 «Биотехнология», в т.ч. иностр. студ. / А.Н. Огурцов. — Харьков.: НТУ «ХПИ», 2011. — 114 с. — На рус. яз. ISBN978–966–593–931–3
28. Gil MM, Quezada MS, Revello R, Akolekar R, Nicolaides KH. Analysis of cell-free DNA in maternal blood in screening for fetal aneuploidies: updated meta-analysis. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2015;45: 249–266.
29. Nicolaides KH, Wright D, Poon LC, Syngelaki A, Gil MM. First-trimester contingent screening for trisomy 21 by biomarkers and maternal blood cell-free DNA testing. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2013;42: 41–50.
30. Taylor-Phillips S., Freeman K., Geppert J. et al. Accuracy of non-invasive prenatal testing using cell-free DNA for detection of Down, Edwards and Patau syndromes: a systematic review and meta-analysis // *BMJ Open*. 2016. Vol. 6. No. 1. P. e010002. doi: 10.1136/bmjopen-2015-010002 22.
31. Gil M.M., Galeva S., Jani J. et al. Screening for trisomies by cfDNA testing of maternal blood in twin pregnancy: update of The Fetal Medicine Foundation results and meta-analysis // *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2019. Vol. 53. No. 6. P. 734–742. doi: 10.1002/uog.20284
32. Helgeson J., Wardrop J., Boomer T. et al. Clinical outcome of subchromosomal events detected by whole-genome noninvasive prenatal testing // *Prenat. Diagn.* 2015. Vol. 35. No. 10. P. 999–1004. doi: 10.1002/pd.4640
33. Ma J, Wang Y, Wang W, Dong Y, Xu C, Zhou A, Xu Z, Wu Z, Tang X, Chen F, Yin Y, Wang W, Yan M, Zhang W, Mu F, Yang H. Validation of combinatorial probe-anchor ligation (cPAL) based sequencing method for non-invasive prenatal testing in trisomy detection by a central laboratory. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2017;50:49–57
34. Chitty LS, Wright D, Hill M, Verhoef TI, Daley R, Lewis C, Mason S, McKay F, Jenkins L, Howarth A, Cameron L, McEwan A, Fisher J, Kroese M, Morris S. Uptake, outcomes, and costs of implementing non-invasive prenatal testing for Down's syndrome into NHS maternity care: prospective cohort study in eight diverse maternity units. *BMJ* 2016;354: i3426
35. Norton ME, Brar H, Weiss J, Karimi A, Laurent LC, Caughey AB, Rodriguez MH, Williams J 3rd, Mitchell ME, Adair CD, Lee H, Jacobsson B, Tomlinson MW, Oepkes D, Hollemon D, Sparks AB, Oliphant A, Song K. Non-invasive chromosomal evaluation (NICE) study: results of a multicenter prospective cohort study for detection of fetal trisomy 21 and trisomy 18. *Am J Obstet Gynecol* 2012;207: 137.e1–8
36. Stumm M, Entezami M, Haug K, Blank C, Wustemann M, Schulze B, Raabe-Meyer G, Hempel M, Schelling M, Ostermayer E, Langer-Freitag S, Burkhardt T, Zimmermann R, Schleicher T, Weil B, Schöck U, Smerdka P, Grömminger S, Kumar Y, Hofmann W. Diagnostic accuracy of random massively parallel sequencing for non-invasive prenatal detection of common autosomal aneuploidies: a collaborative study in Europe. *Prenat Diagn* 2014;34: 185–191
37. Qi G, Yi J, Han B, Liu H, Guo W, Shi C, Yin L. Noninvasive prenatal testing in routine clinical practice for a high-risk population: Experience from a center. *Medicine (Baltimore)* 2016;95: e5126
38. Porreco R., Garite T., Maurel K. et al. Noninvasive prenatal screening for fetal trisomies 21, 18, 13 and the common sex chromosome aneuploidies from maternal blood using massively parallel genomic sequencing of DNA // *Am J. Obstet. Gynecol.* 2014 Mar. pii: S0002–9378(14)00270–1.
39. Barrett A.N., Chitty L.S. et al. Developing noninvasive diagnosis for single-gene disorders: the role of digital PCR // *Methods Mol. Biol.* 2014. Vol. 1160. P. 215–228.
40. Neyt M., Hulsstaert F., Gyselaers W. Introducing the noninvasive prenatal test for trisomy 21 in Belgium: a cost consequences analysis // *BMJ Open*. 2014. Vol. 11. P. 5–15.
41. Benn P., Cuckle H., Pergament E. et al. Non-invasive prenatal testing for aneuploidy: current status and future prospects // *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2013. Vol. 42, N1. P. 15–33.
42. Никитина Т.В., Лебедев И.Н. Цитогенетика привычного невынашивания беременности // *Генетика*. 2014. Т. 50, № 5. С. 501–514.
43. Николаидес К. Ультразвуковое исследование в 11–13,6 недели беременности: перевод с англ. Санкт-Петербург: Петрополис, 2007.
44. Committee on practice bulletins — obstetrics, committee on genetics, and the society for maternal-fetal medicine. Practice bulletin No. 163: Screening for fetal aneuploidy // *Obstet. Gynecol.* 2016. Vol. 127. No. 5. P. e123–37. doi: 10.1097/AOG.0000000000001406
45. ACOG Practice Bulletin № 77: screening for fetal chromosomal abnormalities. *Obstet Gynecol.* 2007; (109): 217–27.
46. Screening in the UK: making effective recommendations 2015 to 2016. Public Health England hosts the UK National Screening Committee URL. Available from: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/538524/Screening_in_the_UK_making_effective_recommendations_2015_to_2016_180716_final.pdf (дата обращения: 20.07.2018).
47. Noninvasive prenatal aneuploidy testing of chromosomes 13, 18, 21, X, and Y, using targeted sequencing of polymorphic loci / B. Zimmermann, M. Hill, G. Gemelos, et al., *Prenatal Diagnosis*, vol. 32, no. 13, pp. 1233–1241, 2012
48. Noninvasive prenatal detection and selective analysis of cell-free DNA obtained from maternal blood: evaluation for trisomy 21 and trisomy 18 / A.B. Sparks, C.A. Struble, E.T. Wang, K. Song, and A. Oliphant, *American Journal of Obstetrics & Gynecology*, vol. 206, no. 4, pp. 319.e1–319.e9, 2012
49. Сухих Г.Т., Трофимов Д.Ю., Барков И.Ю., Донников А.Е., Шубина Е.С., Коростин Д.О. и др. Неинвазивный пренатальный ДНК-скрининг анеуплоидий плода по крови матери методом высокопроизводительного секвенирования. Клинические рекомендации. *Акушерство и гинекология*. 2016; (6): 3–22.
50. Румянцев А.Г., Курцер М.А., Мареева Ю.М., Мисюрин А.В., Румянцев С.А., Устюгов А.Ю. Клиническое значение фетального микрохимеризма у матери. *Гены и клетки*. 2012; 7 (2): 103–111.
51. Tsui DW, Lam YD, Lee WS, Leung TY, Lau TK, Lau ET, et al. Systematic identification of placental epigenetic signatures for the noninvasive prenatal detection of Edwards syndrome. *PloS one*. 2010; 5 (11): e15069.
52. Yu SC, et al. Size-based molecular diagnostics using plasma DNA for noninvasive prenatal testing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2014; 111 (23): 8583–8.

53. Costa JM, Benachi A, Gautier E. New strategy for prenatal diagnosis of X-linked disorders. *New England Journal of Medicine*. 2002; 346 (19): 1502.
54. Srinivasan A, Bianchi DW, Huang H, Sehntert AJ, Rava RP. Noninvasive detection of fetal subchromosome abnormalities via deep sequencing of maternal plasma. *The American Journal of Human Genetics*. 2013; 92 (2): 167–76.
55. Peters D, Chu T, Yatsenko SA, Hendrix N, Hogge WA, Surti U, et al. Noninvasive prenatal diagnosis of a fetal microdeletion syndrome. *New England Journal of Medicine*. 2011; 365 (19): 1847–8.
56. Sancho M, Diani E, Beato M, Jordan A. Depletion of human histone H1 variants uncovers specific roles in gene exp

© Цехомский Александр Вячеславович (aastartov12@mail.ru), Нефедова Лариса Владимировна (lorich11@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Кубанский Государственный Медицинский Университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕРФЕЙСОВ «МОЗГ-КОМПЬЮТЕР», СОЗДАВАЕМЫХ НА ОСНОВЕ СИГНАЛОВ ЭЭГ

IMPROVING THE EFFICIENCY OF BRAIN-COMPUTER INTERFACES CREATED ON THE BASIS OF EEG SIGNALS

*Al-Duheidahawi Murtadha Ahmed Luti
AL-Nasrawi Faris Hazim abdul sada*

Summary. Brain-computer interfaces (BCI) is a modern technology that has recently made a splash in the field of signal processing. BCI has made a full step of evolution, bringing the computer closer to man than ever. Advances in cognitive neuroscience have helped improve brain imaging techniques, and thus interfaces between machines and the human brain have become a reality. Electroencephalography (EEG), which is the measurement and recording of electrical signals using sensors located on the scalp, can be used for applications such as prosthetics, applications in military operations, games, virtual reality and robotics in signal processing and processing.

This article is entirely based on a brain-computer interface for the purpose of actuating a robotic arm using device commands received from EEG signals. This system, unlike any other existing technology, is exclusively non-surgical, cost-effective and is one of the types that can meet various requirements, such as prosthetics. This article suggests a fairly inexpensive implementation of a system that can serve as a reliable alternative to existing prosthetics technologies, such as BIONICS.

Keywords: brain-computer interface, electroencephalogram, support vector machine, error matrix, bionics.

Аль-Духейдахави Муртадха Ахмед Лутти

Аспирант

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия
Murtazalute7@gmail.com*

Аль Насрави Фарис Хазим Абдулсада

Аспирант

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия
farisiraq21@gmail.com*

Аннотация. Мозго-компьютерные интерфейсы (BCI) — это современная технология, которая совсем недавно произвела фурор в области обработки сигналов. BCI сделал полноценный шаг эволюции, приблизив компьютер к человеку как никогда. Достижения в когнитивной нейробиологии помогли улучшить методы визуализации мозга, и, таким образом, интерфейсы между машинами и человеческим мозгом стали реальностью. Электроэнцефалография (ЭЭГ), которая представляет собой измерение и запись электрических сигналов с использованием датчиков, расположенных на коже головы, может использоваться для таких приложений, как протезы, приложения в военных действиях, играх, виртуальной реальности и робототехнике при обработке и обработке сигналов.

Эта статья полностью основана на интерфейсе мозг-компьютер с целью приведения в действие роботизированной руки с помощью команд устройства, полученных из сигналов ЭЭГ. Эта система, в отличие от любой другой существующей технологии, является исключительно безопасной, экономически эффективной и является одним из видов, который может соответствовать различным требованиям, таким как протезирование. В этой статье предлагается достаточно недорогая реализация системы, которая может служить надежной альтернативой существующим технологиям протезирования, таким как BIONICS.

Ключевые слова: интерфейс «мозг-компьютер», электроэнцефалограмма, метод опорных векторов, матрица ошибок, bionics.

Введение

В последнее время обработка сигналов мозга быстро развивалась и создавала всё новые изобретения в области робототехники и технологий в принципе. Данная обработка уменьшила психологическое расстояние между компьютером и человеческим пониманием и ознаменовала создание интерфейсов между мозгом и компьютером. Сигналы мозга считываются в виде низкочастотных сигналов с небольшими колебаниями, с достаточно сильной реакцией к помехам и шумам. Они существуют в достаточно не-

простых средах для фиксации и изучения информации. Получаются сигналы фиксируются, затем их усиливают и сэмпляют, с целью разбора и переработки в ноутбуке или компьютере.

В данной работе будет изложен способ планирования и самого создания вышедшей в релиз роботизированной руки, которая собирает сигналы от человека при помощи ЭЭГ гарнитуры, которая в итоге, как уже писалось, сэмпляются, сортируются по определённым параметрам, а также подвергаются обработке. После завершающего пункта данные сырых, необработанных

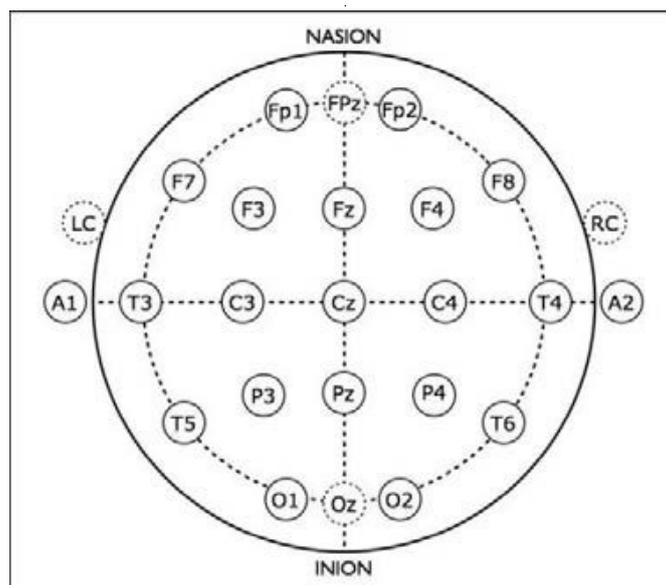


Рис. 1. Система отведений ЭЭГ

ных сигналов ЭЭГ будут использованы для дальнейшей работы с тремя степенями свободы и конечным эффектом.

Итоговая система построена из трёх этапов: биомедицинский, этап создания и анализа сигналов, этап производства аппаратного обеспечения.

1. Постановка и решение задачи

Системы отведений ЭЭГ

Система отведений ЭЭГ определяет стандарты размещения электродов, которые должны быть реализованы для получения сигнала ЭЭГ. Система размещения электродов International 10-20 является международно-признанным методом описания и применения расположения электродов на скальпе в контексте получения сигнала ЭЭГ. Система 10-20 была разработана для обеспечения стандартной повторяемости, которая позволяет проводить непрерывные исследования предмета с течением времени и даже сравнивать между несколькими субъектами. Эта система основана на взаимосвязи между расположением электрода и ниже лежащей областью коры головного мозга. «10» и «20» относятся к тому факту, что фактические расстояния между соседними электродами составляют либо 10, либо 20 процентов от общего расстояния между черепом спереди-сзади или справа-слева.

Каждое место размещения электрода обозначается комбинацией буквы, обозначающей долю, и числа, обозначающего расположение полушария. Буквы, со-

ответствующие различным долям, таким как лобная, височная, центральная, теменная и затылочная,— F, T, C, P и O соответственно. Биологически центральной доли не существует, и буква «С» используется только для целей идентификации. Электрод, расположенный на средней линии человеческого мозга, обозначается буквой «z». Четные числа (2,4,6,8) предназначены для размещения электродов в правом полушарии, а нечетные числа (1,3,5,7) предназначены для размещения электродов в левом полушарии. Кроме того, A, P_g и F_p обозначают мочки ушей, носоглотку и лобные полярные участки соответственно.

Два анатомических ориентира служат ориентиром для всей системы размещения электродов. Насион — это точка чуть выше переносицы и затылочного бугра, которая является самой нижней точкой черепа от затылка. Система размещения электродов 10-20 представлена на рис. 1.

1. Роботизированная рука

Робот-манипулятор — очень универсальный робот, который можно использовать для самых разных целей. Роботизированная рука, вероятно, является наиболее математически сложным роботом, который можно построить. Конструкция манипулятора зависит от ряда параметров, среди которых наиболее важным является степень свободы (DOF). Каждая степень свободы — это сустав на руке, точка, в которой она может сгибаться, вращаться или перемещаться. Количество степеней свободы будет равно количеству приводов на манипуляторе робота.

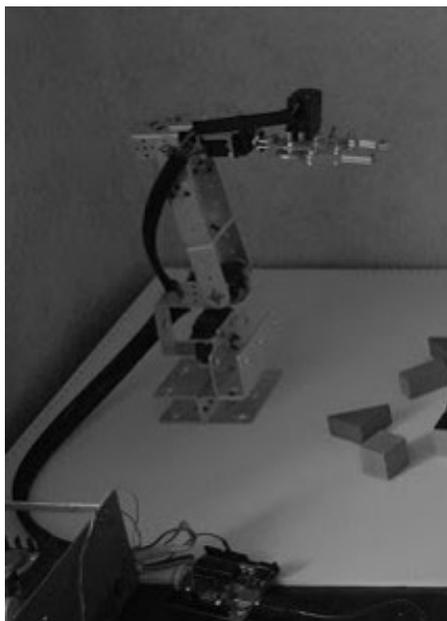


Рис. 2. Робот-манипулятор

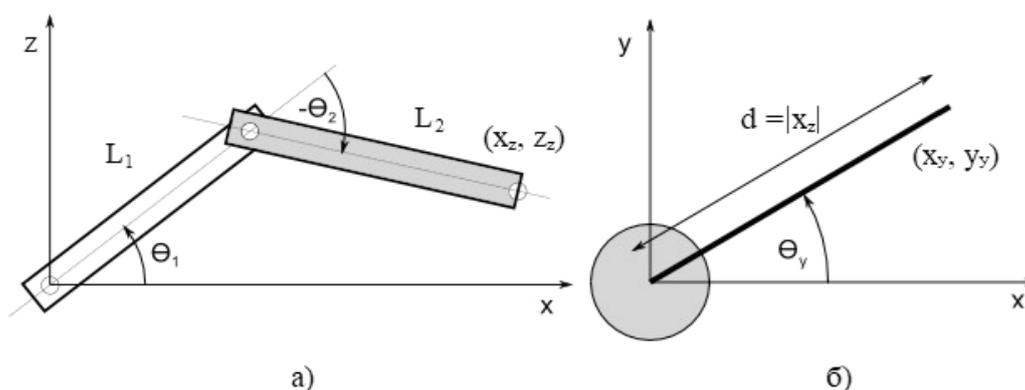


Рис. 3. Схема манипулятора Arm3R с тремя осями и двумя плечами в плоскости X0Z (а) и в плоскости Y0Z (б)

2. Дизайн системы и решение прямой и обратной кинематических задач для манипулятора Arm3R

Описание решений прямой и обратной кинематических задач для манипуляторов, имеющих три оси и два плеча (рисунок 3), можно найти, например, в [8, 9].

Прямая кинематическая задача для манипулятора Arm3R заключается в нахождении координат x_y, y_y, z_z конца плеча L_2 по известным углам $\theta_y, \theta_1, \theta_2$ (см. рисунок 3).

Сначала найдём решение прямой кинематической задачи в плоскости X0Z (см. рисунок 3а), т.е. по заданным углам θ_1, θ_2 определим координаты x_z и z_z конца

плеча L_2 в плоскости X0Z. В соответствии с рисунком 3 а это решение имеет вид:

$$\begin{cases} x_z = L_1 \cos \theta_1 + L_2 \cos (\theta_1 + \theta_2) \\ z_z = L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin (\theta_1 + \theta_2) \end{cases} \quad (1)$$

Затем, зная из (1) координату x_z в плоскости X0Z, равную проекции конца плеча L_2 на плоскость X0Y при $y=0$, найдём решение прямой кинематической задачи в плоскости X0Y (см. рисунок 3б), т.е. по заданному углу θ_y определим координаты x_y и y_y конца плеча L_2 в плоскости X0Y. В соответствии с рисунком 2б это решение имеет вид:

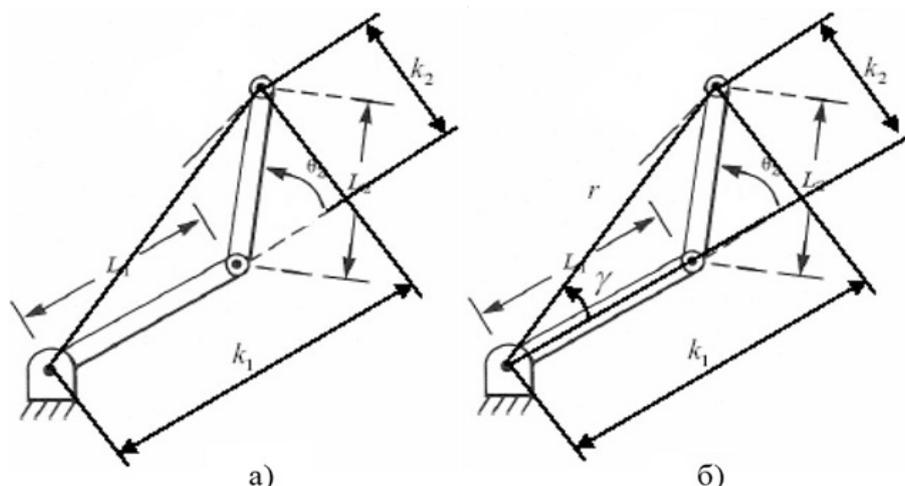


Рис. 4. Переменные k_1, k_2 (а) и r и γ (б) на схеме манипулятора Arm3R в плоскости X0Z.

$$\begin{cases} x_y = x_z \cos \theta_y \\ y_y = x_z \sin \theta_y \end{cases} \quad (2)$$

3.1. Роботизированная рука

Обратная кинематическая задача для манипулятора Arm3R предполагает нахождение углов $\theta_y, \theta_1, \theta_2$ по известным координатам x_y, y_y, z_z конца плеча L_2 (см. рисунок 3).

Сначала найдём решение обратной кинематической задачи в плоскости X0Y (см. рисунок 3б), т.е. по заданным координатам x_y и y_y определим угол θ_y конца плеча L_2 в плоскости X0Y.

Получить это решение можно, разделив второе уравнение (2) на первое:

$$y_y / x_y = (x_z \sin \theta_y) / (x_z \cos \theta_y) = \tan \theta_y \quad (3)$$

Выразив из (3) угол θ_y через координаты x_y и y_y , найдём решение обратной кинематической задачи в плоскости X0Y:

$$\theta_y = \text{atan2}(x_y, y_y) \quad (4)$$

Затем по заданным координатам x_y и y_y определим модуль координаты x_z :

$$|x_z| = \sqrt{x_y^2 + y_y^2} \quad (5)$$

Знак координаты x_z зависит от знака координаты x_y :

$$\begin{cases} x_z = -|x_z| \text{ при } x_y < 0 \\ x_z = |x_z| \text{ при } x_y > 0 \end{cases} \quad (6)$$

При $x_y = 0$ знак координаты $x_z = \pm|x_z|$ определяется конструкцией манипулятора Arm3R.

Для решения первой части обратной кинематической задачи в плоскости X0Z выразим угол θ_1 через вычисленную с помощью (5), (6) координату x_z и заданную координату z_z . Для этого в являющихся решением прямой кинематической задачи нелинейных уравнениях (1), используя известные соотношения

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta \quad (7)$$

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta \quad (8)$$

сделаем замену переменных следующим образом (см. рис. 4а):

$$\begin{cases} x_z = k_1 \cos \theta_1 - k_2 \sin \theta_1 \\ z_z = k_1 \sin \theta_1 + k_2 \cos \theta_1 \end{cases} \quad (9)$$

где $k_1 = L_1 + L_2 \cos \theta_2, k_2 = L_2 \sin \theta_2$.

Для удобства введём новые переменные r и γ , выражаемые через k_1, k_2 следующим образом (см. рисунок 4):

$$r = \sqrt{k_1^2 + k_2^2} \quad (10)$$

$$\gamma = \text{atan2}(k_2, k_1) \quad (11)$$

и обратно:

$$k_1 = r \cos \gamma \quad (12)$$

$$k_2 = r \sin \gamma \quad (13)$$

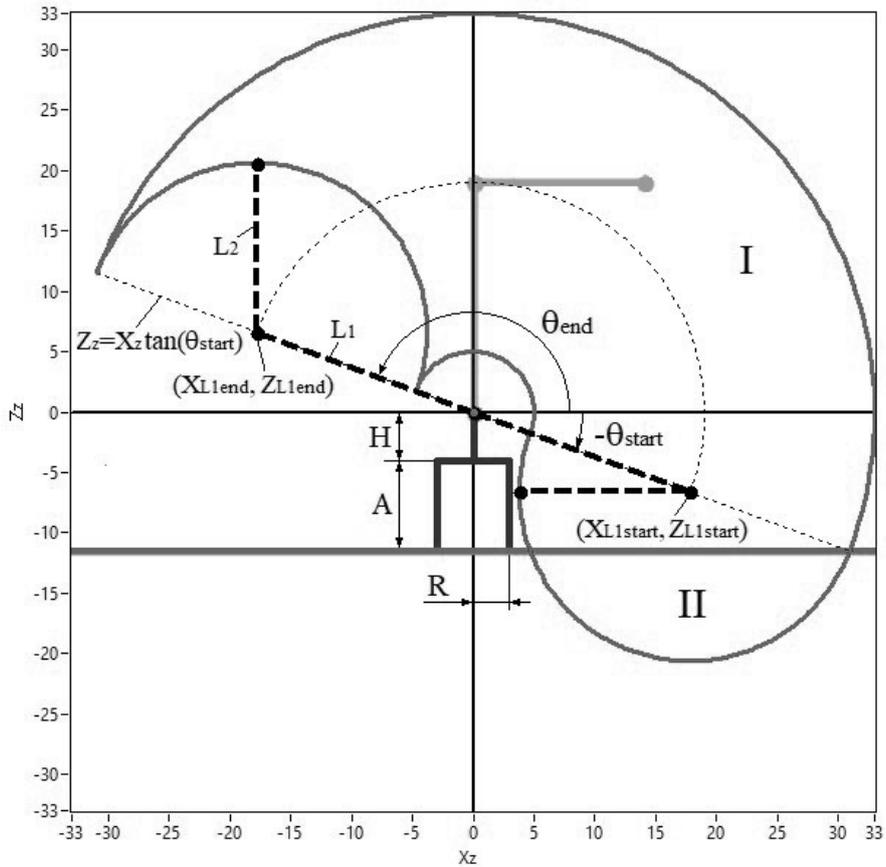


Рис. 5. Свободная диаграмма тела

Подставив в (9) значения k_1 и k_2 соответственно из (12) и (13), получим:

$$\begin{cases} x_z = r \cos \gamma \cos \theta_1 - r \sin \gamma \sin \theta_1 \\ z_z = r \cos \gamma \sin \theta_1 + r \sin \gamma \cos \theta_1 \end{cases} \quad (14)$$

Используя соотношения (7) и (8), преобразуем (14) к следующему виду:

$$\begin{cases} x_z = r \cos (\gamma + \theta_1) \\ z_z = r \sin (\gamma + \theta_1) \end{cases} \quad (15)$$

Подставим в (15) значение угла γ из (11):

$$\begin{cases} x_z = r \cos (\text{atan2} (k_2, k_1) + \theta_1) \\ z_z = r \sin (\text{atan2} (k_2, k_1) + \theta_1) \end{cases} \quad (16)$$

и, разделив второе уравнение (16) на первое, получим:

$$z_z / x_z = \{r \sin (\text{atan2} (k_2, k_1) + \theta_1)\} / \{r \cos (\text{atan2} (k_2, k_1) + \theta_1)\}$$

$$+ \theta_1) = \tan (\text{atan2} (k_2, k_1) + \theta_1) \quad (17)$$

Выразив из (17) угол θ_1 через координаты x_z и z_z , найдём первую часть решения обратной кинематической задачи в плоскости X0Z:

$$\theta_1 = \text{atan2} (x_z, z_z) - \text{atan2} (k_2, k_1), \quad (18)$$

где $k_1 = L_1 + L_2 \cos \theta_2$, $k_2 = L_2 \sin \theta_2$.

Для решения второй части обратной кинематической задачи в плоскости X0Z выразим угол θ_2 через вычисленную с помощью (5), (6) координату x_z и заданную координату z_z . Для этого, используя являющиеся решением прямой кинематической задачи нелинейные уравнения (1), запишем следующее выражение:

$$\begin{aligned} x_z^2 + z_z^2 &= L_1^2 \cos^2 \theta_1 + L_2^2 \cos^2 (\theta_1 + \theta_2) + \\ &+ 2 L_1 L_2 \cos \theta_1 \cos (\theta_1 + \theta_2) + L_1^2 \sin^2 \theta_1 + \\ &+ L_2^2 \sin^2 (\theta_1 + \theta_2) + 2 L_1 L_2 \sin \theta_1 \sin (\theta_1 + \theta_2) = \\ &= L_1^2 + L_2^2 + 2 L_1 L_2 \{ \cos \theta_1 \cos (\theta_1 + \theta_2) + \\ &+ \sin \theta_1 \sin (\theta_1 + \theta_2) \} \end{aligned} \quad (19)$$

Подставляя в (19) соотношения (7) и (8), получаем:

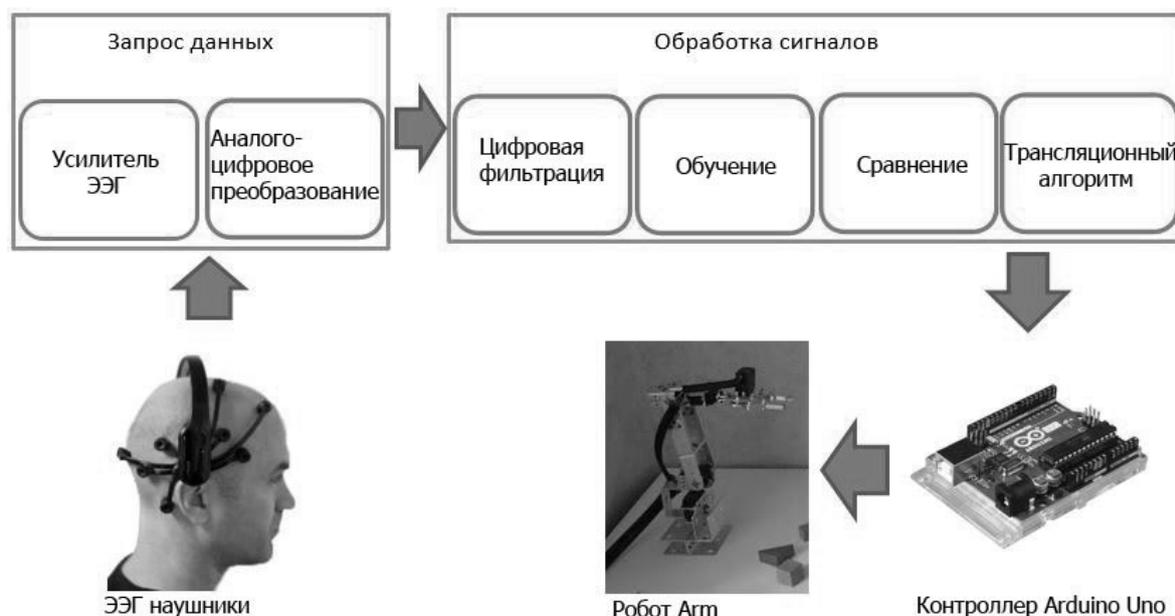


Рис. 6. Блок-схема для реализации системы

$$\begin{aligned}
 x_z^2 + z_z^2 &= L_1^2 + L_2^2 + \\
 &+ 2L_1 L_2 \{ \cos \theta_1 (\cos \theta_1 \cos \theta_2 - \sin \theta_1 \sin \theta_2) + \\
 &+ \sin \theta_1 (\sin \theta_1 \cos \theta_2 + \cos \theta_1 \sin \theta_2) \} = \\
 &= L_1^2 + L_2^2 + 2 L_1 L_2 \{ \cos^2 \theta_1 \cos \theta_2 + \sin^2 \theta_2 \cos \theta_3 \} = \\
 &= L_1^2 + L_2^2 + 2 L_1 L_2 \cos \theta_2 \quad (20)
 \end{aligned}$$

Преобразуя (20), имеем:

$$\cos \theta_2 = (x_z^2 + z_z^2 - L_1^2 - L_2^2) / (2 L_1 L_2) \quad (21)$$

Выразив из (21) угол θ_2 через координаты x_z и z_z , найдём вторую часть решения обратной кинематической задачи в плоскости XOZ :

$$\theta_2 = \pm \arccos \{ (x_z^2 + z_z^2 - L_1^2 - L_2^2) / (2 L_1 L_2) \} \quad (22)$$

Знак угла θ_2 в (22) выбирается в зависимости от конкретной конструкции манипулятора Arm3R.

Таким образом, получены все соотношения, необходимые для установки манипулятора Arm3R в требуемое положение как по заданным углам $\theta_y, \theta_1, \theta_2$, так и по заданным координатам x_y, y_y, z_z конца плеча L_2 (см. рисунок 2).

Условия досягаемости для манипулятора Arm3R

Как указывалось в п. 1, для обеспечения надёжной работы манипулятора Arm3R необходимо контролировать корректность подаваемых на вход системы управления данных для предотвращения его нежелательных состояний и поломок.

При управлении манипулятором Arm3R с помощью задания углов поворота сервоприводов (прямая кинематическая задача), даже если углы находятся в указанных в п. 1.2 пределах, или при управлении с помощью задания координат (обратная кинематическая задача), требуется контролировать являются ли заданные углы и координаты достижимыми.

Для решения этой задачи достаточно определить области досягаемости манипулятора Arm3R в вертикальной плоскости XOZ и в плоскости расположения объектов $X(-(A+H))Y$, где $(A+H)$ — высота центра Arm3R (точки с координатами $(0, 0)$) над плоскостью расположения объектов (см. рисунок 5).

4. Реализация системы

Система состоит из следующих этапов реализации системы, как показано на блок-схеме (рис. 6).

4.1. Получение сигнала

В части сбора сигнала операции ВСI выбранный вход:

- I. Приобретённые регистрирующими электродами
- II. Усиленный
- III. Оцифрованный

Сбор данных достигается с помощью устройства ЭЭГ. Данные ЭЭГ получают с гарнитуры EMOTIV EPOC, которая считывает активность мозга через кожу головы и преобразует её в различные действия. Это 14-ти

канальное оборудование используется для получения сигналов от различных электродов, размещенных на коже головы человека в положениях с названиями AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8 и AF4, в соответствии с международной системой 10–20. Нечётное количество электродов зарезервировано для левого полушария мозга; чётное количество электродов зарезервировано для правого полушария мозга. Два референтных электрода CMS (слева) и DRL (справа) используются для уменьшения шума в сигнале.

Особенности гарнитуры

Гарнитура EMOTIV EPOC имеет 14 датчиков биопотенциала с позолоченными разъемами, которые обеспечивают оптимальное позиционирование для точного пространственного разрешения. Кроме того, гироскоп генерирует оптимальную информацию о местоположении. Высокопроизводительная беспроводная связь дает пользователям полный диапазон движения. Ключ совместим с USB и не требует специальных драйверов. Гарнитура питается от перезаряжаемой литиевой батареи. Гарнитура EMOTIV EPOC имеет встроенный усилитель ЭЭГ и аналого-цифровой преобразователь. Сухие электроды используются для прослушивания электрических сигналов от мозга. Гарнитура имеет цифровой фильтр Sinc пятого порядка для фильтрации. Оцифрованные данные, полученные из мозга, поступают в компьютерную систему через Bluetooth в диапазоне 2,4 ГГц. EPOC использует метод последовательного отбора проб. Последовательная выборка отличается от одиночной, двойной или множественной выборки. Выход ЭЭГ будет в диапазоне от 0,2 до 45 Гц.

4.2. Цифровая фильтрация

Сама гарнитура EMOTIV EPOC содержит режекторные фильтры с частотой 50 Гц и 60 Гц для подавления частоты источника питания. Эти режекторные фильтры удаляют шумы, если таковые имеются, вызванные частотами источника питания 50 Гц и 60 Гц. Источник питания обычно вызывает серьезное искажение полученного сигнала ЭЭГ, которое преодолевается этими режекторными фильтрами.

4.3. Сравнение тренировок

Система обучается на основе сигналов, полученных от гарнитуры ЭЭГ. Сигналы ЭЭГ, соответствующие различным мыслям о движениях, записываются и анализируются в EMOTIV CONTROL PANEL. EMOTIV CONTROL PANEL — это интегрированный инструмент для мониторинга сигналов ЭЭГ, получаемых от гарнитуры ЭЭГ. EMOTIV CONTROL PANEL позволяет идентифицировать и выделять различные функции из ЭЭГ. Жесты извлекаются, и мы получаем результат, таким образом получа-

ем коллективные данные со всех 14 каналов ЭЭГ EPOC HEADSET. EMOTIV CONTROL PANEL помогает идентифицировать и выделять различные экспрессивные, аффективные и когнитивные функции вместе с сигналами встроенного акселерометра в EMOTIV EPOC HEADSET.

Нейтральное обучение: нейтральное действие относится к бездействующему состоянию мозга пользователя; который не связан ни с одним из выбранных когнитивных действий. Обычно это означает заниматься праздной умственной деятельностью, например, просто отдыхать. Однако, чтобы свести к минимуму ложноположительные результаты когнитивных действий, также может быть полезно эмулировать другие психические состояния и выражения лица, которые маловероятно встречаются в контексте приложения и среде, в которой мы будем использовать когнитивные функции. Нейтральное обучение должно первично и должно предшествовать обучению любым другим действиям.

Нейтральное обучение используется в качестве эталона для остальных обучаемых функций. Любое количество функций может быть обучено в системе на этапе обучения. Всякий раз, когда система переключается в режим выполнения, сигнал, полученный от гарнитуры ЭЭГ, будет сравниваться с обученными функциями, и, таким образом, функция будет идентифицирована.

Сравнение достигается путем перекрестной корреляции сигнала, полученного от гарнитуры ЭЭГ, с набором обучающих данных. Операция взаимной корреляции определяется следующим образом:

$$(f * g)[n] = \sum_{-\infty}^{\infty} f^*[m] g[m + n]$$

4.4. Трансляционный алгоритм

Алгоритм трансляции является неотъемлемой частью всей системы, которая генерирует команды устройства из обработанных сигналов ЭЭГ. Команды, сгенерированные алгоритмом перевода, помогают реализовать намерение пользователя. EMOKEY — это программное обеспечение, позволяющее выполнять алгоритм трансляции. Правила будут определены для различных функций, извлеченных в EMOTIV CONTROL PANEL. Система будет вести себя в соответствии с этими правилами в виртуальной среде. Для каждого правила, определяющего функцию, может быть назначено большое количество условий. Условие определяет ситуации, в которых должен применяться триггер. Триггер в EMOKEY передается целевому приложению при нажатии клавиши. Правило в EMOKEY присваивает символическое значение извлеченной функции.

EMOKEY эмулирует клавиатуру, совместимую с Windows, и отправляет ввод с клавиатуры в очередь

ввода операционной системы Windows. Приложение с фокусом ввода получит эмулированные нажатия клавиш. На практике это часто означает, что EMOKEY работает в фоновом режиме.

Диалоговое окно «Клавиши» позволяет пользователю указать желаемое, а также индивидуальное поведение нажатия клавиш. Настраиваемые параметры включают в себя удержание нажатой клавиши в течение периода активации правила. Горячие клавиши или специальные клавиши клавиатуры: любая комбинация клавиш-модификаторов и других нажатий на клавиши.

Мы также можем исправить порог для генерации и срабатывания нажатия клавиши. Пороговое значение, установленное для каждого правила в EMOKEY, будет основано на значении взаимной корреляции, полученном при проведении сравнения.

Каждое нажатие клавиши, сгенерированное и запущенное после идентификации функции, затем будет передано в HYPERTERMINAL, который является целевым приложением, где команды устройства виртуальной среды передаются в реальную систему.

4.5. Управление роботизированной рукой

Результатом обработки сигналов и этапа алгоритма перевода является виртуальная реальность робота-манипулятора, реальная система с помощью интерфейсного программного обеспечения под названием HYPERTERMINAL. Гипертерминал взаимодействует с Arduino Uno R3, который является контроллером робота-манипулятора, через последовательный порт, где символы преобразуются в блоки из четырех бит параллельно для передачи. HYPERTERMINAL идентифицирует контроллер робота-манипулятора как COM-порт. Скорость передачи данных может быть зафиксирована в самом гипертерминале после того, как устройство будет идентифицировано как COM-порт. Плата разработки Arduino может быть запрограммирована таким образом, что каждый раз, когда во время вывода последовательных данных поступает определенное нажатие клавиши, контроллер должен привести в действие (активировать) конкретный сустав манипулятора, чтобы намерение пользователя было выполнено.

Заключение

Целью проекта являлось создание роботизированной руки, способной приводиться в действие с помощью сигналов мозга. Это может сильно облегчить жизнь людям с ампутированными конечностями. Следуя разнообразным методам обработки сигналов мозга, можно заставить протез двигаться во всевозможных направлениях в соответствии с желаниями руконосителя. Если станет возможным обрабатывать больше сигналов различных устройств, то станет возможной реализация большего количества степеней свободы, что в итоге приведёт к разработке протеза максимально похожего на руку природного происхождения. Можно расширить подобную технологию в сторону создания роботизированной ноги. Используя наиболее производительные системы обработки сигналов можно будет создать алгоритм с наименьшим отвлечением на шум. Это доведёт до минимума неопределённость при считывании признаков команд с мозга, и соответственно, уже при реализации этих команд устройством.

1. Показан путь повышения эффективности неинвазивной системы ИМК путем решения задачи немой речи, при которой субъект мысленно говорит, не генерируя акустических сигналов. Отмечено, что важным компонентом в этом случае является распознавание гласных на базе использования сигналов ЭЭГ.
2. Описана процедура распознавания мысленных команд пользователя по записи ЭЭГ, включающая в себя три основных этапа: а) предобработка ЭЭГ, б) формирование характерных признаков многомерных временных рядов, в виде которых записи ЭЭГ сохраняются в компьютере, в) классификация в пространстве характерных признаков (ХП).
3. Установлено, что качество распознавания команд пользователя в ИМК зависит как от выбора алгоритма классификации, так и от выбора метода формирования ХП. Представлен процесс обучения и классификации 5 групп данных с использованием периодограммы, дерева решений и метода опорных векторов.
4. Приведен примерный вид матрицы ошибок, даны некоторые рекомендации для будущей работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. Wolpaw and E.W. Wolpaw, *Brain Computer Interfaces: Principles And Practice*. Oxford University Press, 2012.
2. J. R. Wolpaw, N. Birbaumer, D.J. McFarland, G. Pfurtscheller, and T.M. Vaughan, "Brain Computer Interfaces For Communication And Control," *Clinical Neurophysiology*, vol. 113, no. 6, pp. 767–791, 2002.
3. B.Z. Allison, E.W. Wolpaw, and J.R. Wolpaw, "Brain Computer Interface Systems: Progress And Prospects," *Expert Review of Medical Devices*, vol. 4, no. 4, pp. 463–474, 2007.

4. S. Silvoni, A. Ramos-Murguialday, M. Cavinato, C. Volpato, G. Cisetto, A. Tur-olla, F. Piccione, and N. Birbaumer, "Brain Computer Interface In Stroke: A Review Of Progress," *Clinical EEG and Neuroscience*, vol. 42, no. 4, pp. 245–252, 2011.
5. D. Xiao, Z. Mu, and J. Hu, "Classification Of Motor Imagery EEG Signals Based On Energy Entropy," *International Symposium on Intelligent Ubiquitous Computing and Education*. IEEE, pp. 61–64, 2009.
6. M.A. Lebedev and M.A. Nicolelis, "Brain Machine Interfaces: Past, Present And Future," *TRENDS in Neurosciences*, vol. 29, no. 9, pp. 536–546, 2006.
7. S. Siuly and Y. Li, "Improving The Separability Of Motor Imagery EEG Signals Using A Cross Correlation-Based Least Square Support Vector Machine For Brain Computer Interface," *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 20, no. 4, pp. 526–538, 2012.
8. R. Kus, D. Valbuena, J. Zygierevicz, T. Malechka, A. Graeser, and P. Durka, "Asynchronous BCI Based On Motor Imagery With Automated Calibration And Neurofeedback Training," *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 20, no. 6, pp. 823–835, 2012.
9. B. Denby, T. Schultz, K. Honda, T. Hueber, J.M. Gilbert, and J.S. Brumberg, "Silent Speech Interfaces," *Speech Communication*, vol. 52, no. 4, pp. 270–287, 2010.
10. Вьюгин В. Математические основы теории машинного обучения и прогнозирования / В. Вьюгин. — МЦМНО, 2013. 390 с.

© Аль-Духейдахави Муртадха Ахмед Лути (Murtazalute7@gmail.com), Аль Насрави Фарис Хазим Абдулсада (farisiraq21@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А

МНОГОАГЕНТНЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ

Амоа Куадио-кан Армел Жеафрау

Аспирант

Воронежский Государственный Технический

Университет (ВГТУ)

г. Воронеж

amoa.armel@gmail.com

MULTI-AGENT APPROACH TO BUILDING A DISTRIBUTED WEB APPLICATION ARCHITECTURE

Амоа Kouadio-kan Armel Geafroy

Summary. This article is devoted to the analysis of standards what are used to build a distributed architecture in applications. At the same time, taken in the account the multi-factorial and multi-level nature of the tasks that users set for the software, a reasonable assertion arises about the need and expediency of using multi-agent technologies. It is this approach what is now the most in demand in terms of different areas of development and formation of artificial intelligence, as well as different niches of information technology. But at the same time, it is necessary to take into account the problems that this method of building software poses. Since only when certain shortcomings and difficulties are taken into account, unresolved issues can be identified and further eliminated to further increase the efficiency of work. This issue requires coverage and detailed analysis, since recently the task concerning the process of designing social-economic systems from the point of view of information support has become more and more urgent. And since here you can immediately identify several niches, more precisely, spheres and subsystems, then the approach to solving each component should be applied individually, taken into account key characteristic. And this can be implemented at a sufficiently high level only by multi-agent technologies for building a distributed architecture for a web application. At the same time, it is worth considering different subspecies of such a system, which are expressed in deliberative, reactive and hybrid ways of building an architecture. And the latter, giving the ever increasing multitasking of software, is becoming the most commonly used when creating web application.

Keywords: system, functioning, program, software, information, environment, intelligence, artificial, agent, multi-agent, technology, application, features, basic autonomy.

Аннотация. Статья посвящена анализу стандартов, которые используются для построения распределенной архитектуры в приложениях. При этом, учитывая многофакторность и многоуровневость тех задач, которые ставят пользователи перед программным обеспечением, возникает обоснованное утверждение о необходимости и целесообразности применения мультиагентных технологий. Именно такой подход сейчас является наиболее востребованным с точки зрения разных направлений развития и становления искусственного интеллекта, а также разных ниш информационных технологий. Но при этом необходимо и учитывать те проблемы, которые ставит такой способ построения ПО. Так как только при учете определенных недостатков и трудностей, можно выделить нерешенные вопросы и в дальнейшем устранить их для еще большего повышения эффективности работы. Этот вопрос требует освещения и детального анализа, так как в последнее время становится все более актуальной задача, касающаяся процесса проектирования социально-экономических систем с точки зрения информационного обеспечения. А так как здесь можно сразу выделить несколько ниш, точнее сфер и подсистем, то и подход к решению каждой составляющей, должен применяться индивидуально с учетом ключевых характеристик. А это под силу реализовать на достаточно высоком уровне только мультиагентным технологиям построения распределенной архитектуры веб-приложения. При этом стоит учитывать и разные подвиды такой системы, которые выражаются в делиберативном, реактивном и гибридном способах построения архитектуры. И последний, учитывая все больше возрастающую многозадачность программного обеспечения, становится наиболее часто используемым при создании веб-приложений.

Ключевые слова: система, функционирование, программа, обеспечение, информационное, среда, интеллект, искусственный, агент, мультиагентный, технологии, применение, особенности, базовые, автономность.

Введение

На сегодняшний день любое веб-приложение представляет собой полноценную программу, при помощи которой пользователь посредством сети интернет осуществляет коммуникацию и работу с разными элементами. Например, при помо-

щи таких программ можно осуществить приобретение товара, услуги, прокомментировать любое действие или новость в социальных сетях. Очевидным преимуществом веб-приложения является тот факт, что такая программа (в преобладающем большинстве случаев) не требует обязательного процесса установки на любой гаджет. А это существенно упрощает ее использование.

Основная часть. На сегодняшний день выделяют следующие разновидности веб-приложений, с учетом разных типов классификации:

- ◆ МРА вариант построения сайта. Он представляет собой приложение, состоящее из некоторого числа страниц. При коммуницировании с таким приложением пользователь совершает действие, осуществляя фактически запрос на сервер. В этот момент происходит обновление страницы.
- ◆ SPA разновидность построения шаблона предполагает под собой одну страницу кода HTML. Здесь обновление происходит динамически, в зависимости от действий, которые совершает пользователь. То есть полная перезагрузка не выполняется.
- ◆ И, наконец, вариант построения PWA, которое требует непосредственной установки пользователем. В этом случае программа может полноценно коммуницировать и в режиме оффлайна [8, С. 9].

Но, несмотря на такое распределение с точки зрения основного типа взаимодействия с пользователем, все приложения функционируют по принципу «клиент-сервер» [4, С. 155]. Но это взаимодействие может быть выражено в виде статической или динамической страницы.

И здесь возникает еще одна проблема, которая обусловлена возрастанием сложности действующих веб-приложений. Ожидания пользователя становятся все более комплексными, многоступенчатыми и программное обеспечение должно выполнять все эти запросы.

И в течение последних 10 лет развития телекоммуникационных технологий стали все более интенсивно проявлять себя концепции кросс-плат. Фактически они являются программными системами с форменными, интеллектуальными и распределенными особенностями. Реализовать их можно несколькими методами. Но именно многоагентные системы, дают возможность сконцентрировать все ключевые технологии с максимальной эффективностью, полнотой и выразительностью в итоговых результатах.

Оценивая ключевые особенности теории МАС — многоагентных систем, нельзя не упомянуть принцип и суть самого «агента». Он представлен программной или аппаратной сущностью, которая имеет возможность действовать на получение конкретной цели, которую задает пользователь.

Любой агент в процессе программирования описывается набором характеристик [3, С. 5]. И именно их со-

вокупность будет характеризовать суть агента, которую можно к свести к следующему:

- ◆ Принципы реактивности. Здесь заложена максимально быстрая оперативная реакция на любые изменения.
- ◆ Принцип автономности. В это понятие вкладывается возможность программы работать самостоятельно на пути достижения цели.
- ◆ Принцип адаптивности. В наборе этих характеристик агент должен иметь возможность самостоятельно обучаться, наращивая комплексы своих умений.
- ◆ Принцип коллаборативности. Каждый из агентов нацелен на эффективное взаимодействие с другими аналогичными аппаратными или программными сущностями. В этом виде он может представлять собой либо роль поставщика, либо потребителя информации.
- ◆ Принцип активности. Каждый из агентов для того, чтобы считаться эффективным, должен не только генерировать цели, но и обладать набором функций, которые позволят достичь результата.
- ◆ Принцип коммуникативности. В этом понимании каждый из агентов полноценно общается между собой для комплексного получения информации и данных.
- ◆ И последний принцип — это способность рассуждать. Умение выстраивать логические связи, позволяет работать с разными источниками, выделяя ключевое и приводя собранный набор к одному виду.

Как видно, роль каждого агента является ключевой. И здесь сложно выстроить иерархию, с точки зрения важности для функционирования в приложении, как впрочем и другого программного обеспечения, принцип работы которых построен на многоагентном подходе. Но при этом, исходя из ключевых характеристик, каждый из работающих агентов оценивается по наличествующим ключевым целям. Поэтому среди приоритетов агента можно выделить:

- ◆ Цели.
- ◆ Желания.
- ◆ Взятые обязательства.
- ◆ Ключевые намерения.
- ◆ Главные убеждения.
- ◆ Но, здесь стоит четко осознавать, что такое выделение ключевых свойств отдельных агентов возможно только с точки зрения анализа со стороны других компонентов системы (агентов) [9].

Структуру взаимодействия агентов, как между собой и с главным распределительным агентом, так и с необходимой базой знаний, можно отобразить схемой, представленной на рисунке 1.

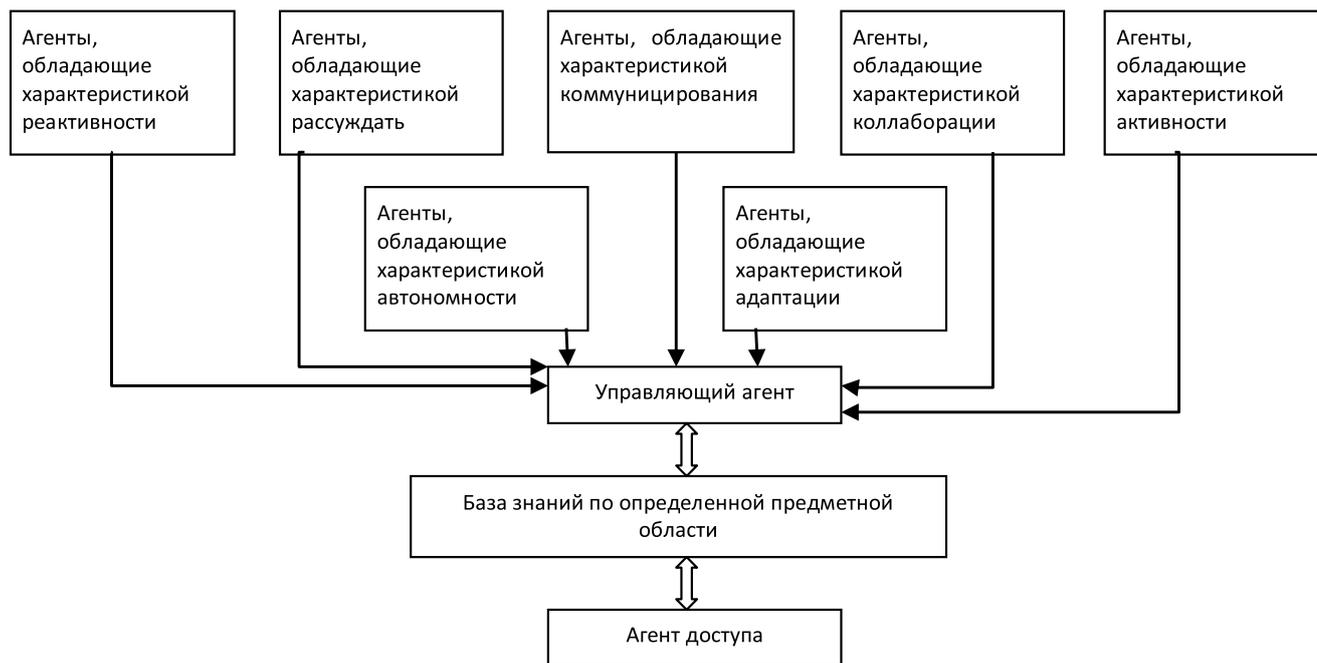


Рис. 1. Принцип построения архитектуры многоагентной системы

После того, как становится понятным, в чем заключается роль каждого агента перед целой системой, стоит вернуться к термину «многоагентные системы». Это определение применяют по отношению к тем системам, в которые входят определенное количество автономных агентов, способных исключительно полноценно коммуницировать между собой для осуществления поставленной задачи. Система коммуникации проводится через платформу, ключевая суть которой является асинхронизация. Этот принцип является ключевым, так как в каждой конкретной поставленной задаче есть ключевой запрос, а также масса побочных эффектов, которые являются второстепенными по отношению к главной цели.

Что же касается непосредственно класса выстраиваемой архитектуры программного обеспечения, то можно выделить следующие разновидности:

- Делиберативную. Здесь агенты, как в принципе и вся сама архитектура программного обеспечения, применяют точно выстроенные представления о событии или действии, которые чаще всего выражают в виде символов. И это является традиционным подходом, который присущ классическому принципу построения искусственного интеллекта. Все принимаемые действия и получение результатов здесь осуществляются на основе формальных суждений, логических рассуждений, сравнений с существующим образцом.

- Реактивную. Здесь применяемые принципы можно противопоставить делиберативному принципу по-

строения архитектуры. Здесь отсутствует принцип символического отображения модели мира. А суть взаимодействия и работа агентов сходится к тому, что решается проблема «ситуация — действие». При этом агенты, которые выполняют определенную задачу подбирают самые оптимальные действия, помогающие ее решению.

- Гибридную. В связи с возрастающими запросами пользователей разных программных обеспечений, включая веб-приложения, стало невозможным удовлетворять ставящиеся задачи только методами построения архитектуры по делиберативным или реактивным принципам. Поэтому многие разработчики на ранних этапах становления такого подхода к формированию архитектуры, стали объединять два этих ключевых варианта. Это и позволило создать разные виды гибридных архитектур. Фактически, стало возможным описывать ставящуюся задачу и поиск решения не только символическими, но и другими методами.

Фактически, если описывать суть многоагентного подхода к построению архитектуры, то он заключается в корректном распределении функций системы между теми интеллектуальными компонентами, которые реализуют возложенные на них обязательства и задачи.

Также стоит учитывать, что многие из агентов, которые обеспечивают работу разрабатываемого приложения, сталкиваются с обязательным выбором одного или нескольких вариантов из существующих и подходящих заданным условиям. Поэтому, процесс, по которому

осуществляется выбор необходимых ресурсов, можно представить следующим образом:

$$CM = QCM1 \cup QCM2 \cup \dots \cup QCMi$$

где CM — необходимая база данных, удовлетворяющая условию запроса;

QCMi — количество (множество) уникальных наборов, которые подходят для того, чтобы удовлетворить запрос пользователя под одному из параметров.

i — количество возможных переборов, осуществляемых при поиске.

При этом, по каждому из наборов QCMi, которые в совокупности и формируют итоговый результат, осуществляется перебор, выражаемый следующим отношением:

$$QCMi = N\{NK, NA, RN, NI\},$$

где NK — количество подходящих концептов;

NA — количество удовлетворяющих условию поиска атрибутов;

NI — количество экземпляров;

RN — множество отношений между составляющими.

Среди преимуществ такого подхода MAC можно выделить:

- ◆ Корректное распределение вычислительной нагрузки.
- ◆ Более высокое качество поставленных задач. Достигается поиском оптимальных решений в момент коллаборации и взаимодействия между разными типами агентов.
- ◆ Возможность системе проявлять гибкость [2, С. 27].
- ◆ Также появляются способы масштабирования системы. Достигается это децентрализованностью.

Но, оценивая преимущества, нельзя не упомянуть и о недостатках такого принципа построения архитектуры web-приложений. Заключается они, как правило, только в алгоритмических сложностях описания. В результате это может создать некую неопределенность.

Но после того, как рассмотрены непосредственно вопросы принципов построения многоагентной распределенной архитектуры веб-приложений, ее преимущества и возможные недостатки, стоит перейти к ключевым сферам применения. Это позволит оценить оправданность ресурсозатратности и развитие дальнейших перспектив с точки зрения внедрения в разные сферы деятельности человека.

Первым, что стоит осознать — это практически безальтернативность такого способа построения архитек-

туры программного обеспечения в той ситуации, когда одну ставящуюся задачу необходимо разбить на 2 и более подзадач. В этом случае каждый компонент ключевой цели распределяется между агентами. Выполняется такая декомпозиция ключевой задачи отдельным агентом. Среди его ключевых особенностей должно выделяться умение разбивать целое на части. При этом от него не требуется подобрать решение к каждой из них. Он выполняет функцию своеобразного «сортера» — и не более того. Это определяется теми ресурсами, которыми наделен каждый из агентов.

После того, как каждая подзадача находит оптимальное решение, все тот же агент, который проводил декомпозицию ставящейся цели, проводит согласование и интеграцию полученных результатов, для выдачи единого итога.

Конечно, то на сколько итоговым результатом будет удовлетворен конечный пользователь, влияет эффективность работы каждого агента. Фактически, оценивается умение подобрать правильное логическое решение каждой подзадачи [5]. А для агента, осуществляющего декомпозицию, оценивается способность быстро и эффективно перемещаться по сети, осуществляя коммуникацию с внешними хостами. Ведь этот агент должен эффективно осуществлять подбор информации с последующей ее композицией после осуществления ряда корректных действий.

Как видно из всего выше представленного, наиболее актуальными, с точки зрения применения мультиагентных технологий при построении архитектуры любого программного обеспечения, включая разнообразные веб-приложения, являются такие отрасли, которые представляют собой:

- ◆ Объемные базы данных и знаний.
- ◆ Системы любого моделирования, независимо от того, основана она на математических расчетах, имитации процесса или ситуативного стечения обстоятельств.
- ◆ Геоинформационные системы, в которых осуществляется ключевые многоуровневые запросы, как по ситуативным описаниям, так и по символьным кодам, отображающим ту или иную информацию [1, С. 100].

Важно четко осознавать, что именно в этих представленных сферах человеческой деятельности и полноценных системах, именно мультиагентные технологии построения архитектуры программного обеспечения позволяют выбрать лучший вариант решения поставленной задачи. Так как в этом случае ключевой запрос разделяется агентом на несколько отдельных информационных компонентов. И далее с каждым из них

работает свой собственный агент, который нацелен на решение конкретной задачи. Чаще всего, в наиболее сложных системах оптимально с поставленными задачами справляются гибридные системы построения мультиагентных архитектур.

При этом не стоит упустить из виду и возможность обучения интеллектуальных агентов. Этот вопрос является также актуальным, в связи с все более разветвляющимся и усложняющимся, по своему ключевому прин-

ципу, запросам к программному обеспечению. Наряду с этим интерес представляет дальнейшее расширение работы и перспектив применения мобильных агентов, которые способны осуществлять подбор необходимой информации и коммуницировать с другими программами в процессе перемещения по интернету и интранету.

И это является перспективной нишей дальнейшего исследования, наряду с развитием и усложнением мультиагентных технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Владимирская Е.Н. Особенности разработки мультиагентных систем на основе платформы Jade в рамках парадигмы Semantic Web / Сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф. Минск, — Мн.: Институт математики НАН Беларуси, 2009. — 112 с.
2. Городецкий В.И., Грушинский М.С., Хабалов А.В. Многоагентные системы // Новости искусственного интеллекта, 1998. — № 2. — С. 28–29.
3. Ландсберг С.Е. Некоторые аспекты проектирования мультиагентных систем с использованием языка UML [Текст] / С.Е. Ландсберг, А.А. Хованских // Вестник Воронежского государственного технического университета. — 2012. — Т. 8. — № 9. — С. 4–8.
4. Ландсберг С.Е., Хованских А.А. Основы агентов и многоагентных систем // Оптимизация и моделирование в автоматизированных системах: межвуз. сб. науч. тр. Воронеж: ГОУВПО ВГТУ, С. 151–156.
5. Ландсберг С.Е., Хованских А.А. Особенности построения информационных систем с использованием мультиагентных технологий // Вестник ВГТУ. 2014. № 3–1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-postroeniya-informatsionnyh-sistem-s-ispolzovaniem-multiagentnyh-tehnologiy> (дата обращения: 05.06.2022).
6. Леденева Т.М. Системы искусственного интеллекта и принятия решений: учеб. пособие / Т.М. Леденева, С.Л. Подвальный, В.И. Васильев. Уфа, 2005.
7. Основина О.Н. Мультиагентная система оценки и прогнозирования надежности АСУ // Труды II школысеминара молодых ученых «Управление большими системами». Воронеж, 2007. — С. 168–176.
8. Подвальный, С.Л. Интеллектуальные системы моделирования: принципы разработки [Текст] / С.Л. Подвальный, Т.М. Леденева // Системы управления и информационные технологии. — 2013. — № 1(51). — С. 4–10.
9. Anatomy of a Web Service: XML, SOAP and WSDL for Platformindependent Data Exchange [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.webreference.com/authoring/web_service/index.html (дата обращения 01.06.22 г.).

© Амоа Куадио-кан Армел Жеафрау (amoa.armel@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ К СОСТАВЛЕНИЮ РЕМОНТНЫХ РАСПИСАНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Баженов Петр Алексеевич

Аспирант

ФГАОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический университет»
pabazhenov@yahoo.com

ANALYSIS OF EXISTING APPROACHES TO COMPILING REPAIR SCHEDULE AT THE ENTERPRISE

P. Bazhenov

Summary. This article discusses network planning as a method of organizing work in enterprises. The statement of the problem of network planning is given, and the analysis of methods for solving this problem is carried out. Based on the results of a review of existing methods and approaches, it can be concluded that, at the moment, there is no such method for scheduling repair work and ore mining at a mining enterprise that would take into account the current state of equipment in the specifics of mine workings.

Keywords: repair scheduling, network planning, critical path, duration of work, heuristic methods, equipment condition.

Аннотация. В данной статье рассматривается сетевое планирование, как метод организации работ на предприятиях. Приведена постановка задачи сетевого планирования, а также проведен анализ методов решения данной задачи. По результатам обзора существующих методов и подходов можно сделать вывод, что, на данный момент, отсутствует такой метод календарного планирования ремонтных работ и работ по добыче руды на горнодобывающем предприятии, который бы учитывал текущее состояние оборудования в специфике горных выработок.

Ключевые слова: календарное планирование ремонтов, сетевое планирование, критический путь, продолжительность работ, эвристические методы, состояние оборудования.

Введение

В течение долгого времени, на предприятиях применяется система планово-предупредительных ремонтов (ППР), который подразумевает некий комплекс работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования в соответствии с установленными регламентами от производителя оборудования. Ремонт и техническое обслуживание проводится в такой системе, не смотря на их техническую необходимость и экономический эффект от последствий. При таком планировании не всегда удается учесть все взаимосвязи между единицами техники и производственными цепочками, в которых они участвуют.

В планировании выполнения комплексных работ, как правило, ставятся задачи минимизации времени проведения работ на обслуживающих устройствах или их стоимости. Решение таких задач, как прави-

ло, заключается в распределении типовых операций на обслуживающих устройствах, а также распределении непосредственно исполнителей по работам. Своевременное и эффективное планирование позволяет, в конечном итоге, повысить производительность труда.

Постановка задачи сетевого планирования

В общем случае сетевого планирования проблема расписаний имеет название *RCPSP (Resource-Constrained Project Scheduling Problem)* — задача построения расписания выполнения работ проекта с учетом отношений предшествования и ограничения на ресурсы. В такой задаче необходимо построить оптимальное расписание проекта с учетом сетевого графика (график взаимосвязей между работами) и с учетом ресурсов, доступных на проекте.

Рассмотрим математическую постановку такой задачи:

Есть некоторое количество работ N , а также некоторое количество ресурсов K .

$$N = \{1, \dots, n\} \quad (1)$$

$$K = \{1, \dots, k\} \quad (2)$$

Выполнение работ начинается в момент времени $t = 0$ и, для каждого момента времени t , известно некоторое количество единиц ресурса k Q_k . Для выполнения некоторой работы $i \in N$ требуется q_{ik} единиц ресурса $k \in K$. По окончании продолжительности такой работы $p_i \geq 0$ занятые ресурсы высвобождаются и могут быть снова назначены на выполнение других работ на приборе M_i .

Некоторые работы имеют ограничения предшествования: $i \rightarrow j$.

Также стоит отметить, что прерывание работ при выполнении, в классической постановке задачи *RCPSP*, запрещены.

Рассмотрим самую популярную целевую функцию такой задачи C_{max} : Исходя из вышеописанного, необходимо определить время начала выполнения требований S_i , таким образом, чтобы время выполнения всего проекта стремилось к минимуму:

$$C_{max} = \max_{i=1, \dots, n} \{C_i\}, C_{max} \rightarrow \min, \quad (3)$$

$$\text{где } C_i = S_i + p_i \quad (4)$$

При этом сохраняются следующие ограничения:

$$\sum_{i=1}^n q_{ik} \varphi_i(t) \leq Q_k, \quad (5)$$

При

$$\begin{cases} t \in [0, C_{max}], \\ \varphi_i(t) = 1, \text{ если работа } i \text{ выполняется в момент времени } t \\ \varphi_i(t) = 0, \text{ если работа } i \text{ не выполняется в момент времени } t \end{cases} \quad (6)$$

$$S_i + p_i \leq S_j, \text{ если } i \rightarrow j \text{ для } i, j \in N \quad (7)$$

Частным случаем задачи *RCPSP* является ряд задач для параллельных приборов (задачи *Job-Shop*, *Flow-shop*, *Open-shop*).

Структура работ для задачи *RCPSP* представляется сетевым графиком $G = (V, E)$, где V — вершины

ациклического орграфа, E — его дуги. Их можно выразить следующим образом:

$$V = \{1, \dots, n\} \quad (8)$$

$$E = \{(i, j) | i, j \in V; i \rightarrow j\} \quad (9)$$

В такой постановке $V = N$ — множество работ проекта, E — отношения между работами. Когда сетевой график не является ациклическим, допустимого решения не существует.

Также, как правило, при рассмотрении структуры проекта (совокупности работ) вводят две несуществующих работы с порядковым индексом 0 и $n+1$ соответственно. Продолжительность у таких работ приравнивается к 0 . Такие работы соединяются с остальными работами посредством задания отношений вида $0 \rightarrow j \rightarrow n+1, j = 1, \dots, n$. Затраты ресурсов у таких работ так же приравниваются к 0 .

Рассмотрим типовые расписания, которые могут применяться на производстве. Такие расписания так или иначе можно свести к задаче *RCPSP*:

- ◆ Расписание сотрудников. На каждом предприятии ставится задача распределения сотрудникам выполнения некоторого перечня ежедневных работ с учетом характеристик сотрудников. От качества такого расписания может зависеть эффективность работы сотрудников, рациональное использование интеллектуальных и материальных средств предприятия. Постановка задачи составления такого расписания может быть сведена к задаче цеха (*Shop Scheduling*) или временным таблицам.
- ◆ Производственное расписание. В промышленности предполагается наличие процессов, в которых очередность выполнения операций строго фиксирована. Такой тип расписаний, как правило, ставит перед собой цель эффективно распределить работы в этих процессах по времени на множестве устройств с целью минимизировать временные или материальные затраты. Постановка задачи составления такого расписания называется задачей *Job-shop* (частный случай задачи цеха).
- ◆ Транспортное расписание. На крупных предприятиях, обладающих большой территорией, как правило, возникает вопрос доставки сотрудников на рабочие места с помощью собственного транспорта на территории предприятия. Составление транспортного расписания несет в себе цель снизить время доставки сотрудников до рабочих мест, очередей на транспорт, повысить комфортность перевозки сотрудников. Для

моделирования такого рода систем применяется аппарат графов и сетей.

Методы решения задачи сетевого планирования

К методам решения задач составления расписания можно отнести [1]:

- ◆ Набор эвристических методов;
- ◆ Методы случайного поиска;
- ◆ Комбинаторные методы;
- ◆ Математическое программирование;

Некоторые из задач большой размерности нельзя реализовать методами полного перебора для получения точного решения характеризуемыми большой вычислительной сложностью и, как следствие, долгим сроком выполнения. Многочисленные эксперименты и исследования показали, что наиболее эффективными способами решения таких задач являются алгоритмы, в которых задача планирования решается многократно и окончательное решение формируется постепенно с использованием полученных ранее результатов и применяется рандомизация и подходы на основе механизмов, используемых природой. Как правило, на практике используют эвристические методы оптимизации.

Среди эвристических методов выделяют:

1. Конструктивные эвристические методы
2. Улучшающие эвристические методы
3. Метаэвристические методы

Конструктивные эвристические методы позволяют построить допустимое расписание. Улучшающие эвристические методы улучшают существующее расписание, однако не всегда это можно сделать. С помощью метаэвристических методов можно приблизить улучшенное расписание к оптимальному. Эвристические алгоритмы часто являются эффективными при применении их в задачах, когда поиск наилучшего решения затруднен или невозможен. Такой задачей является *NP*-трудная задача *RCPSP*. Использование эвристических алгоритмов помогает лишь приблизиться к окончательному решению, т.е. найти локальный экстремум.

К таким методам относят алгоритм Дейкстры, поиск с запретами, моделируемый отжиг, метод муравьиной колонии, генетические алгоритмы и т.п. алгоритмы.

Конструктивные эвристические методы

Такие методы состоят из правила приоритета работ, схемы формирования расписания и направления

формирования расписания. Правила приоритета работ задают приоритет одних работ над другими, в случае если есть конфликт по ресурсам. Схема формирования расписания задает подход по формированию расписания. Из подходов выделяют:

- ◆ Отталкиваясь от приоритета, брать работы последовательно и ставить их в расписание как можно раньше, учитывая все ограничения.
- ◆ Двигаться по дням выполнения проекта и загружать все доступные ресурсы по максимуму.

Многие исследователи пытались оценить эффективность применения тех или иных правил приоритета для решения задачи *RCPSP*. В исследованиях лидируют гибридные правила, а также метод критического пути.

Наиболее известным и простым алгоритмом приближенного решения задач *RCPSP* является алгоритм последовательной диспетчеризации. Данный жадный алгоритм за фиксированное количество шагов позволяет построить согласованное расписание или убедиться в его отсутствии, если есть неразрешимые ограничения.

Реализация такого алгоритма с использованием метода Муравьиные Колонии приведена в работе [2]. Так же в работе [3] приведена реализация алгоритма *LS* по схеме обратного прохода.

Данный алгоритм может быть улучшен с помощью применения метода Ветвей и Границ. Ветвление в таком алгоритме будет происходить при выборе работы *i*. Для такого алгоритма необходимо нахождение хороших верхних и нижних оценок. Решение с применением данного подхода приведено в исследовании [4]. В работе [5] приведен вариант решения задачи планирования гибридным алгоритмом с использованием метода ветвей и границ и генетического алгоритма.

На практике задача *RCPSP* разнится с математической моделью рядом существенных отличий. К таким отличиям можно отнести следующие:

- ◆ Тип работы. Выделяют классический тип, Контрольное событие, Гамак. Контрольное событие — классический тип работы с нулевой продолжительностью. Гамак — тип работы, когда работа выполняется только между началом и окончанием работ-соседей в цепи отношений. Продолжительность такой работы не фиксирована. Так же выделяют составные работы.
- ◆ Продолжительность общих работ. Выражается в днях, часах. Как правило, планирование редко ведется в единицах времени меньше указанных.
- ◆ Ресурсы. Они могут быть невозобновимыми, ограничено-возобновимыми, частично возобновимыми, логистическими, непрерывно разделяе-

мыми, исключительными, ресурсами с переменной доступностью. Возобновимые, как правило, это персонал и техника. Возобновимые ресурсы могут объединяться в бригады. Ресурсы могут зависеть от времени.

- ◆ График работы. Работы могут выполняться с разным графиком работы. В рамках проектной деятельности, как правило, выполнение и планирование осуществляется на основе календарей. Работам может быть установлены даты начала и завершения, вне зависимости от возможности выполнить ее раньше или позже.
- ◆ Характеристика связей работ. Связи между работами могут отличаться от классической постановки. Например, между окончанием работы-предшественника и началом работы-последователя может существовать задержка по времени. Величины задержек могут быть отрицательными. Работы так же могут формировать отношения предшествования как между работами, так и между событиями, связанными с их стартом и окончанием. Взаимосвязи работы могут формироваться так же и для составных работ.
- ◆ Целевые функции. Допускается выбор альтернативных функций для минимизации временных показателей, затрат на ресурсы, стоимости проекта обеспечения устойчивости расписания к задержкам, достижения многокритериальных показателей проекта и т.д.
- ◆ Задача может решаться в постановке скорректировать расписание с учетом измененных условий исходной задачи или при актуализации данных в реальном времени.

Существует расширенная модель классической постановки задачи RCPSP, соответствующая всем требованиям прикладных постановок, описанных выше. Такая модель была описана в данной работе [6]. В этой работе так же приведен алгоритм решения данной постановки, базирующийся на схеме последовательной диспетчеризации и учитывающий составные работы, ресурсные ограничения с переменным профилем использования (и возобновимые и невозобновимые), ограничения по времени (ограничения, связанные с календарным графиком).

Из решений, направленных на минимизацию проста оборудования с учетом пространственных факторов, можно выделить следующую работу [7]. Данная работа примечательна подходом учета пространственных факторов, поскольку данный подход актуален в подземных шахтных выработках из-за недостатка пространства для свободного передвижения транспорта.

Из решений задачи RCPSP, направленное на планирование ремонтов, можно выделить работу [8], в ко-

торой приводится метод решения задачи календарного планирования ремонтов технологического оборудования предприятия с использованием генетического алгоритма. Решение примечательно двухэтапным подходом к реализации, однако не подходит к календарному планированию ремонтов по текущему состоянию оборудования, поскольку не учитывает его фактическое состояние в момент планирования.

Также стоит выделить работу [9], которая предлагает модель построения согласованного расписания для выполнения комплексных работ. В данном исследовании приводится трехэтапный алгоритм, на первом шаге которого, отдельные множества работ (комплексы) агрегируют в общий сетевой граф, построенный на критических путях комплексов работ. Во втором шаге общий сетевой граф упорядочивают и по нему строят согласованный план выполнения всех работ проекта. Данная работа хорошо подходит для планирования производственных цепочек работ, однако не учитывает фактическое состояние оборудования, что является критичным параметром при выборе метода.

В работе [10] описывается подход к календарному планированию технического обслуживания и ремонта технологического оборудования авторемонтных предприятий. Данная работа опирается на методологию ППР при календарном планировании. Такой подход не применим к календарному планированию с учетом состояния оборудования, поскольку не опирается на фактическое состояние оборудования при планировании. Так же стоит выделить работу [11], в которой описывается подход к планированию ремонтно-строительных работ зданий и сооружений посредством прогнозирования физического износа конструктивных элементов. Данный подход основывается на планировании ремонтов по техническому состоянию, однако он не применим, в связи со спецификой, к горнодобывающей отрасли в части планирования ремонтов проходческого оборудования. Особое внимание можно уделить работе [12], в которой описывается подход к составлению и корректировке графика ремонтных работ на предприятии с учетом текущего технического состояния оборудования в производственных цепочках на предприятиях химической промышленности. Такой подход к календарному планированию не полностью применим к горнодобывающей отрасли, поскольку не учитывает специфику оценки технического состояния горнодобывающего оборудования, проходческих комбайнов, в частности.

Заключение

Исходя из обзора уже существующих методов и подходов можно сделать вывод, что, на данный момент,

отсутствует такой метод календарного планирования ремонтных работ и работ по добыче руды на горнодобывающем предприятии, который бы учитывал теку-

щее состояние оборудования в специфике горных выработок (оценка технического состояния проходческих комбайнов и планирование с учетом этой оценки).

ЛИТЕРАТУРА

1. Матренин П.В. Обзор методов оптимизации в комбинаторных задачах класса Job-Shop Scheduling // сборник научных трудов НГТУ.— 2014.— С. 113–124.
2. Лазарев А.А., Гафаров Е.Р. Теория расписаний. Задачи и алгоритмы. М.: МГУ, 2011.— 224 с.
3. Авдеенко Т.В., Петров Р.В. О возможностях применения методов и моделей теории расписаний для оптимизации работы веб-студии // Сборник научных трудов НГТУ.— 2016 -. № 2(84).— С. 7–20.
4. Григорьева Наталья Сергеевна Алгоритм ветвей и границ для задачи составления расписания на параллельных процессорах // Вестник СПбГУ. Серия 10. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. 2009. № 1.
5. Е.А. Кумагина, Е.А. Неймарк Разработка гибридного алгоритма решения задачи упорядочения // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2019. № 3 (126).
6. Аничкин А.С., Семенов В.А. Математическая формализация задач проектного планирования в расширенной постановке // Труды ИСП РАН. 2017. № 2.
7. Семенов В.А., Аничкин А.С., Морозов С.В., Тарлапан О.А., Золотов В.А. Комплексный метод составления расписаний для сложных промышленных программ с учетом пространственно-временных ограничений // Труды ИСП РАН. 2014. № 1.
8. Мышенков К.С., Романов А.Ю. Метод решения задачи календарного планирования ремонтов технологического оборудования предприятия с использованием генетического алгоритма // Машиностроение и компьютерные технологии. 2011. № 9.
9. Павлов А.А., Чернов С.К., Мисюра О.Б. Модели и алгоритмы теории расписаний в задачах планирования и управления проектами // Труды Одесского политехнического университета.— 2006.— Вып. 1 (25).— С. 150–159.
10. Планирование технического обслуживания и ремонта технологического оборудования авторемонтных предприятий / В.С. Ивашко [и др.] // Изобретатель.— 2014.— № 2.— С. 42–46.
11. Попова О.Н. Календарное планирование ремонтно-строительных работ на основе технологии поэтапной эксплуатации методами динамического программирования физического износа // Современные проблемы науки и образования.— 2014.— № 1.
12. Плехов П.А. Оптимальное управление циклами состояния оборудования промышленного предприятия: дис. канд. техн. наук: 05.13.06.— Пермь, 2011.— 158 с.

© Баженов Петр Алексеевич (pabazhenov@yahoo.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИМЕНЕНИЕ НАСТРАИВАЕМЫХ МОДЕЛЕЙ НА ФИЛЬТРАХ ЛАГЕРРА ДЛЯ ПОИСКА ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ДЕФЕКТОВ В НЕЛИНЕЙНЫХ САУ

APPLICATION OF CONFIGURABLE MODELS ON LAGUERRE FILTERS FOR FINDING PARAMETRIC DEFECTS IN NONLINEAR ACS

V. Bloschinskiy

Summary. The paper presents an algorithm based on configurable isomorphic diagnostic models based on Laguerre filters with only a recursive part for finding parametric defects in nonlinear automatic control systems. Two types of nonlinearities in the object are considered: saturation and dead zone. With the help of a software package developed using the Scilab/Xcos block modeling environment, numerical experiments were carried out to configure diagnostic models, sets of vectors of reference defective technical states of the diagnostic object were determined, test diagnostics of the introduced defects was carried out by calculating the distinguishability by the values of diagnostic features. An evaluation of the efficiency and accuracy of the algorithm is given, based on which a conclusion is made about the suitability of using isomorphic models for finding defects in nonlinear dynamic objects.

Keywords: parametric defect, automatic control system, nonlinear object, diagnostic object, diagnostic feature, Laguerre filter, configurable model.

Блощинский Владислав Дмитриевич
Аспирант, Тихоокеанский государственный
университет, Хабаровск
vladkms94@mail.ru

Аннотация. В работе представлен алгоритм, основанный на настраиваемых изоморфных диагностических моделях, построенных на фильтрах Лагерра только с рекурсивной частью, для поиска параметрических дефектов в нелинейных системах автоматического управления. Рассмотрены два вида нелинейностей в объекте: насыщение и зона нечувствительности. С помощью программного комплекса, разработанного в среде блочного моделирования Scilab/Xcos, проведены численные эксперименты по настройке диагностических моделей, определены наборы векторов эталонных дефектных технических состояний объекта диагностирования, проведено тестовое диагностирование введенных дефектов с помощью расчета различимости по значениям диагностических признаков. Дана оценка эффективности и точности работы алгоритма, исходя из которой сделан вывод о пригодности использования изоморфных моделей для поиска дефектов в нелинейных динамических объектах.

Ключевые слова: параметрический дефект, система автоматического управления, нелинейный объект, объект диагностирования, диагностический признак, фильтр Лагерра, настраиваемая модель.

Введение

В настоящее время особую актуальность приобретает оперативное решение диагностических задач для эффективной эксплуатации сложной и дорогостоящей аппаратуры. Это приводит к необходимости решения задач по разработке диагностических алгоритмов математического обеспечения систем обработки поступающей информации, которые позволили бы автоматизировать процессы контроля систем. В настоящее время имеется множество отечественных и зарубежных работ по различным вопросам идентификации и диагностики, в том числе и по теории математического описания диагностируемых систем управления и оценки их текущего состояния [1–6]. Но в большинстве случаев разбираются довольно частные вопросы.

В вопросах решения задач автоматизации процессов диагностирования можно выделить следующие направления: использование статистических методик, построение диагностических моделей системы и применение нейросетевого подхода. Первый подход наиболее тривиален, универсален и исторически сложился первым. Основывается на различных показателях надежности автоматических систем и статистических зависимостей, что требует больших баз знаний о принципах функционирования компонентов исследуемого объекта. Третий подход является более современным и может быть менее затратен в разработке, но требует много априорной информации об объекте и его функционировании во времени.

Таких недостатков частично лишены алгоритмы, строящиеся согласно второму подходу. К ним относятся

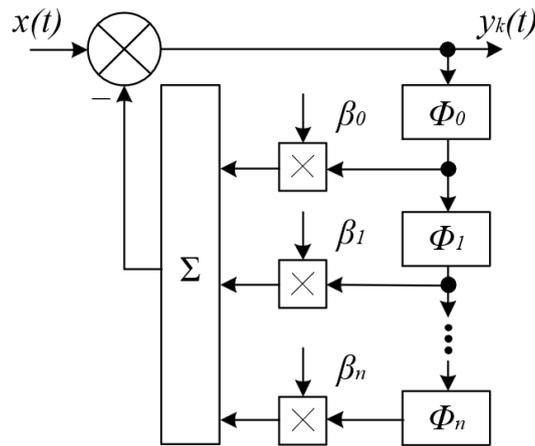


Рис. 1. Структура изоморфной диагностической модели для k -ой контрольной точки

методы поиска дефектов на основе моделей дефектов, с применением моделей чувствительности, с помощью граф-моделей и т.д. [7–9]. Широкое распространение в диагностировании технического состояния систем автоматического управления (САУ) получили классические типы математических моделей, которые являются предметом исследований теории идентификации [10, 11].

Данная работа является продолжением исследовательских работ [12–14], идея которых основывается на объединении методов идентификации и диагностики, которые по отдельности уже имеют определенные реализации, но на сегодняшний день не рассматривались в качестве единого алгоритма поиска дефектов САУ. В этих работах для поиска параметрических дефектов рассматривалось применение динамических изоморфных моделей, построенных на двух видах фильтров: на элементах задержки и на основе функций Лагерра. Также рассматривались три формы построения модели: в каноническом виде, только с рекурсивной и только с нерекурсивной частями, а также различные подходы к настройке этих моделей. Было установлено что наиболее оптимальный вариант изоморфной модели — это использование функций Лагерра в качестве базиса при построении только с рекурсивной частью. Но во всех предыдущих работах рассматривались только линейные непрерывные САУ. Цель данной работы — рассмотреть возможность применения настраиваемых изоморфных моделей для поиска дефектов в нелинейных САУ, то есть имеющих нелинейные составляющие, и определение преимуществ и недостатков такого подхода.

Описание алгоритма

Построение диагностической модели имеет общие черты в любых методах и алгоритмах. При разработке

модели необходимо определить вектор диагностических параметров, который определяет оценку состояния объекта диагностирования. Координатами такого вектора могут служить почти любые внутренние параметры модели.

В работе рассматривается изоморфная модель только с рекурсивной частью, построенная на основе фильтров Лагерра. Общий вид модели для n базисных функций фильтра $\Phi_i(t)$ представлен на рисунке 1.

На рисунке 1 обозначены следующие элементы: $x(t)$ — диагностический сигнал, подаваемый на вход диагностической модели и объекта; $y_k(t)$ — выходной сигнал модели для k -ой контрольной точки; $\beta_1 \dots \beta_n$ — настраиваемые коэффициенты модели; $\Phi_1 \dots \Phi_n$ — блоки, реализующие передаточные функции базисных функций фильтра $\Phi_i(t)$.

Система базисных функций фильтра реализуется с помощью ортогональных функций Лагерра, которые имеют следующие передаточные функции:

$$\Phi_0 = \frac{s}{s+b}, \quad \Phi_i = \frac{s-b}{s+b},$$

где b — характеристический коэффициент функций Лагерра; Φ_0 — передаточная функция первого звена фильтра; Φ_i — передаточные функции последующих звеньев.

Коэффициенты β_i получаются из контуров самонастройки, которые строятся по градиентному методу, где в качестве критерия близости сигналов контрольных точек объекта диагностирования и изоморфных моделей принят квадрат их разности. Таким образом, расчет коэффициентов осуществляется согласно следующему выражению:

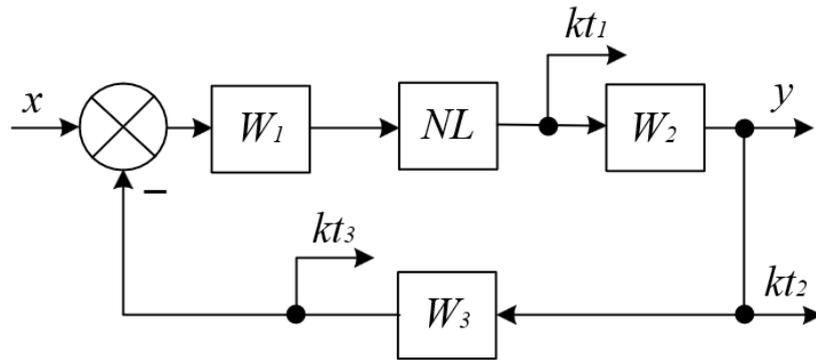


Рис. 2. Структур рассматриваемого объекта диагностирования

$$\beta_i(t) = -\gamma \int_0^t e(t) \varphi_i(t) dt,$$

где $\varphi_i(t)$ — функция выхода i -го базисного блока в динамической модели, $e(t)$ — функция критерия близости, γ — изменяемый коэффициент.

Алгоритм поиска дефектов основывается на методе распознавания образов. Таким образом, поиск параметрического дефекта в объекте осуществляется сравнением вектора параметров текущего состояния объекта с набором векторов параметров эталонных дефектов, полученных предварительно при настройке диагностической модели. Как уже упоминалось, векторы могут состояться из почти любых параметров модели. В данном случае, это значения коэффициентов β_i , которые описывают одно из возможных состояний объекта. При правильно настроенной изоморфной модели, эти коэффициенты, за определенное время настройки, стремятся к константе, что и позволяет использовать их в качестве координат-параметров векторов состояний. Для сравнения векторов определяется их близость друг к другу с помощью расчета диагностических признаков дефектов, которые определяются согласно выражению [12]:

$$J_j = 1 - \left(\frac{(Y - N) \cdot (Z_j - N)}{\|Y - N\| \cdot \|Z_j - N\|} \right)^2,$$

где Y — вектор параметров текущего технического состояния объекта диагностирования; Z_j — вектор эталонных параметров для j -ого рассматриваемого дефектного состояния; N — вектор параметров исправного состояния объекта. Все три вектора составляются из совокупности коэффициентов β_i диагностических моделей для каждой контрольной точки. Значения такого признака лежат в пределах от 0 до 1, где 0 означает полное совпадение направлений (или их противоположность) нормированных векторов $(Y-N)$ и (Z_j-N) .

Численные эксперименты

В данной работе для проведения численных экспериментов по настройке диагностической модели и диагностированию для доказательства работоспособности предлагаемого алгоритма используется среда блочного моделирования Scilab/Xcos. В качестве объекта диагностирования была выбрана САУ в типичном представлении, состоящая из двух последовательно соединённых блоков и еще одного блока в общей отрицательной обратной связи. Структура объекта показана на рисунке 2, где обозначены следующие сигналы: x — входной сигнал; y — выходной сигнал объекта; kt_1 ... kt_3 — сигналы с выбранных контрольных точек, для каждого из которых строится изоморфная диагностическая модель.

Динамические блоки « W_1 » ... « W_3 » в объекте реализуют передаточные функции согласно следующим выражениям:

$$W_1(s) = \frac{b_{10}}{a_{11}s + 1} = \frac{1}{0.1s + 1},$$

$$W_2(s) = \frac{b_{20}}{a_{21}s + 1} = \frac{2}{2s + 1},$$

$$W_3(s) = b_{30} = 1.$$

Динамический блок « NL » реализует нелинейный элемент системы. В данной работе рассматривается два вида нелинейности: зона нечувствительности и насыщение. Ввиду того, что изоморфная модель работает по принципу аппроксимации характеристик объекта диагностирования и существуют определенные сложности аппроксимации нелинейных функций линейными, то параметры нелинейных объектов задавались так, чтобы исходные передаточные характеристики

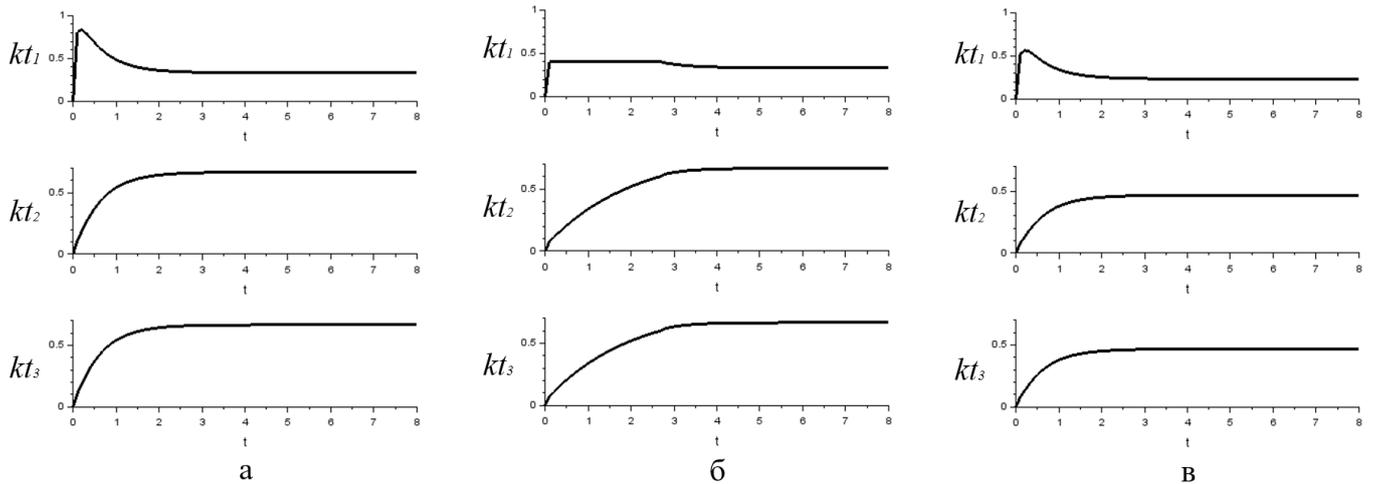


Рис. 3. Передаточные функции контрольных точек линейного объекта (а), объекта с нелинейностью типа насыщение (б) и объекта с зоной нечувствительности (в).

не сильно искажались. Таким образом, для нелинейности типа насыщение были заданы верхний и нижний пороги равные 0.4 и -0.4, соответственно, а для зоны нечувствительности 0.3 и 0. Данные параметры выбраны так, чтобы можно было дополнительно рассмотреть влияние степени нелинейности, то есть силы искажения передаточных характеристик линейной системы нелинейными блоками. На рисунке 3 показаны графики передаточных функций с контрольных точек объекта диагностирования без нелинейных элементов системы (а), с нелинейностью типа насыщение (б) и зоной нечувствительности (в).

Во время работы с диагностической моделью функции $\beta_i(t)$ не всегда стремятся к определенным установившимся значениям, а могут совершать небольшие колебания вокруг некоторого значения. Поэтому коэффициенты β_i , которые далее будут использоваться в качестве координат в векторах состояния объекта, определяются как среднее по последним 10% отсчетов.

Ранее в работе [14] рассматривались два варианта настройки изоморфных моделей: совместная и индивидуальная. Вариант с индивидуальной настройкой дает немного лучшие показатели по точности диагностирования, но является немного более трудоемким и оправдывает себя в основном для структурно сложных объектов диагностирования. Поэтому в данной работе рассмотрим совместный вариант настройки, когда внутренние параметры изоморфных моделей для каждой контрольной точки соответственно равны друг другу. Общий подход к выбору параметров диагностической модели базируется на следующих рекомендациях. Параметр N — количество используемых базисных функций, определяется относительно порядка передаточной функции

объекта и выбирается равным ему или большим. Параметр b — характеристический коэффициент в функциях Лагерра, определяющий быстроедействие фильтров, выбирается так, чтобы переходные характеристики звеньев фильтра примерно соответствовали переходной характеристике объекта диагностирования. Параметр γ — изменяемый коэффициент в контурах самонастройки, влияющий на общую скорость работы и реакцию модели, необходимо определить экспериментально. При проведении настройки важно обращать внимание на время, за которое проходит настройка, то есть время, за которое функция ошибки рассогласования модели и объекта $e(t)$ обращается 0, и время достижения функций $\beta_i(t)$ константных значений. Таким образом, были выбраны следующие параметры изоморфных моделей для объекта диагностирования с зоной нечувствительности (db) и с нелинейностью типа насыщение (st):

$$N_{db} = 3, \quad b_{db} = 2.6, \quad \gamma_{db} = 1.3,$$

$$N_{st} = 5, \quad b_{st} = 2.1, \quad \gamma_{st} = 1.1.$$

Для дальнейшего исследования возможностей определения параметрических дефектов были созданы наборы векторов эталонных дефектных технических состояний рассматриваемого объекта для двух типов нелинейностей. Оба набора состоят из 20 векторов для отклонения значений каждого из параметров объекта на $\pm 10\%$ и $\pm 25\%$. Для определения точности и адекватности работы представляемого алгоритма был проведен тестовый поиск дефектов, где рассматривались отклонения параметров на $\pm 7\%$, $\pm 14\%$ и $\pm 20\%$. Результаты проведенного диагностирования представлены в таблице 1. Для сокращения результатов в таблице приведены не все из рассмотренных дефектов и сокращен список значений диагностических признаков.

Таблица 1. Результаты диагностирования

Зона нечувствительности			Насыщение		
Введенный дефект	Эталонный дефект	Диагностический признак	Введенный дефект	Эталонный дефект	Диагностический признак
b10-14%	b10-10% b10+10% b10-25% b10+25% b20-25%	0.0000131 0.0001910 0.0002795 0.0003401 0.4274205	a11+7%	a11+10% a11-10% a11+25% a11-25% b10+10%	0.0034953 0.0275012 0.0496333 0.0967872 0.3539693
a11+7%	a11+25% a11+10% a11-25% a11-10% b30+25%	0.0000582 0.0000659 0.0005601 0.0014653 0.9054806	b20+14%	b20+25% b20+10% b20-10% b20-25% a21+25%	0.0022345 0.0024396 0.0047292 0.0115665 0.1311869
a21-7%	a21-10% a21+10% a21-25% a21+25% b20+25%	0.0002782 0.0085447 0.0108661 0.0275876 0.4637245	a21+20%	a21+25% a21+10% a21-10% a21-25% b20-25%	0.0000668 0.0001497 0.0188822 0.0561319 0.0887940
b30+20%	b30+25% b30+10% b30-10% b30-25% a11-25%	0.0003867 0.0017988 0.0192833 0.0522998 0.9085764	b30-7%	b30-10% b30-25% b30+10% b30+25% b20+25%	0.0007567 0.0102027 0.0191490 0.0197732 0.4810271

Результаты проведенных численных экспериментов показали, что предлагаемый алгоритм поиска дефектов в нелинейных системах, использующий изоморфные диагностические модели, может с высокой точностью определять одиночные параметрические дефекты нелинейных САУ. Вероятность определения введенных дефектов для САУ с нелинейностью вида зона нечувствительности составила 93%, а для системы с нелинейностью типа насыщение — 80%. Все ошибки были зарегистрированы внутри набора эталонных дефектов, относящихся к одному параметру. Таким образом, предлагаемый алгоритм позволил со 100% вероятностью определить параметр, в котором был дефект. Также стоит отметить, что малые значения диагностических признаков дефектов, являющихся различными отклонениями для одного и того же параметра, позволяют объединить эти эталонные наборы с целью уменьшения общего количества используемых эталонов без потери достоверности диагностирования.

В качестве оценки эффективности диагностирования дополнительно рассматривалась различимость дефектов, которая выражается в виде разницы между минимальным значением диагностического признака для вектора эталонного дефекта объекта не являющимся искомым и искомым. В среднем различимость дефектов для САУ с нелинейностью вида зона нечувствительности составила 0.0020636, а для САУ с нелинейностью типа насыщение — 0.001933. Полученные значения достаточно малы, но это можно объяснить тем, что

при расчете использовались значения признаков дефектов одного и того же параметра с разной степенью его отклонения. Поэтому дополнительно была рассчитана различимость для параметров, которая выражается в виде разницы между минимальным значением признака для вектора эталонного дефекта параметра не являющимся искомым и искомым. В таком случае средняя различимость для САУ с нелинейностью вида зона нечувствительности составила 0.6077048, а для САУ с нелинейностью типа насыщение — 0.2862066. Данные показатели говорят о том, что при исключении определения направления и степени изменения параметра и диагностировании только наличия дефекта в параметре показатели эффективности алгоритма становятся лучше. По результатам проведенных численных экспериментов видно, что чем больше степень нелинейности в объекте диагностирования, тем меньше вероятность верного определения направления и степени изменения параметра в системе и меньше различимость дефектов.

В работе [14] было рассмотрено применение представленного алгоритма для линейных САУ. Сравнив результаты численных экспериментов по поиску дефектов для аналогичных объектов диагностирования, можно сделать вывод, что предлагаемый алгоритм поиска параметрических дефектов с помощью динамических изоморфных моделей имеет меньшую различимость и вероятность обнаружения дефекта в параметре для динамического объекта, содержащего нелинейные эле-

менты. Это объясняется принципом работы изоморфной модели как аппроксимирующего блока для характеристик рассматриваемого объекта. Но при этом различимость дефектов с учетом направления и степени изменения параметра остаётся примерно на том же уровне.

Выводы

В представленной работе рассмотрен алгоритм поиска одиночных параметрических дефектов непрерывных нелинейных САУ с помощью динамических изоморфных моделей, построенных на фильтрах Лагерра только с рекурсивной частью. Были рассмотрены два вида нелинейности: зона нечувствительности и насыщение. Результаты проведенных численных экспериментов показали, что предложенный в данной работе алгоритм позволил определить все параметры, в которые вводились дефекты. При этом обеспечивается хорошая различимость для параметров, но определить направление и степень изменения параметра удается с меньшей различимостью и вероятностью. Но, с дру-

гой стороны, эта особенность является положительной чертой, так как многие методы диагностирования дефектов не позволяют выявить направление изменения конкретного параметра в объекте. В качестве рекомендации можно предложить объединить эталонные векторы дефектов для одного параметра за счет схожести их диагностических признаков, тем самым уменьшив количество векторов и возникающих ошибок диагностирования.

К общим преимуществам предлагаемого алгоритма, как для линейных САУ, так и содержащих нелинейные элементы, относится то, что для проведения процедуры настройки динамической изоморфной модели нет необходимости в знаниях о точном строении объекта диагностирования. Это позволяет снизить зависимость от большой априорно известной информации об объекте. Также ввиду того, что все процедуры настройки проводятся экспериментальными методами нет необходимости в проведении сложных расчетов при построении диагностической модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Iserman R. Fault-Diagnosis Application. Springer, 2011.
2. Шумский А.Е., Жирабок А.Н. Принятие решений при диагностировании нелинейных динамических систем непараметрическим методом. Автоматика и телемеханика. 2021. № 2. С. 111–131.
3. Cheng C., Chen T. Robust adaptive diagnostic observers design for actuator fault dynamic systems. 11th IEEE International Conference on Control & Automation (ICCA), Taichung, 2014. P. 360–364.
4. Sayed-Mouchaweh M. Fault Diagnosis of Hybrid Dynamic and Complex Systems. Springer, 2018.
5. Voronin V.V., Davydov O.A. Local Area Network Failures Types, Consequences and Criticality Analysis. Second Russia and Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC), 2017. P. 184–187.
6. Rosenwasser E.N., Yusupov R.M. Sensitivity of Automatic Control Systems. CRS Press, Boca Raton, 2019.
7. Бобышев В.В. Алгоритмы и программные средства диагностирования систем автоматического управления на основе теории чувствительности: дис. канд. техн. наук. Комсомольск-на-Амуре, 2002. 146 с.
8. Степаненко М.А. Разработка моделей и алгоритмов оптимизации процедур диагностирования на граф-моделях технических систем: дис. канд. техн. наук. Нижегородский гос. техн. ун-т, Нижний Новгород, 2007. 198 с.
9. Korablev Y u.A. Diagnostic system based on bank of fuzzy models. 2017 XX IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), Publisher: IEEE., 2017, pp. 363–365.
10. Шалобанов С.С. Методы и алгоритмы поиска дефектов в системах автоматического управления на основе моделей дефектов: дис. канд. техн. наук. Тихоокеанский гос. ун-т, Хабаровск, 2013. 166 с.
11. Patton R.J., Frank P.M., Clark R.N. Issues of Fault Diagnosis for Dynamic Systems. Springer, 2000.
12. Bloschinskiy V.D., Shalobanov S.V. Finding Parametric Defects in Continuous Dynamic Objects Using Isomorphic Models on IIR Filters and Laguerre Filters. 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). Publisher: IEEE, 2020, P. 1–5.
13. Блощинский В.Д., Шалобанов С.В., Шалобанов С.С. Алгоритм поиска параметрических дефектов в непрерывных САУ с помощью настраиваемых моделей на фильтрах Лагерра. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. 2021. № 7. С. 50–54.
14. Блощинский В.Д., Шалобанов С.В., Шалобанов С.С. Применение настраиваемых моделей на фильтрах Лагерра для поиска параметрических дефектов в непрерывных САУ. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. 2022. № 1–2. С. 12–17.

© Блощинский Владислав Дмитриевич (vladkms94@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПОРНЫХ ОБЪЕКТОВ НА СРЕЗАХ ОБЛАКОВ ТОЧЕК

USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS TO DETERMINE REFERENCE OBJECTS ON POINT CLOUD SLICES

L. Gagarina
I. Gaiduk

Summary. The article lists the main types of neural network architectures for pattern recognition, analyzes their effectiveness in terms of saving computing resources, and draws conclusions about the appropriateness of their use in various conditions.

Keywords: 3D modeling, 3D scanning, point clouds, neural networks.

Гагарина Лариса Геннадьевна

Д.т.н., профессор, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет МИЭТ»
cpintex@yandex.ru

Гайдук Игорь Олегович

Соискатель, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет МИЭТ»
igolgai@mail.ru

Аннотация. В статье перечислены основные типы нейросетевых архитектур для распознавания образов, проведен анализ их эффективности с точки зрения экономии вычислительных ресурсов и сделаны выводы о целесообразности их использования в различных условиях.

Ключевые слова: 3D-моделирование, трехмерное сканирование, облака точек, нейронные сети.

Введение

В современном мире интенсивно увеличивается количество предметных областей, в которых получают применение технологии трехмерного моделирования [1]. От самого тривиального применения в индустрии развлечений до использования в медицине [2] для изготовления высокоточных индивидуальных протезов или создания прототипов промышленных изделий. Но разработка трехмерной модели с нуля трудоемкий процесс, требующий больших затрат временных ресурсов со стороны профильных специалистов. Для решения этой проблемы были разработаны комплексы многоракурсного сканирования, позволяющие получить виртуальную копию объекта с минимальным участием человек [3]. К основным недостаткам подобных устройств можно отнести высокие требования к оборудованию для создания модели.

Для уменьшения объема вычислений на создание трехмерной модели было принято решение о разработке модифицированной методики совмещения облаков точек. После проведенного подробного анализа существующих методов генерации единой модели наиболее перспективным с точки зрения возможного улучшения был признан метод совмещения по опорным объектам [4]. В рамках предлагаемой модифицированной методики предполагается предварительная локализация области расположения возможного опорного объекта с последующей триангуляцией данной области вместо триангуляции всего облака и последующего поиска ге-

ометрических примитивов, как в классической методике [5, 6].

Использование модифицированной методики предполагает построение двумерных срезов облака точек и поиск на каждом срезе уникальных контуров опорных объектов с помощью нейросетевого аппарата [7]. Границы данного контура на срезе выступают в качестве горизонтальных пределов области расположения потенциального объекта, а наличие данного контура на соседних срезах дает понимание о вертикальных пределах [8].

Цель работы

Провести сравнительный анализ различных нейросетевых архитектур с точки зрения качества обнаружения уникальных контуров на срезах облаков точек и общего времени работы.

Методы исследования

Для проведения исследований был сформирован датасет из предварительно размеченных облаков точек с указанием областей расположения опорных объектов. Так как разметка набора данных осуществлялась вручную, то в разметку были включены все контуры, вне зависимости от возможности их нахождения классическими или модифицированными методами. Также следует отметить, что данный датасет является гетеро-

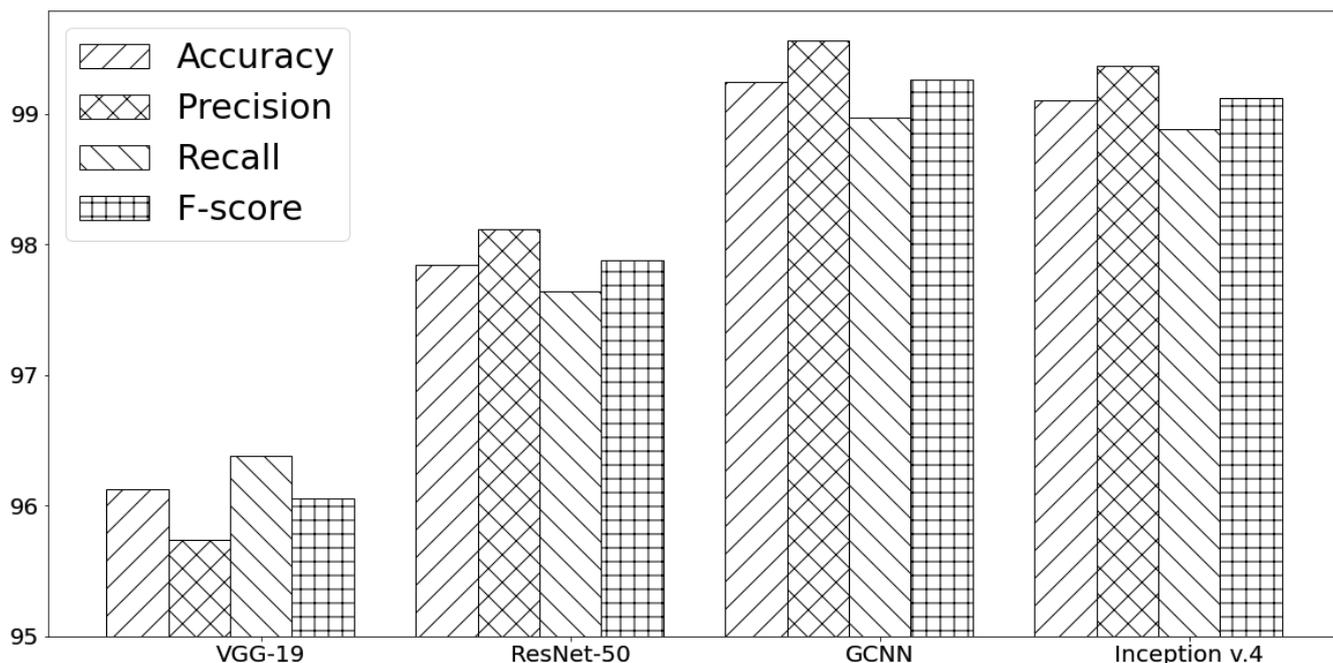


Рис. 1. Сравнение точности работы различных нейросетевых архитектур

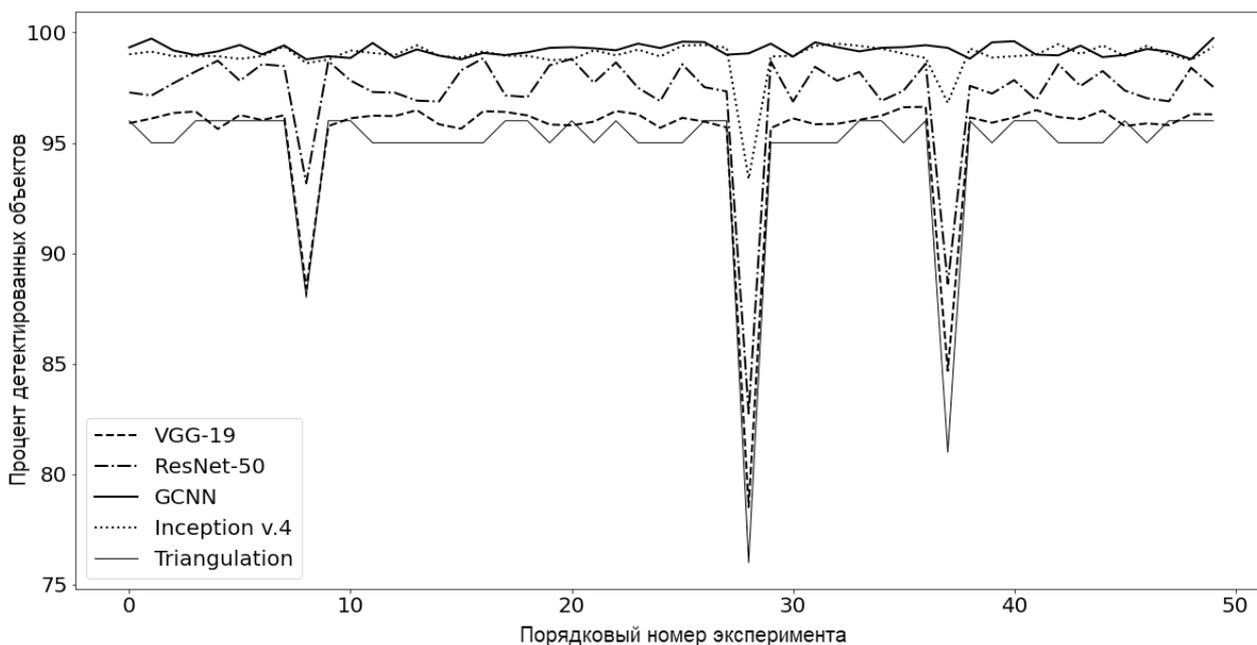


Рис. 2. Процент детектированных объектов

генным с точки зрения предметной области и за счет этого опорные объекты имеют широкий диапазон возможных форм.

В качестве модулей распознавания использовались пять различных архитектур:

- ◆ классическая, использующая триангуляцию всего облака точек с дальнейшим поиском геометрических примитивов на триангулированной поверхности;
- ◆ VGG-19;
- ◆ ResNet-50;

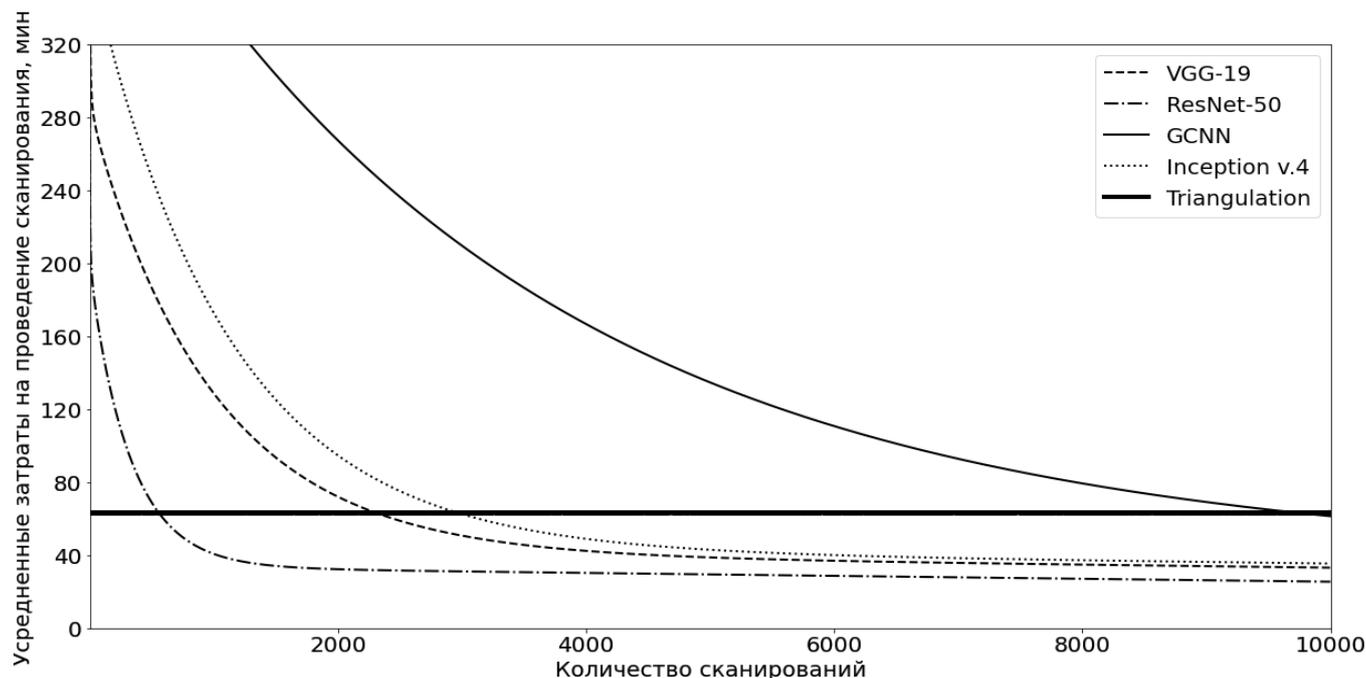


Рис. 3. Зависимость временных затрат от количества сканирований

- ◆ Inception v.4;
- ◆ GCNN.

Результаты исследований

Первым показателем, по которому проводилось сравнение, выступила точность определения опорных объектов. В качестве параметров для измерения данного показателя использовались стандартные для нейронных сетей метрики: accuracy, precision, recall и f-score. Классическая методика с использованием триангуляции на данном этапе не рассматривалась, так как метрики оценки классификаторов к ней не применимы. Измерения точности различных архитектур проводились после стабилизации кривой обучения нейросетевых алгоритмов во избежание использования недостаточно обученных моделей.

На рисунке 1 представлены показатели точности по четырем основным метрикам. Из приведенных значений видно, что наилучшим образом с задачей обнаружения на срезах контуров потенциальных объектов и их правильной классификацией справляются архитектуры inception и графовые нейронные сети (GCNN).

В качестве второго параметра для сравнения будем использовать вероятность обнаружения опорного объекта сложной формы. Чтобы сопоставить методы по указанной способности были выбраны 50 облаков точек с проведенной предварительной разметкой.

Облака под номерами 8, 28 и 37 содержали преимущественно объекты сложной формы, что хорошо видно на рисунке 2.

Наилучшие показатели с точки зрения процента детектированных объектов принадлежат графовым нейронным сетям [9]. Как можно видеть из графика наличие объектов сложной формы на облаке никоим образом не снижает общий процент найденных объектов.

Второй по проценту детектированных объектов идет архитектура Inception [10]. Из графиков можно видеть, что она наравне с графовой нейронной сетью распознает большую часть объектов, но на двух облаках точек с объектами сложной формы ее результаты значительно скромнее. Связано это с тем, что графовые сети могут распознавать гораздо более сложные зависимости между точками контуров, а вот разнообразия фильтров Inception в этом случае недостаточно для точной идентификации.

Архитектуры ResNet-50 [11] и VGG-19 [12] на графике имеют различия в проценте распознанных объектов между собой и превосходят классический метод с применением триангуляции, но на самом деле данные различия находятся в рамках статистической погрешности и не имеют реального веса.

Наконец, для оценки применимости различных архитектур нейронных сетей следует рассмотреть затра-

ты временных ресурсов на проведение сканирования. Необходимо понимать, что использование нейронных сетей предполагает процесс обучения, следовательно, нужно включать затраты на обучение в продолжительность каждого отдельного сканирования. Графики отражающие временные затраты представлены на рисунке 3.

Так как классический процесс совмещения с использованием триангуляции не предполагает необходимости обучения, то время на проведение каждого отдельного сканирования остается неизменным независимо от номера эксперимента. Для нейронных сетей можно говорить о среднем времени проведения сканирования после выхода графика на плато, а количество экспериментов, проведенных до этого выхода, свидетельствует о сложности обучения того или иного решения.

Наилучшие показатели с точки зрения времени проведения каждого отдельного сканирования показывает архитектура ResNet-50. Происходит это за счет особенностей процесса обучения данной архитектуры, который предполагает исключение излишних блоков свертки из процесса обучения и распознавания, если они не приносят значительного вклада в конечный результат.

Наибольших временных затрат требует архитектура графовых нейронных сетей, так как даже при количестве сканирований, приближающемся к 10000 экспериментов, усредненные временные показатели достигают значений классической методики.

Заключение

Проведенные исследования подтвердили предположение, что использование в процессе совмещения облаков точек аппарата искусственных нейронных сетей для определения опорных объектов позволит повысить эффективность данного процесса. Причем, как с точки зрения времени проведения сканирования для большинства архитектур, так и с точки зрения увеличения числа и сложности обнаруженных объектов (в случае использования графовых нейронных сетей и архитектуры Inception).

Несмотря на перечисленные плюсы, следует отметить серьезный недостаток предлагаемой технологии: модифицированная методика подходит для применения в областях, предполагающих большое количество сканирований и соответственно потоковое использование. В случае разового применения накладные расходы на обучение нейронной сети будут слишком высокими и перекроют возможную выгоду от использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Логинов Г.Н., Дучков А.А., Литвиченко Д.А., Алямкин С.А. Пример применения сверточных нейронных сетей в обработке реальных данных 3D сейсморазведки // Интерэкспо Гео-Сибирь, 2019. — С. 147–153.
2. Шараев Д.А. Метод определения изогнутой линии черепного шва на основе сверточных нейронных сетей // Инженерный вестник Дона, 2021, № 6.
3. Цапко И.В., Цапко С.Г. Алгоритмы и методы обработки информации в задачах трехмерного сканирования объектов // Известия Томского политехнического университета. 2010. № 5. — С. 134–140.
4. Черников Б.В., Гайдук И.О., Борисова Е.А. Проблема создания единой трехмерной модели объекта по данным многокурсового сканирования // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 10–1. — С. 83–91.
5. Тимошев П.В., Тоньшина А.В. Применение технологии 3D сканирования при производстве изделий ракетно-космической техники // Актуальные проблемы авиации и космонавтики, 2019. — С. 283–285.
6. Logah Perumal, New approaches for Delaunay triangulation and optimisation, Heliyon, Volume 5, Issue 8, 2019, e02319, ISSN2405–8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02319>.
7. Бредихин А.И. Алгоритмы обучения сверточных нейронных сетей // Вестник Югорского государственного университета, 2019, № 1(52).
8. Черников Б.В., Гайдук И.О., Черникова Е.А. Применение аппарата искусственных нейронных сетей в задаче определения опорных объектов для совмещения нескольких облаков точек // Информатизация и связь. 2020. № 6. — С. 7–12.
9. Li Zhichao, Wang Feng, Wang Naiyan LiDAR R-CNN: An Efficient and Universal 3D Object Detector // CVPR, 2021.
10. Christian Szegedy, Sergey Ioffe, Vincent Vanhoucke, Alex Alemi. Inception-v4, Inception-ResNet and the Impact of Residual Connections on Learning // AAAI'17: Proceedings of the Thirty-First AAAI Conference on Artificial Intelligence, 2017. — P. 4278–4284.
11. Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, Jian Sun. Deep Residual Learning for Image Recognition // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016. — P. 770–778. doi: 10.1109/CVPR.2016.90.
12. Karen Simonyan, Andrew Zisserman. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition // The 3rd International Conference on Learning Representations (ICLR2015) 2015.

DOI 10.37882/2223–2966.2022.10.08

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЕМ МНЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

MODEL OF THE MANAGEMENT SYSTEM FOR THE FORMATION OF STUDENTS' OPINION OF THE HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTION

*T. Gerashenkova
Yu. Sinyukova*

Summary. The work is devoted to designing a model of a control system for the formation of the opinion of students of a higher educational institution. The relevance of its development is substantiated, its description from the standpoint of the set-theoretic approach and a visual representation are presented.

Keywords: higher educational institution, management system, students' opinion.

Геращенко Татьяна Михайловна

Д.э.н., профессор

*Брянский государственный технический
университет»*

gerash-tatyana@yandex.ru

Синюкова Юлия Александровна

Аспирант

*Брянский государственный технический
университет*

ulya16–96@mail.ru

Аннотация. Работа посвящена проектированию модели системы управления формированием мнения обучающихся высшего учебного заведения. Обоснована актуальность ее разработки, представлено ее описание с позиции теоретико-множественного подхода и визуальное представление.

Ключевые слова: высшее учебное заведение, система управления, мнение обучающихся.

Введение

Введение механизма нормативно-подушевого финансирования образовательных учреждений высшего образования, а также наблюдаемое в последние годы уменьшение численности выпускников средних школ, планирующих продолжить обучение в образовательных организациях высшего образования, все больше обостряет возрастающую с каждым годом конкуренцию между вузами. Однако в нынешних условиях важна не только конкурентоспособность конкретной образовательной организации высшего образования, выражающаяся в умении превзойти конкурентов в заданных условиях здесь и сейчас, но и конкурентоустойчивость, которая позволяет в течение продолжительного времени превосходить соперников, эффективно используя имеющиеся ресурсы с учетом постоянно изменяющихся требований внешней среды, таких как: предпочтения потребителей, изменения законодательства в сфере высшего образования и т.п. [1, с. 53].

В борьбе за абитуриентов, а также в целях повышения значений показателей эффективности деятельности вуза, оцениваемых Министерством науки и высшего образования Российской Федерации, важное место за-

нимает изучение обучающихся как одних из основных потребителей услуг, предоставляемых вузом, а именно уровня удовлетворения их потребностей и оправдания ожиданий. Высокое мнение обучающихся относительно образовательного учреждения, выбранного для получения высшего образования, качества преподавания и условий осуществления будет способствовать продвижению положительного имиджа вуза (в том числе посредством некоммерческого распространения информации между знакомыми) как студентоориентированного образовательного учреждения, повышению его конкурентных преимуществ и улучшению показателей эффективности. В связи с чем актуальным становится вопрос построения модели системы управления формированием мнения обучающихся вуза (СУ ФМОВ).

Модель системы управления формированием мнения обучающихся высшего учебного заведения

Используя подходы и методы теории управления [2] построим модель СУ ФМОВ.

Основными составными элементами СУ ФМОВ являются: объект управления — обучающиеся (одной

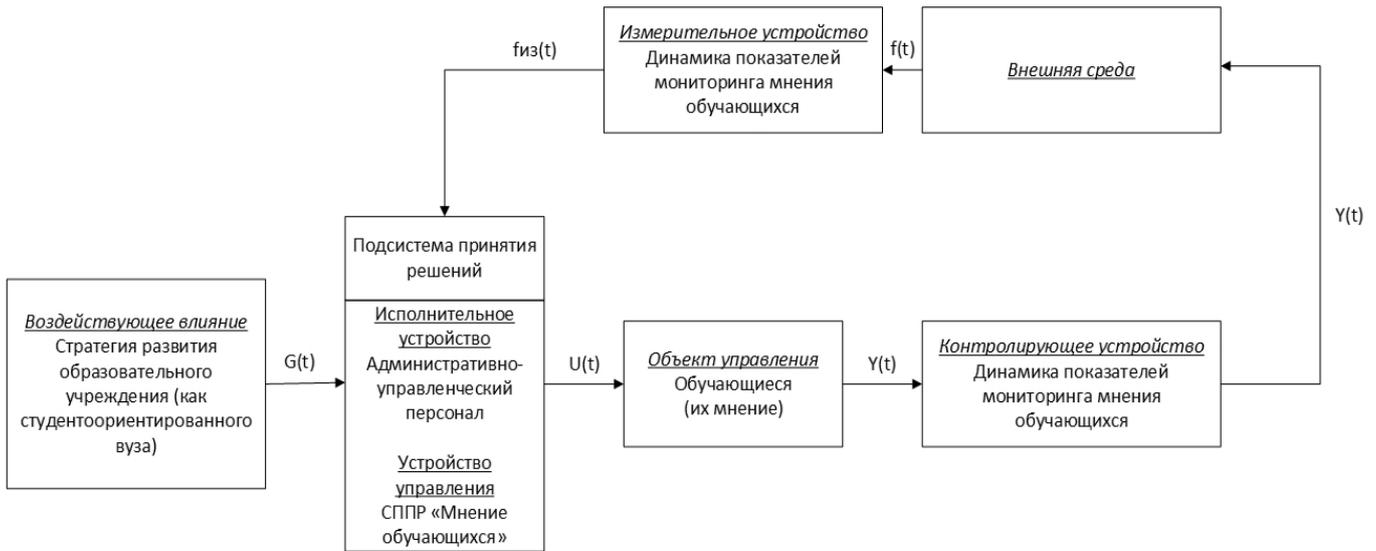


Рис. 1. Модель системы управления формированием мнения обучающихся

из характеристик которых является их мнение, на формирование которого и будет направлено управляющее воздействие), воздействующее влияние — стратегия развития образовательного учреждения, а также внешняя среда.

Целевой задачей СУ ФМОВ является сокращение разницы между желаемым уровнем показателей мониторинга мнения обучающихся об образовательной организации и их существующими значениями.

Таким образом, в общем виде модель СУ ФМОВ может быть описана с точки зрения теоретико-множественного подхода следующим образом (формула 1):

$$СУ_{ФМОВ} = \{L, U, Y, G\}, \tag{1}$$

где L — множество компонентов СУ ФМОВ (формула 2);

- U — матрица управляющего воздействия;
- Y — матрица выходных координат;
- G — матрица задающего воздействия.

$$L = \{OU, UU, ИСУ, ВС, КУ, ИУ\}, \tag{2}$$

- где OU — объект управления;
- UU — управляющее устройство;
- $ИСУ$ — исполнительное устройство;
- $ВС$ — внешняя среда;
- $КУ$ — контролирующее устройство;
- $ИУ$ — измерительное устройство;

Визуальное представление модели СУ ФМОВ представлено на рисунке 1.

Задающее воздействие $G(t)$ представлено стратегией развития образовательного учреждения как студентоориентированного вуза, одной из целей которого является подготовка высококвалифицированных конкурентоспособных и востребованных на рынке труда специалистов путем совершенствования среды, которая будет стимулировать и способствовать саморазвитию и самоорганизации обучающихся. $G(t)$ поступает на подсистему принятия решений и преобразовывается в управляющее воздействие $U(t)$ (комплекс мероприятий, направленных на реализацию стратегии развития вуза) на OU . В качестве OU в данной системе выступают обучающиеся, а именно одна из их характеристик — мнение обучающихся.

Подсистема принятия решений представлена $ИСУ$ — административно-управленческим персоналом вуза и $УУ$ — системой поддержки принятия решений (СППР) «Мнение обучающихся».

Выходные координаты $Y(t)$ OU (мнение обучающихся) поступают на $КУ$, которое позволяет провести оценку изменений показателей мониторинга мнения обучающихся, а затем оказывают влияние на $ВС$. В данной системе $ВС$ представлена также обучающимися.

$ВС$ создает внешние возмущающие воздействия $f(t)$, которые, проходя через $ИУ$ — $f_{из}(t)$, учитываются подсистемой принятия решений.

Объект управления — обучающиеся — имеет множество характеристик и может быть представлен в следующем виде (формула 3):

$$OU = X = (X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_k), \quad (3)$$

где X_1 — пол обучающегося;
 X_2 — баллы ЕГЭ при поступлении/результаты вступительных испытаний;
 X_3 — курс обучения;
 X_4 — факультет/институт;
 X_5 — направление подготовки;
 X_6 — форма обучения;
 X_7 — основа обучения (бюджет/платно/целевое);
 X_8 — успеваемость;
 X_9 — активность (участие в мероприятиях);
 X_{10} — место проживания (в общежитии или нет);
 X_k — мнение обучающихся, на формирование которого и будет направлено $U(t)$.

Мнение обучающихся об образовательном учреждении формируется под влиянием множества факторов, таких как [3]: структура и содержание образовательной программы, качество преподавания, организация учебного процесса, соответствие получаемого образования и условий его предоставления ожиданиям, материально-техническое и информационное оснащение образовательного процесса (оборудованные аудитории, библиотеки, наличие научных и информационных образовательных ресурсов и сервисов), возможности трудоустройства, взаимоотношения с сотрудниками университета, условия проживания в общежитии, наличие столовой, спортивного зала, меры социальной поддержки, организация внеучебной, научно-исследовательской деятельности и многое другое. Таким образом, мнение обучающихся является также сложной величиной, которую можно представить в следующем виде (формула 4), при этом целесообразно перечисленные выше факторы в укрупненные группы:

$$X_k = (X_{k1}, X_{k2}, X_{k3}, X_{k4}, X_{k5}), \quad (4)$$

где X_{ki} — качество образования и организация обучения — включает факторы, которые определяют со-

стояние и результативность образовательного процесса;

X_{k2} — инфраструктура и среда — включает факторы, обеспечивающие функционирование образовательной организации, образовательного процесса и условий предоставления образовательных услуг;

X_{k3} — внутренняя атмосфера (социальная сфера) — включает такие факторы, как: отношения между обучающимися, между обучающимися и преподавателями, административно-управленческим персоналом;

X_{k4} — организация научно-исследовательской деятельности;

X_{k5} — организация внеучебной деятельности.

Таким образом, образовательной организации необходимо подбирать такой комплекс мероприятий и последовательность действий, которые при воздействии на объект управления будут способствовать его переходу в желаемое в соответствии со стратегией развития образовательного учреждения состояние. В дальнейших исследованиях будут поставлена задача оптимального управления в СУ ФМОВ, сформированы критерии оптимальности и заданы ограничения

Заключение

Обучающиеся — одни из главных потребителей услуг, предоставляемых вузом, поэтому их мнение относительно образовательной организации, уровень их удовлетворенности получаемым образованием и условиями его предоставления является одним из факторов, влияющих на имидж вуза и, соответственно, его конкурентоспособность и конкурентоустойчивость [4]. В связи с чем, формирование положительного имиджа вуза путем управления формированием мнения обучающихся через удовлетворение их потребностей и ожиданий является одной из актуальных задач, стоящих перед современным образовательным учреждением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Резник С.Д., Юдина Т.А. Система и механизмы управления репутацией высшего учебного заведения // Университетское управление: практика и анализ. 2010. № 2. С. 51–57.
2. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. 4-е изд., испр. и дополн. М.: ЛЕНАНД, 2022. 500 с.
3. Кормина Е.Я., Наумова А.А. Современные тенденции мониторинга удовлетворенности обучающихся качеством образования. Практика зарубежных и отечественных организаций // Вестник Сургутского государственного педагогического университета. 2015. № 2 (35). С. 110–126.
4. Сидорова В.Л. Формирование эффективного имиджа вуза // Artium Magister. 2008. № 11. С. 13–20.

© Герашенкова Татьяна Михайловна (gerash-tatyana@yandex.ru), Синюкова Юлия Александровна (ulya16-96@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

О КИНЕТИКЕ ГОМПЕРЦА В МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ НОВООБРАЗОВАНИЙ

ABOUT GOMPERTZ KINETICS IN MATHEMATICAL MODELS OF NEOPLASMS

**A. Goncharova
E. Kolpak**

Summary. The article considers two mathematical models of neoplasm. In one model, Gompertz kinetics is taken into account, in the second — Ferhulst. A comparison of the results on the dynamics of cell population growth for both models is given. In the simulation simulation, a comparison of the distributions of “patients” by the stationary volume of the tumor, by the volume of the tumor at the end of treatment is given. Statistical theoretical dependences coincide with high accuracy. It is shown that Gompertz kinetics is physically poorly substantiated.

Keywords: mathematical modeling, neoplasm, treatment, stability, stationary state/.

Гончарова Анастасия Борисовна

К.ф.-м.н., доцент

Санкт-петербургский государственный
университет

a.goncharova.spbu.ru

Колпак Евгений Петрович

Д.ф.-м.н., профессор

Санкт-Петербургский государственный
университет

st006751@spbu.ru

Аннотация. В статье рассматриваются две математические модели новообразования. В одной модели учитывается кинетика Гомперца, во второй — Ферхюльста. Дается сопоставление результатов по динамике роста клеточной популяции для обеих моделей. В имитационном моделировании приведено сопоставление распределений «больных» по стационарному объему опухоли, по объему опухоли по окончании лечения. Статистические теоретические зависимости с высокой точностью совпадают. Показано, что кинетика Гомперца физически плохо обоснована.

Ключевые слова: математическое моделирование, новообразование, лечение, устойчивость, стационарное состояние.

Введение

Злокачественные новообразования являются достаточно распространенными. В популяционном раковом регистре РФ на учете стоит около 3.5 млн. граждан страны. Заболевания трудноизлечимы, характеризуются высокой смертностью и малым временем дожития [1]. За последние 50 лет по смертности они занимают 2–3 место в структуре всех заболеваний. Пятилетняя выживаемость составляет около 50% от всех прошедших курс лечения, несмотря на различные мероприятия, проводимые с целью улучшения онкологической поддержки населения, и постоянно расширяющийся список медицинских препаратов.

Новообразование образуется клетками с нарушенным механизмом самоликвидации. В рамках мноклональной теории возникновения таких клеток предполагается, что они образуются из одной клетки-родоначальницы, претерпевшей опухолевую трансформацию. Постепенно образуются популяции клеток с нарушенным механизмом апоптоза, сохраняющаяся в организме и увеличивающаяся в размерах. В математической модели роста популяции делящихся клеток предполагается, что клетки размножаются в функцио-

нальном пространстве ограниченного объема. Кроме делящихся клеток в этом пространства находятся лимфоциты, уничтожающие делящиеся клетки. Остальными типами взаимодействия пренебрегается. Для описания роста популяции делящихся клеток в большинстве разработанных локальных моделей используется кинетика Ферхюльста [1, 2], значительно реже — кинетика Гомперца [3, 4].

Модель кинетики Гомперца

Модель ответа иммунной системы на возникновение делящихся клеток для кинетики Гомперца представлена системой дифференциальных уравнений [4]

$$\frac{dT}{dt} = -\mu T \ln \frac{T}{T_\infty} - \alpha_1 TL - \beta T Drug,$$

$$\frac{dL}{dt} = L_0 - L - \alpha_2 TL, \quad (1)$$

где T — количество делящихся клеток, L — количество лимфоцитов, L_0 — количество лимфоцитов, содержащихся в функциональном пространстве в отсутствие делящихся клеток, T_∞ — максимальное количество делящихся клеток, которое может содержаться в функциональном пространстве. Уничтожение де-

лящихся клеток лимфоцитами и гибель лимфоцитов происходит при непосредственном взаимном контакте (слагаемые $\alpha_1 TL$ и $\alpha_2 TL$ в первом и втором уравнениях). В модель вводятся лекарственные препараты $Drug$, уничтожающие делящиеся клетки со скоростью $\beta T Drug$. Параметры μ , α_1 , α_2 , β характеризуют скорости реакций.

Система уравнений (1) имеет стационарную точку

$$T = 0, L = L_0,$$

соответствующую отсутствию делящихся клеток. Эта точка будет неустойчивой, поскольку при $T \rightarrow 0$

$$-\ln \frac{T}{T_\infty} \rightarrow \infty,$$

соответственно одно из двух собственных значений матрицы Якоби правой части уравнений (1) будет положительным.

Вторая стационарная точка находится как решение системы уравнений

$$\begin{aligned} -\mu \ln \frac{T}{T_\infty} - (\alpha_1 L + \beta Drug) &= 0, \\ L_0 - L - \alpha_2 TL &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Функция $-\mu \ln \frac{T}{T_\infty}$

при $T \rightarrow 0$ стремится к $+\infty$, внутри промежутка $(0, T_\infty]$ принимает положительные значения, в точке $T = T_\infty$ обращается в 0. Поэтому левая часть первого уравнения в системе уравнений (2) при любом положительном значении L может обращаться в ноль только в одной внутренней точке промежутка $(0, T_\infty]$. А из второго уравнения в (2) следует, что L должно удовлетворять ограничениям $0 < L < L_0$. Это означает, что система уравнений (1) имеет единственную стационарную точку, лежащую в области: $0 < L < L_0$, $0 < T < T_0$. Таким образом, в модели (1) независимо от количества лекарственных препаратов в стационарном состоянии есть и делящиеся клетки, и лимфоциты.

Модель кинетики Ферхюльста

Для роста популяции делящихся клеток при наличии иммунного ответа система уравнений для кинетики Ферхюльста принимает вид [1]

$$\begin{aligned} \frac{dT}{dt} &= \mu T \left(1 - \frac{T}{T_\infty}\right) - \alpha_1 TL - \beta T Drug, \\ \frac{dL}{dt} &= L_0 - L - \alpha_2 TL \end{aligned} \quad (3)$$

В стационарной точке системы уравнений (3)

$$T = 0, L = L_0$$

собственными значениями матрицы Якоби будут

$$\lambda_1 = \mu - \alpha_1 L_0 - \beta Drug, \lambda_2 = -1.$$

При выполнении неравенства

$$\mu < \alpha_1 L_0 + \beta Drug \quad (4)$$

эта стационарная точка будет устойчивой.

В отсутствии препаратов (при $Drug = 0$) при малом количестве лимфоцитов (при $L_0 < \mu/\alpha_1$) стационарная точка будет неустойчивой, малочисленная популяция делящихся клеток будет увеличиваться в размерах. Неравенство (4) также определяет и пороговое значения $Drug$, необходимое для уменьшения численности делящихся клеток.

Вторая стационарная точка системы уравнений (3) находится из решения системы уравнений

$$\begin{aligned} \mu \left(\frac{T}{T_\infty} - 1\right) (1 + \alpha_2 T) + \alpha_1 L_0 + \beta Drug (1 + \alpha_2 T) &= 0 \\ L_0 - L - \alpha_2 TL &= 0. \end{aligned} \quad (5)$$

при условии, согласно (4), что $\mu > \alpha_1 L_0 + \beta Drug$.

При $T = 0$ левая часть первого уравнения в (5) принимает положительное значение, а при $T = T_\infty$ — отрицательное. Поскольку первое уравнение в системе уравнений (5) представляет собой квадратное уравнение относительно T с отрицательным свободным членом, то система уравнений (5) будет иметь единственный положительный корень, удовлетворяющий неравенствам

$$0 < T < T_\infty, 0 < L < L_0.$$

Таким образом, в отличие от модели Гомперца в модели Ферхюльста возможна гибель делящихся клеток либо за счет увеличения количества лимфоцитов, либо за счет препаратов.

На рис. 1 отражены зависимости функций $f_G(T) = T \ln T$ и $f_L(T) = T(1 - T)$ от T на промежутке $[0, 1]$. Пунктирными линиями отмечены «точки» максимума. Максимум функции $f_G(T)$ достигается в точке $T = 0.37$ и равен 0.36. Максимум функции $f_L(T)$ достигается в точке $T = 0.50$ и равен 0.25. На рис. 2 отражена зависимость $T = T(t)$ для кинетики Гомперца (кривая Gom) и кинетики Ферхюльста (кривая Log) для случая параметров $a_1 = 0.001$, $a_2 = 15$, $\mu = 0.004$, $Drug = 0$, $T_\infty = 1$. Параметр $\mu = 0.004$ соответствует периоду удвоения клеток в 180 дней [5, 6].

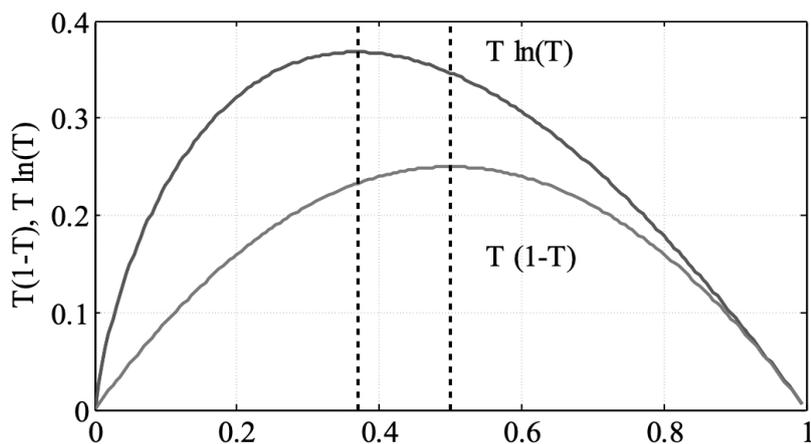


Рис. 1. Зависимость функций $f_G(T) = T \ln T$ и $f_L(T) = T(1-T)$ от T .

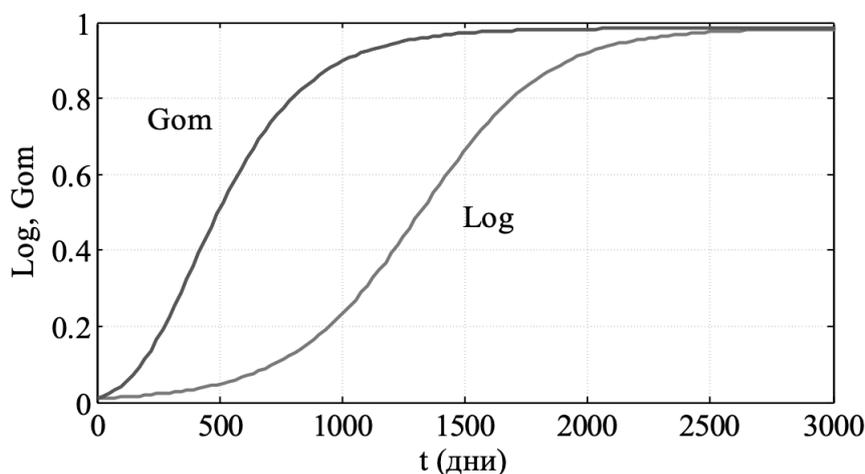


Рис. 2. Изменений функций $T(t)$ для кинетики Ферхюльста (Log) и кинетики Гомперца (Gom).

Имитационное моделирование

В системах уравнений (1) и (3) содержатся параметры α_1, α_2, μ . Эти параметры сопоставляются с индивидуальными биохимическими характеристиками опухоли конкретного «больного» [5]. Выбор этих параметров из заданного диапазона случайным образом позволяет с помощью результатов решения системы уравнений (1) или (3) получить распределение «больных» по стадиям заболевания, по продолжительности лечения и другим распределениям [7], которые можно получить в рамках математических моделей (1) и (3).

Распределение 5 000 условных «больных» по стационарным значениям T_{stat} для систем уравнений (1) и (3) отражено на рис. 3. Параметры выбирались случайным образом из диапазонов: $a_1 \in (0.01, 0.03)$, $a_2 \in (10, 20)$, $\mu \in (0.003, 0.005)$ для кинетики Ферхюль-

ста и $\mu \in (0.003, 0.005)/1.5$ для кинетики Гомперца, $b_1 Drug \in (0.008, 0.016)$. Уменьшение параметра μ для кинетики Гомперца по сравнению с кинетикой Ферхюльста позволяет «уравновесить» максимумы кинетических функций $f_G(T)$ и $f_L(T)$ (рис. 1).

В клинической практике введены четыре стадии заболевания [8]. Они определяются исходя анализа различных физических факторов — размеров опухоли, плотности, инвазии, метастазирование и др. В рамках моделей (1) и (3) стадии заболевания определяются степенью заполнения делящимися клетками функционального пространства:

- стадия I: $0 < T < 0.25T_\infty$,
- стадия II: $0.25T_\infty \leq T < 0.50T_\infty$,
- стадия III: $0.50T_\infty \leq T < 0.75T_\infty$,
- стадия IV: $0.75T_\infty \leq T < 1.00T_\infty$.

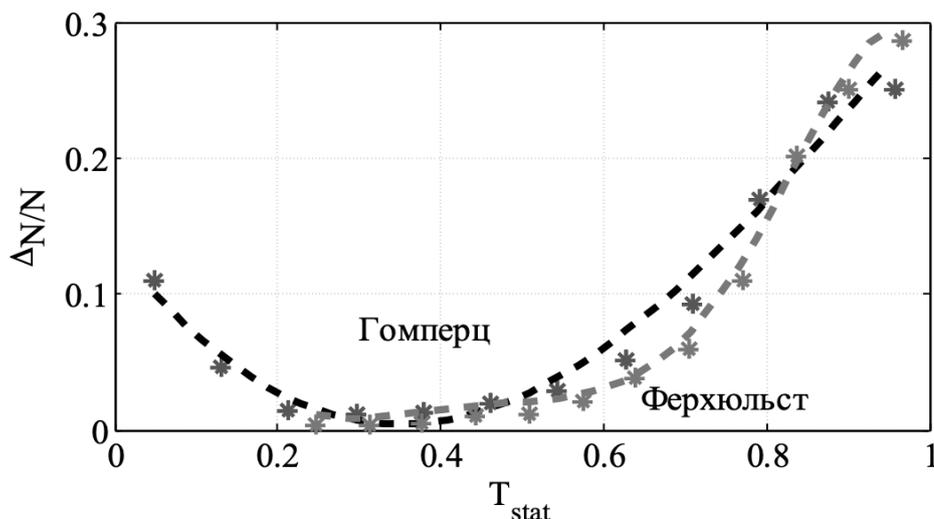


Рис. 3. Распределение «больных» по стационарным значениям.

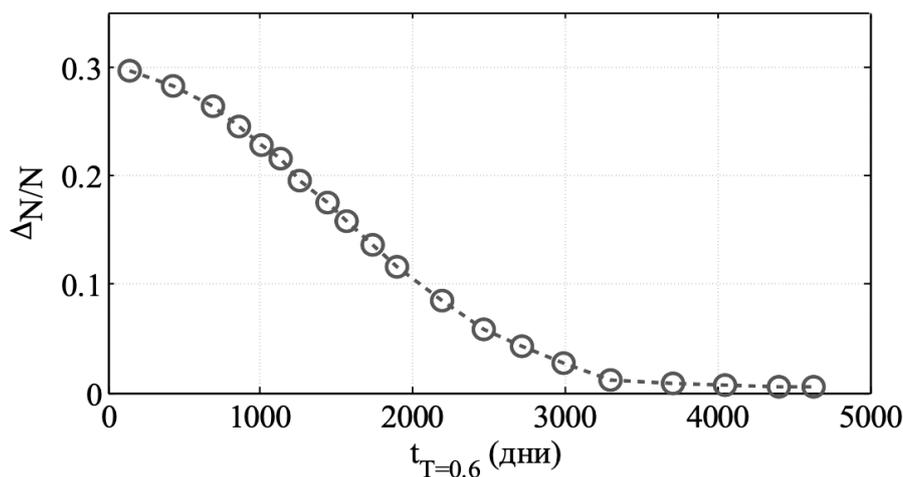


Рис. 4. Распределение «больных» по времени наступления III стадии «заболевания».

Около половины обратившихся за онкологической поддержкой пациентов имеют III или IV стадии заболевания [5, 8]. Лечение заболевания длится от нескольких месяцев до нескольких лет [6]. Модель (1) не допускает полную ликвидацию делящихся клеток, а модель (3) допускает. Для сравнения результатов лечения, предполагалось, что ввод препаратов начинался в момент достижения значения $T = 0.6$ (на третьей стадии заболевания), а лечение длилось 2 года.

Выбор параметров, содержащихся в уравнениях (1) и (3), осуществлялся случайным образом из диапазонов: $a_1 \in (0.01, 0.03)$, $a_2 \in (10, 20)$, $\mu \in (0.003, 0.005)$ для модели (3) и $\mu \in (0.003, 0.005)/1.5$ для модели (1), $Drug = 0$, $T_\infty = 1$. На рис. 4 приведено распределение 5 000 «больных» по времени достижения значения

$T = 0.6$, а на рис. 5 — распределение этих же «больных» по количеству оставшихся делящихся клеток, при условии, что «лечение» начиналось в момент достижения $T = 0.6$, а количество препаратов выбиралось случайным образом — $b_i Drug \in (0.008, 0.016)$. Эти зависимости для обеих моделей отличались в максимальных отклонениях не более чем на 3%.

Как следует из анализа полученных результатов динамики роста популяции делящихся клеток для кинетики Гомперца и кинетики Ферхюльста отличаются (рис. 1–2). Распределения больных по времени достижения заданного значения количества делящихся клеток и количества оставшихся клеток после заданного промежутка времени для обеих моделей могут быть близкими (рис. 3–5).

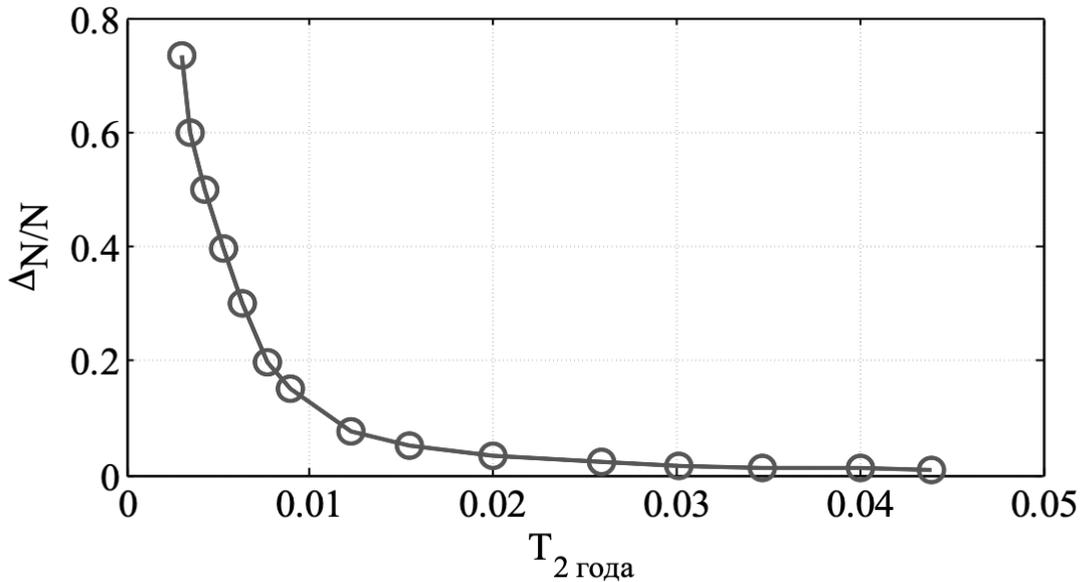


Рис. 5. Распределение «больных» по оставшемуся количеству делящихся клеток через 2 года «лечения».

В обеих моделях функциональное пространство не может заполниться делящимися клетками полностью. Собственная скорость роста популяции делящихся клеток в отсутствие лимфоцитов и препаратов при $t = 0$ в модели Гомперца

$$\frac{dT}{dt} = +\infty,$$

а в модели Ферхюльста

$$\frac{dT}{dt} = \mu.$$

То есть в модели Ферхюльста параметр μ представляет собой удельную скорость роста популяции делящихся клеток при малой их численности, а в модели Гомперца при малой численности делящихся клеток физический смысл параметра μ объяснить сложно. Кроме этого, в модели Гомперца при $t = 0$ скорость

роста популяции делящихся клеток равна бесконечности, что сложно объяснить в рамках моноклональной теории возникновения раковых клеток, которая предполагает постепенный рост популяции делящихся клеток из клетки прародительницы. В дополнение к этому в модели Гомперца под знаком логарифма стоит безразмерная, но измеряемая величина, а логарифм этой величины не имеет физического смысла. То есть, кинетика Гомперца дает результаты близкие с кинетикой Ферхюльста и вполне приемлема для математического описания динамики новообразования, но ее физическое обоснование оставляет желать лучшего.

Заключение

Математические модели роста новообразования с учетом иммунного ответа с кинетикой Гомперца и кинетикой Ферхюльста позволяют оценить динамику роста популяции делящихся клеток. Имитационное моделирование дает возможность построить различные распределения условных «больных».

ЛИТЕРАТУРА

1. Гончарова А.Б., Колпак Е.П., Расулова М.М., Абрамова А.В. Математическое моделирование лечения онкологического заболевания // Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2020. Т. 16. — № 4. — С. 437–446.
2. Byrne H.M., Breward C.J.W., Lewis C.E. The role of cell-cell interactions in a two-phase model for avascular tumour growth // Journal of Mathematical Biology. — 2001. — Vol. 45. № 2. — P. 125–131.
3. Filippo Cacace, Valerio Cusimano, Luisa Di Paola, Alfredo Germani Observer-based techniques for the identification and analysis of avascular tumor growth // Mathematical Biosciences. — 2011. — V. 234. — P. 147–153. doi:10.1016/j.mbs.2011.10.002.

4. Isaeva O.G., Osipov V. A. Different strategies for cancer treatment: Mathematical modelling // Computational and Mathematical Methods in Medicine.— 2008.— Vol. 10.— No. 4.— P. 253–272. DOI: 10.1080/17486700802536054.
5. Гончарова А.Б., Колпак Е.П., Расулова М.М., Абрамова А.В. Математическое моделирование лечения онкологического заболевания // Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления.— 2020. Т. 16.— № 4.— С. 437–446.
6. Моисеенко В.М. «Естественная история» роста рака молочной железы // Лекции по фундаментальной и клинической онкологии. СПб.: ООО «Издательство Н-Л». — 2004. — С. 198–212.
7. Тонеева Д.В., Гончарова А.Б., Сергеева Е.И. Алгоритм построения экспертной системы диагностики заболеваний на основе дифференциально-диагностических признаков // Технические науки — от теории к практике. — 2016. — № 11 (59). — С. 37–43.
8. The State of Cancer Care Provided to the Population of Russia in 2018. Moscow: FSBI P. A. Herzen Moscow Cancer Research Institute, Branch Office of FSBI NMRRС, Ministry of Health of Russia; 2018. p. 236. Available from: <https://nnood.ru/wp-content/uploads/2019/04/Statichicheskijj-ezhgodnik-Gercena-2018.pdf>. <http://www.oncology.ru/service/statistics>. [Last accessed on 2021 October 22].

© Гончарова Анастасия Борисовна (a.goncharova.spbu.ru), Колпак Евгений Петрович (st006751@spbu.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ДЕЙСТВИЯ ТЕКСТА

AUTOMATIC LOCATION DETECTION OF THE TEXT

V. Efimova

Summary. Over the past five years, deep learning models based on neural networks have achieved impressive results in the task of generating images from text. However, the images are generated with artifacts and still in insufficient resolution for printing. To correct this situation, we will divide the problem of image generation into subtasks, including determining the background of the image. From the text, you can try to understand what place is described or implied in it. This article proposes two methods for obtaining information about the place of action from a given text using natural language processing based on a pre-trained BERT transformer. The first method, called Location Extraction Transformer (LET), is designed to extract words from a text that explicitly mentions the place of action. The second method, called Location Inference Transformer (LIT), is designed to determine the location of an action that is implied in the text, but not directly mentioned. The performance of the proposed algorithms is compared by F1-measure with several existing approaches that can be used to extract information about the location of the text. Based on the results obtained during the comparison, it can be concluded that the proposed LET and LIT models turned out to be better than other algorithms.

Keywords: natural language processing, contextual image synthesis, deep learning, neural networks.

Ефимова Валерия Александровна

Аспирант Университета ИТМО

Россия, г. Санкт-Петербург

valeryefimova@gmail.com

Аннотация. За последние пять лет модели глубокого обучения на основе нейронных сетей добились впечатляющих результатов в задаче генерации изображения по тексту. Однако изображения генерируются с артефактами и все еще в недостаточном для печати разрешении. Чтобы исправить эту ситуацию, разобьем задачу генерации изображения на подзадачи, в числе которых определение фона изображения. По тексту можно попытаться понять какое место в нем описано или подразумевается. В данной статье предлагается два метода получения информации о месте действия из заданного текста с помощью обработки естественного языка на основе предобученного трансформера BERT. Первый метод, называемый Location Extraction Transformer (LET), предназначен для извлечения слов из текста, в котором прямо упоминается место действия. Второй метод, называемый Location Inference Transformer (LIT), предназначен для определения места действия, которое подразумевается в тексте, но не упоминается напрямую. Производительность предложенных алгоритмов сравнивается по F₁-мере с несколькими существующими подходами, которые можно использовать для извлечения информации о месте действия текста. На основе результатов, полученных, при сравнении можно сделать вывод, что предложенные модели LET и LIT оказались лучше, чем другие алгоритмы.

Ключевые слова: обработка естественного языка, контекстуальный синтез изображений, глубокое обучение, нейронные сети.

Введение

Визуальное сопровождение важно для успешного восприятия информации человеком. Кроме того, книги с обложкой и иллюстрациями привлекают больше внимания читателей, что важно для их коммерческого успеха. Иллюстрации к тексту обычно рисуют вручную, что требует времени (несколько дней или месяцев) и человеческих усилий. Затраты по времени можно снизить до нескольких минут и не использовать человеческий труд, автоматически генерируя изображения на основе ключевых моментов книги: действующих объектов (людей, предметов), ситуации и места действия (ландшафта, пейзажа).

Автоматическая генерация изображений на основе текста (англ. text-to-image synthesis) широко используется для редактирования фотографий, создания 2D и 3D персонажей, открыток и других графических материалов. Эта задача решается с помощью моделей

машинного обучения на основе генеративно-состязательных сетей (GAN) [1] и вариационных автокодировщиков (VAE) [2]. Несмотря на успехи в генерации, создание сложного изображения с несколькими объектами и четким фоном на основе текста остается сложной задачей [3]. Изображения, сгенерированные по тексту с помощью GAN имеют множество артефактов, а с помощью — VAE размыты [4], обе архитектуры позволяют генерировать изображения в разрешении не более 1024x1024, что недостаточно для качественной печати. Даже современные модели не могут генерировать детализированный фон изображения [5]. Предложим способ генерации изображения более высокого качества.

Введем понятие *локации* как места, в котором происходят описываемые в тексте события. Это может быть место на улице или внутри помещения, то есть комната (кухня, кабинет) или место в городе (улица, площадь), географическая достопримечательность или общие особенности ландшафта (море, гора). Добавление до-

полнительных условий позволит уточнить процесс генерации изображения и синтезировать изображение более высокого качества. Разобьем генерацию изображения по тексту на подзадачи [6]: (1) генерация объектов переднего плана, (2) поиск подходящего фона в открытой базе изображений, (3) размещение объектов на фоне и их гармонизация. В открытых базах изображения размечены с помощью ключевых слов (тегов), которые описывают изображенное и позволяют искать нужные изображения по тексту. Однако, если производить поиск по отрывку художественного текста, то список результатов будет пуст или нерелевантен. Поэтому предскажем по тексту слова, которые описывают место действия.

Цель

Цель данной работы — разработка методов автоматического предсказания места действия текста на основе методов обработки естественного языка и глубоких нейронных сетей.

Метод

Проблема определения местоположения по тексту изучается уже много лет для географических координат [7] и определения местоположения пользователей социальных сетей по их сообщениям [8]. Описанные в статьях подходы дают хорошие результаты, однако, локация в этих работах представлена географическим объектом, который ближе к достопримечательностям, а не к месту действия текста. Для автоматического определения места действия текста рассмотрим два случая: локация явно упоминается в тексте («они встретились у горы» — гора) или подразумевается («их ноги утопали в песке» — пляж, пустыня).

Когда место действия явно упомянуто в тексте, его достаточно извлечь. Это можно сделать с помощью распознавания именованных сущностей (Named Entity Recognition, NER) [9] в библиотеке Spacy [10] и с помощью извлечения ключевых слов [11]. Однако, эти подходы не очень точны (см. таб. 1), поэтому воспользуемся другими методами обработки естественного языка (NLP), а именно векторным представлением слов с помощью модели-трансформера BERT [12]. Эта модель позволяет уловить контекстуальные отношения между словами, что достигается благодаря множеству уровней само-внимания. Представив слова в виде векторов BERT, применим к каждому логистическую регрессию, чтобы классифицировать, похоже ли исходное слово на локацию или нет. Таким образом, для каждого слова в предложении мы оцениваем вероятность того, что оно является локацией. Обозначим предложенный метод как **Location Extraction Transformer, LET**.

Когда место действия текста не упоминается явно, а только подразумевается, локацию следует предсказать. Например, несколько слов-локаций можно сгенерировать с помощью генеративной модели GPT-2 [13], но это также будет не очень успешно (см. таб. 1). Воспользуемся принципом сиамских сетей [14] и для предложения будем определять, какая локация из словаря ему наиболее подходит (словарь построим из 150 наиболее популярных локаций [15]). Для обучения сети используем метод отрицательной выборки [16]: построим набор триплетов, в котором каждый состоит из предложения, слова-кандидата и числа, равного единице, если слово-кандидат является локацией для данного предложения, и равного нулю иначе. Снова используем модель BERT для извлечения информации о контексте, но теперь используем один вектор для представления всего предложения — выходной вектор, соответствующий токenu CLS (классификации), специальному токenu, описанному в [17]. Затем мы пропускаем вектор предложения через полносвязный слой с функцией активации ReLU и замораживаем веса в модели BERT для стабилизации процесса обучения. Чтобы получить векторное представление для слов-кандидатов, мы пропускаем их через обучаемый слой векторного представления и вычисляем скалярное произведение между вектором предложения и вектором-кандидатом. После этого сигмоидная функция активации применяется для оценки вероятности того, что слово-кандидат будет локацией для входного предложения. Таким образом, для каждого слова в словаре локаций мы можем определить, как оно связано с текстом. Обозначим предлагаемый метод как **Location Inference Transformer, LIT**.

Результаты

Все эксперименты проводились на сервере с видеокартой NVIDIA RTX 3090 и процессором AMD RYZEN9 3950X с 16 ядрами. Обучение проводилось на синтетическом наборе данных на основе набора изображений MS COCO [18] Набор текстов был сгенерирован автоматически с помощью описаний к изображениям и извлечения из них места действия и ручной доработки. Модель LET обучалась на нем восемь часов, LIT — двенадцать часов.

Чтобы оценить эффективность предложенных методов, сравним их с существующими методами обработки текстов, которые способны решить задачу извлечения или вывода локации. Одним из таких решений является алгоритм EmbedRank [11], который используется для извлечения ключевых фраз. EmbedRank использует статические векторные представления sent2vec [19] текста и ключевых фраз-кандидатов. Их замена на контекстно-зависимые векторные представления привела к значительным улучшениям во многих зада-

Таблица 1. F_1 — мера предсказания локации на тестовых наборах данных

Метод	Извлечение локации	Вывод локации	Общее	COCO
Spacy	0,85	0,02	0,74	0,83
EmbedRank × sent2vec	0,52	0,25	0,48	0,18
EmbedRank × RoBERTa Large	0,34	0,15	0,32	0,11
EmbedRank × RoBERTa Base	0,32	0,13	0,03	0,11
EmbedRank × DistilBERT Base	0,39	0,3	0,38	0,11
EmbedRank × DistilBERT msmarco	0,4	0,13	0,37	0,13
EmbedRank × LaBSE	0,38	0,15	0,35	0,14
GPT-2	0,22	0,13	0,2	0,14
GPT-2 × EmbedRank	0,23	0,15	0,22	0,15
LET	0,89	0	0,74	0,85
LIT	0,3	0,28	0,3	0,76
LET+LIT	0,91	0,28	0,81	0,88

ках NLP [20], протестируем подобный подход и в задаче предсказания места действия текста для векторных представлений RoBERTa [21], DistilBERT [22], LaBSE [23]. Все векторные представления использовались со стандартными параметрами, так как настройка не дала заметного эффекта. Кроме того, была протестирована модель GPT-2 в сочетании с методом выделения ключевых слов EmbedRank и без него. Несмотря на то, что локации не относятся к определенным частям речи, было проведено сравнение с библиотекой spaCy, позволяющей частично выделять локации с помощью частеречной разметки и выделения именованных сущностей.

Все решения были протестированы на собранном наборе реальных текстов из блогов и книг, разделенном на две части для извлечения и предсказания локации (всего 300 текстов), и тестовой части синтетического набора данных на основе MS COCO (всего 23898 текстов, в тестовой части 10%), описанного выше. Результаты оценки по стандартной для задач классификации метрике — F_1 -мере — представлены в таблице 1, максимально значение в столбце выделено жирным.

Как видно из таблицы 1, существующие решения плохо справляются с обеими задачами предсказания локации. В то время как обе предложенные модели LET и LIT показывают высокие результаты при решении

соответствующих задач, а объединение LET и LIT имеет наивысшую точность на всем наборе данных, что доказывает их эффективность.

ВЫВОДЫ

При генерации изображений по тексту нейронные сети генеративно-состязательной архитектуры создают нереалистичные изображения низкого качества. Качество генерируемых изображений можно повысить, разделив задачу на несколько подзадач, включая нахождение ключевых объектов текста и места действия, что упрощает решение задачи.

В статье предложены методы предсказания места действия текста (локации, в которой оно происходит), а именно извлечения локации (если она содержится в тексте) и вывода локации (если она явно не упоминается в тексте) на основе модели-трансформера BERT. Предложенные модели сравнивались с подходом извлечения ключевых слов, извлечением именованных сущностей и генерацией текста по F_1 -мере. Сравнение показало, что предложенные модели справляются с предсказанием локации по тексту лучше аналогов. Предложенные методы можно усовершенствовать, расширив обучающий набор данных, продолжив обучение или применив оптимизацию гиперпараметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Creswell A. et al. Generative adversarial networks: An overview //IEEE signal processing magazine. — 2018. — Т. 35. — №. 1. — С. 53–65.
2. Doersch C. Tutorial on variational autoencoders //arXiv preprint arXiv:1606.05908. — 2016.
3. Sylvain T. et al. Object-centric image generation from layouts //Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. — 2021. — Т. 35. — №. 3. — С. 2647–2655.
4. Hinz T., Heinrich S., Wermter S. Semantic object accuracy for generative text-to-image synthesis //IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. — 2020.

5. Karras T. et al. Analyzing and improving the image quality of stylegan //Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. — 2020. — С. 8110–8119.
6. Efimova V., Filchenkov A. Text-based sequential image generation //Fourteenth International Conference on Machine Vision (ICMV 2021). — SPIE, 2022. — Т. 12084. — С. 125–132.
7. Huang Y. Conceptually categorizing geographic features from text based on latent semantic analysis and ontologies //Annals of GIS. — 2016. — Т. 22. — №. 2. — С. 113–127.
8. Ajao O., Hong J., Liu W. A survey of location inference techniques on Twitter //Journal of Information Science. — 2015. — Т. 41. — №. 6. — С. 855–864.
9. Schmitt X. et al. A replicable comparison study of NER software: StanfordNLP, NLTK, OpenNLP, SpaCy, Gate //2019 Sixth International Conference on Social Networks Analysis, Management and Security (SNAMS). — IEEE, 2019. — С. 338–343.
10. Honnibal M., Montani I. spaCy 2: Natural language understanding with Bloom embeddings, convolutional neural networks and incremental parsing //To appear. — 2017. — Т. 7. — №. 1. — С. 411–420.
11. Bennani-Smires K. et al. Simple unsupervised keyphrase extraction using sentence embeddings //arXiv preprint arXiv:1801.04470. — 2018.
12. Wang A., Cho K. Bert has a mouth, and it must speak: Bert as a markov random field language model //arXiv preprint arXiv:1902.04094. — 2019.
13. Radford A. et al. Language models are unsupervised multitask learners //OpenAI blog. — 2019. — Т. 1. — №. 8. — С. 9.
14. Bromley J. et al. Signature verification using a “siamese” time delay neural network //Advances in neural information processing systems. — 1993. — Т. 6.
15. Top 1000 phrases that customers use to buy images (market research) [Электронный ресурс]. — 2020. — URL: [https://www.microstockgroup.com/general-stock-discussion/top-phrases-that-customers-use-to-buy-images-\(market-research\)](https://www.microstockgroup.com/general-stock-discussion/top-phrases-that-customers-use-to-buy-images-(market-research))
16. Mikolov T. et al. Distributed representations of words and phrases and their compositionality //Advances in neural information processing systems. — 2013. — Т. 2.
17. Kenton J.D.M.W.C., Toutanova L.K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding //Proceedings of NAACL-HLT. — 2019. — С. 4171–4186.
18. Lin T.Y. et al. Microsoft coco: Common objects in context //European conference on computer vision. — Springer, Cham, 2014. — С. 740–755.
19. Mikolov T. et al. Efficient estimation of word representations in vector space //arXiv preprint arXiv:1301.3781. — 2013.
20. Papineni K. et al. Bleu: a method for automatic evaluation of machine translation //Proceedings of the 40th annual meeting of the Association for Computational Linguistics. — 2002. — С. 311–318.
21. Liu Y. et al. Roberta: A robustly optimized bert pretraining approach //arXiv preprint arXiv:1907.11692. — 2019.
22. Sanh V. et al. DistilBERT, a distilled version of BERT: smaller, faster, cheaper and lighter //arXiv preprint arXiv:1910.01108. — 2019.
23. Feng F. et al. Language-agnostic bert sentence embedding //arXiv preprint arXiv:2007.01852. — 2020.

© Ефимова Валерия Александровна (valeryefimova@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОБУЧЕНИЕ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ ТЕМПОРАЛЬНОЙ ПАМЯТИ

REINFORCEMENT LEARNING BASED ON HIERARCHICAL TEMPORAL MEMORY MODEL

G. Kanonir

Summary. Modern reinforcement learning methods have a number of limitations imposed by the used artificial neural networks paradigm with a point neuron model. The use of the latest achievements of neuroscience within the theory of intelligence «The Thousand Brains Theory of Intelligence», as well as the application of the machine learning model «Hierarchical Temporal Memory» (HTM), which implements some aspects of this theory, have the potential both to develop already established reinforcement learning methods, and to create new approaches for solving this problem. The purpose of this work is to identify the prospects for using the HTM machine learning model in reinforcement learning.

Keywords: biologically-plausible machine learning methods, reinforcement learning, hierarchical temporal memory.

Канонир Георгий

Аспирант

Университет ИТМО (Санкт-Петербург)

kanonirs@gmail.com

Аннотация. Современные методы обучения с подкреплением имеют ряд ограничений, наложенных используемой парадигмой искусственных нейронных сетей с точечной моделью нейрона. Использование последних достижений нейронаук в рамках теории интеллекта «The Thousand Brains Theory of Intelligence», а также применение модели машинного обучения «Иерархическая Темпоральная Память» (Hierarchical Temporal Memory, HTM), которая реализует некоторые аспекты данной теории, имеют потенциал как для развития уже устоявшихся методов обучения с подкреплением, так и для создания новых подходов решения этой задачи. Целью данной работы является выявление перспектив применения модели машинного обучения HTM в обучении с подкреплением.

Ключевые слова: биологически-правдоподобные методы машинного обучения, обучение с подкреплением, иерархическая темпоральная память.

Введение

Обучение с подкреплением является направлением машинного обучения, в рамках которого моделируется взаимодействие агента с некоторой средой, в которой данный агент находится. Целью обучения является определение оптимальной стратегии принятия решений, основываясь на (возможно, неполных) наблюдениях среды и некотором сигнале вознаграждения, который косвенно даёт отложенную оценку принятых решений и таким образом ставит перед агентом задачу [1].

Для принятия эффективных решений агенту необходимо оценивать свое текущее состояние, основываясь на предыдущем опыте, т.к. именно оно определяет, какие решения агент может принять в данный момент и принятие какого решения может быть наиболее выгодно. В большинстве реальных задач пространство состояний, а в ряде случаев и пространство действий настолько велики, что единственным выходом является применение аппроксимирующих методов.

Современные методы обучения с подкреплением используют парадигму искусственных нейронных

сетей с точечной моделью нейрона для выполнения таких аппроксимаций. Это налагает ряд ограничений на подобные методы, включая слабую устойчивость к шуму во входных данных [2], низкую эффективность хранения информации в модели, приводящей к появлению проблемы катастрофического забывания и невозможности непрерывного обучения [3], а также низкую эффективность самого процесса обучения в целом [4]. Кроме того, в процессе обучения с подкреплением обычно используется буфер, обновление которого тоже представляет непростую задачу, для хранения некоторого подмножества данных, полученных от взаимодействия агента с окружающей средой. В реальных задачах получение такого опыта может быть очень затратным и трудоёмким, а кроме того, и сам процесс обучения может быть неэффективным при отсутствии достаточного количества и разнообразия опыта.

В настоящее время достигнуты огромные успехи при решении некоторых задач с помощью методов машинного обучения в целом и методов обучения с подкреплением в частности [5, 6], тем не менее наиболее продвинутыми агентами остаются живые существа, обладающие мозгом, а точнее говоря, те из них, у которых

есть неокортекс, представляющий собой отдел мозга, отвечающий за интеллект.

Одной из наиболее перспективных теорий интеллекта, учитывающей данные исследований принципов строения и функционирования мозга, является теория интеллекта «The Thousand Brains Theory of Intelligence», разрабатываемая Дж. Хоукинсом и его коллегами [7] из компании Numenta. Помимо этого, исследователи и инженеры компании занимаются разработкой модели машинного обучения Иерархическая Темпоральная Память (Hierarchical Temporal Memory, HTM), постепенно внедряя свои наработки в стремлении реализовать теорию интеллекта Дж. Хоукинса в виде вычислительной модели [8].

Модель HTM является нейронной сетью, но использует более сложную и приближенную к естественному модели нейрона, а также имеет более сложную организацию нейронов, формирующих нейронную сеть. Основной компонентой модели HTM является пространственно-темпоральная память, обладающая способностью прогнозирования, формирование которой происходит за счет преобразования входных данных в распределенное разряженное представление и помещение этого представления в темпоральный контекст. Основопологающим в модели HTM является использование свойства разряженности и «активных дендритов», что и является главным фактором, позволяющим избежать проблем, возникающим при использовании традиционных искусственных нейронных сетей с точечной моделью нейрона [9, 10, 11].

Обзор литературы по теме исследования

Алгоритм HTM имеет две фазы — пространственное группирование, во время которого данные на входе преобразуются в распределённое разряженное представление, и формирование / использование темпоральной памяти, трансформирующее полученное представление в новое, но уже учитывающее не только пространственные закономерности во входных данных, но и темпоральный контекст, т.е. темпоральные закономерности в потоке данных. В [12] авторы предлагают новый алгоритм обучения с подкреплением с использованием только пространственного группировщика модели HTM и анализируют / оценивают его на задаче о многоруком бандите.

Поскольку модель HTM является не только биологически правдоподобной, но и биологически ограниченной моделью, то вполне закономерно её использование для моделирования биологических конструкторов и механизмов, которые в мозге живых организмов игра-

ют важную роль в процессе обучения управляемого своего рода сигналом вознаграждения. В [13] авторы моделируют взаимодействие неокортекса и дофаминергических нейронов для вычисления ошибки предсказания вознаграждения, используемой, например, в обучении на основе временных различий.

Также модель HTM использовалась для проектирования и реализации биологически правдоподобных агентов. В магистерской работе [14] содержатся размышления автора о проектировании такого агента с использованием темпоральной памяти HTM, а в магистерской работе [15] рассмотрено уже не только проектирование, но и практическая реализация агента — неигрового персонажа (non-player character, NPC) в трехмерной среде. Решение построено на использовании модели HTM, алгоритме TD-Lambda и руководствуясь нейробиологическими исследованиями о структурах, принципах и механизмах мозга, связанных с выбором действий и управлением моторикой тела. Биологически обоснованная архитектура агента моделирует взаимодействие неокортекса, базальной ганглии и моторных нейронов, которые получают визуальную информацию от сенсоров агента, обрабатывают её с целью построения модели окружающей среды и вырабатывают стратегию, максимизирующую ожидаемый доход основываясь на сигнале вознаграждения. Концептуально схожий, но иначе реализованный подход предложен в [16] для обучения с подкреплением для решения задачи поиска агентом ресурсов в среде-лабиринте.

Нахождение оптимальной стратегии взаимодействия агента со средой в обучении с подкреплением основано на полученном опыте, но в реальных задачах получение опыта необходимого для обучения может быть очень затратным и трудоёмким, а кроме того, и сам процесс обучения может быть крайне неэффективным без наличия достаточного количества и разнообразия опыта. Помимо использования опыта реального взаимодействия со средой возможно использование модели для имитации окружающей среды и порождения имитационного опыта. Используя планирование можно использовать такой опыт для порождения / улучшения стратегии или более целенаправленного исследования среды. В [17] авторы рассматривают задачу, формализуемую как Марковский Процесс Принятия Решений, в которой целью агента в среде-лабиринте является прибытие в целевое состояние. В процессе взаимодействия со средой агент использует темпоральную память HTM для запоминания переходов между состояниями с помощью выбранных действий, а также состояний, достижение которых привело к получению вознаграждения. Для выполнения поставленной задачи агент пробует определить план

действий с ограниченным радиусом планирования для достижения состояния с возможным вознаграждением и действует согласно ему или же действует произвольно для дальнейшего исследования среды, если определить план не удалось.

Задача распознавания визуальных образов не является типичной задачей для обучения с подкреплением, но легко преобразуется в таковую для случая, когда изображение в каждый момент времени предоставляется не полностью, а лишь частично, и необходимо совершить движение называемое саккадой для получения доступа к другой части изображения. В такой постановке задачи целью является определение стратегии саккад для быстрого и эффективного распознавания изображения. В бакалаврской работе [18] проводится анализ модели биологически ограниченного агента [15] и его адаптация для решения задачи распознавания визуальных образов. Такая же задача рассматривается в [19], но в данной работе во время обучения применяется ϵ -жадный подход и метод Монте-Карло во время которого, темпоральная память НТМ запоминает траектории движения и позже их воспроизводит. В свою очередь похожий метод обучения уже использовался ранее и сравнивался с алгоритмом Q-обучения в бакалаврской работе [20], но на значительно более простой искусственной выборке.

В [21] авторы предлагают новый алгоритм обучения с подкреплением на основе темпоральной памяти НТМ, которая в данной работе используется как замена Q-функции. Также в работе представлены экспериментальные результаты, отражающие превосходство предложенного алгоритма над алгоритмом Q-обучения при решении задачи CartPole.

В большинстве рассмотренных работ, посвященных использованию модели НТМ в обучении с подкреплением, осуществляется попытка использования только элементов данной модели в комбинации с более традиционными подходами для обретения полезных свойств, но также присутствуют работы, авторы которых стремятся создать самостоятельную модель для обучения с подкреплением на основе модели НТМ. Последние представляют наибольший интерес, но даже

они оставляют вопрос выбора / построения архитектуры открытым, поскольку в настоящее время НТМ не является полностью завершенной моделью машинного обучения, а выбор наиболее предпочтительного действия на основе хранящегося в модели сенсорно-моторного опыта малоизучен.

ДИСКУССИЯ

Одной из основных функциональных особенностей модели НТМ является осуществление прогнозирования, формирующее смещение в пользу представлений всех возможных входных образов учитывая темпоральный контекст. Следовательно, представляется возможным два полноценных варианта использования модели НТМ в обучении с подключением:

1. использование в качестве "буфера воспроизведения опыта" при обучении устоявшихся методов обучения с подкреплением или для генерации имитационного опыта, который можно использовать для более целенаправленного изучения среды агентом;
2. использование для формирования пространственно-темпоральной памяти агента, способной не только хранить и обобщать сенсорно-моторный опыт агента, но также вырабатывать оптимальную стратегию поведения агента (при наличии дополнительного модуля, осуществляющего оценку состояний памяти и способного формировать дополнительное смещение, способствующее выработке оптимальной стратегии поведения и выбору наиболее предпочтительного действия в каждый момент времени).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение модели машинного обучения НТМ имеет огромный потенциал для развития методов обучения с подкреплением как за счёт решения известных проблем, так и с помощью добавления новых возможностей (прим., непрерывное обучение). Кроме того, развитие направления обучения с подкреплением с применением биологически-правдоподобных принципов и методов может потенциально привести к лучшему пониманию работы мозга и интеллекта как следствия его функционирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саттон Р.С., Барто Э.Г. Обучение с подкреплением. Монография. — 2020.
2. Liu M. et al. Analyzing the noise robustness of deep neural networks //2018 IEEE Conference on Visual Analytics Science and Technology (VAST).— IEEE, 2018.— С. 60–71.
3. Goodfellow I.J. et al. An empirical investigation of catastrophic forgetting in gradient-based neural networks //arXiv preprint arXiv:1312.6211. — 2013.
4. Thompson N.C. et al. The computational limits of deep learning //arXiv preprint arXiv:2007.05558. — 2020.

5. Vinyals O. et al. Grandmaster level in StarCraft II using multi-agent reinforcement learning //Nature. — 2019. — Т. 575. — № . 7782. — С. 350–354.
6. Jumper J. et al. Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold //Nature. — 2021. — Т. 596. — № . 7873. — С. 583–589.
7. Hawkins J.A thousand brains: A new theory of intelligence. — Hachette UK, 2021.
8. Hawkins, J. et al. Biological and Machine Intelligence. URL: <https://numenta.com/resources/biological-and-machine-intelligence/> (дата обращения: 17.08.2022).
9. Grewal K. et al. Going beyond the point neuron: Active dendrites and sparse representations for continual learning //bioRxiv. — 2021.
10. Iyer A. et al. Avoiding Catastrophe: Active Dendrites Enable Multi-Task Learning in Dynamic Environments //Frontiers in neurorobotics. — 2022. — Т. 16.
11. Hunter K., Spracklen L., Ahmad S. Two sparsities are better than one: unlocking the performance benefits of sparse–sparse networks //Neuromorphic Computing and Engineering. — 2022. — Т. 2. — № . 3. — С. 034004.
12. Struye J., Mets K., Latré S. HTMRL: Biologically Plausible Reinforcement Learning with Hierarchical Temporal Memory //arXiv preprint arXiv:2009.08880. — 2020.
13. Choi H. et al. Reward hierarchical temporal memory //The 2012 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN). — IEEE, 2012. — С. 1–7.
14. Otahal M. Architecture of Autonomous Agent Based on Cortical Learning Algorithms: Modeling human brain & mind: дис. — Czech Technical University in Prague, 2013.
15. Sungur A.K. Hierarchical temporal memory based autonomous agent for partially observable video game environments: дис. — Middle East Technical University, 2017.
16. Dzhivelikian E. et al. Intrinsic motivation to learn action-state representation with hierarchical temporal memory //International Conference on Brain Informatics. — Springer, Cham, 2021. — С. 13–24.
17. Kuderov P., Panov A.I. Planning with Hierarchical Temporal Memory for Deterministic Markov Decision Problem //Proceedings of the 13th International Conference on Agents and Artificial Intelligence. — 2021. Т. 2, — С. 1073–1081.
18. Heyder J. Hierarchical Temporal Memory Software Agent: In the light of general artificial intelligence criteria. — 2018.
19. Nugamanov E., Panov A.I. Hierarchical Temporal Memory with Reinforcement Learning //Procedia Computer Science. — 2020. — Т. 169. — С. 123–131.
20. Gomez A.S. Hierarchical Temporal Memory as a reinforcement learning method: дис. — University of Manchester, 2016.
21. Koffi T.Y. et al. A Novel Reinforcement Learning Algorithm Based on Hierarchical Memory //2020 International Conference on Internet of Things and Intelligent Applications (ITIA). — IEEE, 2020. — С. 1–5.

© Канонир Георгий (kanonirs@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МЕТОДИКА СРАВНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ АУТЕНТИФИКАЦИИ

THE MODERN AUTHENTICATION METHODS COMPARISON TECHNIQUE

**O. Karelova
M. Lazareva**

Summary. The research is aimed at developing a comparison technique that can be applied to the various groups of authentication methods. The result of the technique application is the most appropriate authentication method from the group in accordance with the selected criteria.

Keywords: authentication method, comparison technique, internet-users authentication, analytic hierarchy process, sessions, JSON Web Token.

Карелова Оксана Леонидовна

Доктор физико-математических наук, доцент
Московский Государственный Лингвистический
Университет;

Российская академия народного хозяйства
и государственной службы при Президенте РФ
(Москва)

okarelova@yandex.ru

Лазарева Маргарита Владимировна

Бакалавр, Московский Государственный
Лингвистический Университет (Москва)
shamelesss@list.ru

Аннотация. Исследование нацелено на разработку методики сравнения, которая может быть применима к различным группам методов аутентификации. Результатом применения методики является выбор наиболее подходящего метода аутентификации из группы в соответствии с выделенными критериями.

Ключевые слова: метод аутентификации, методика сравнения, аутентификация интернет-пользователей, метод анализа иерархий, сессии, JSON Web Token (JWT).

При анализе уже проведённых исследований по сравнению методов аутентификации и выбора наиболее эффективного и безопасного метода оказалось, что имеющиеся методы сосредоточены на сравнении факторов аутентификации и их комбинаций. Однако же фактор аутентификации и метод аутентификации понятия не идентичные, а работы, посвящённые сравнению методов аутентификации, авторам найти не удалось. В настоящей статье предложена методика сравнения и выбора метода аутентификации, оптимального по многокритериальной оценке, на базе метода анализа иерархий. Этот инструмент широко используется, когда речь заходит о многокритериальном сравнении, именно поэтому он был выбран в качестве инструмента для исследования.

В первую очередь определимся с понятием двух терминов: фактор аутентификации и метод аутентификации. Эти термины часто ошибочно используются как синонимы. В данном исследовании используются определения, изложенные в ГОСТ Р 58833–2020 «Защита информации. Идентификация и аутентификация. Общие положения» [1]. Согласно этому документу, фактор аутентификации — это «вид (форма) существования информации, используемой при аутентификации» [1,

п. 3.61]. Метод аутентификации, таким образом, следует понимать, как «реализуемое при аутентификации предопределённое сочетание факторов, организации обмена и обработки аутентификационной информации, а также соответствующих данному сочетанию протоколов аутентификации» [1, п. 3.27]. Очевидно, что эти понятия существенно различаются и требуют различных подходов при их сравнении.

Для разработки методики сравнения методов аутентификации была проведена их классификация. Методы были классифицированы по области применения. Первая группа включает в себя методы, которые используются для аутентификации интернет-пользователей, эти методы представляют собой сессии и JSON Web Token (JWT). Ко второй группе отнесены методы аутентификации, которые основаны на алгоритмах электронной цифровой подписи. Вторая группа методов была использована для апробации построенной методики.

При рассмотрении методов аутентификации из первой группы были определены основные критерии, по которым производилась оценка этих методов. А именно — продолжительность времени действия ме-

Таблица 1. Сравнение методов аутентификации первой группы и их значения по критериям

		Сессии	JWT	JWT с сохранением состояния
	Генерируемый объем данных (сопровождает каждый запрос клиента), байт (K1)	40	320	364
	Необходимый объем хранилища для установленного количества пользователей, байт (K2)	32000	48	500
Безопасность	XSS (из 3-х факторов) (K3)	1	3	3
	CSRF (из 3-х факторов) (K4)	1	2	1
	Атака посредника (из 4-х факторов) (K5)	1	2	1

тогда, объем сгенерированных данных и необходимость использования сторонних зависимостей [2]. Поскольку время истечения срока действия не может быть оценено как таковое, этот критерий не оценивается отдельно, а учитывается в блоке критериев безопасности, так как продолжительность срока действия влияет на степень подверженности рассматриваемым ниже атакам. Полный список условий, учитываемых при расчёте, включает в себя следующее:

- ◆ Опция JavaScript включена в браузере;
- ◆ Браузеру разрешено считывать и сохранять файлы cookie;
- ◆ JavaScript имеет доступ ко всем заголовкам запроса;
- ◆ Количество пользователей в системе — 100 пользователей;
- ◆ Количество полей токена для каждого пользователя — 5 (в скобках указаны поля в виде, в котором они записываются в токен): имя пользователя (username), реальное имя пользователя (name), права доступа (loginAs, например, администратор, пользователь, гость), адрес электронной почты (email), номер телефона (phone_number).

Результат сравнения (K3-K5) методов аутентификации первой группы и значения (K1-K2) по выделенным критериям представлены в таблице 1.

XSS (Cross-Site Scripting Attack) и CSRF (Cross-Site Request Forgery) обозначают атаку посредством межсайтового скриптинга и атаку межсайтовой подделки запроса, соответственно.

Критерий безопасности определяется степенью подверженности метода аутентификации выделенным атакам. Например, при рассмотрении атаки с использованием межсайтового скриптинга возможность установки флага HTTP-only для части запроса имеет решающее значение, поскольку этот флаг препятствует

доступу JavaScript к телу запроса. Полный список этих факторов описан ниже:

XSS:

1. Доступ JavaScript к телу данных аутентификации, определённый по умолчанию;
2. Возможность передачи данных в заголовке запроса;
3. Возможность установки флага HTTP-Only.

CSRF:

1. Размер объема данных, передаваемых в теле запроса (может ограничить возможность добавления заголовков для защиты от атаки);
2. Неограниченный срок действия;
3. Возможность мгновенного отзыва метода аутентификации.

Атака посредника:

1. Возможность нарушения целостности;
2. Утечка конфиденциальных данных (наличие конфиденциальной информации пользователя в теле метода);
3. Доступность для использования в течение длительного времени после перехвата (определяется временем истечения срока действия);
4. Возможность мгновенного отзыва метода аутентификации.

Все вышеперечисленные в таблице 1 критерии необходимо расположить в иерархическом порядке (от наиболее значимого к наименее значимому), что поможет в придании им весов при применении метода анализа иерархий.

XSS (K3) => CSRF (K4) => Атака посредника (K5) => Объем сгенерированных данных (K1) => Необходимый объем хранилища (K2)

В описанной последовательности критерии безопасности находятся выше в иерархической структуре, поскольку исследование в основном направлено на определение наиболее безопасного метода аутентификации.

Таблица 2. Матрица сравнений для критериев

	K1	K2	K3	K4	K5
K1	1	2	0,2	0,25	0,333333
K2	0,5	1	0,166667	0,2	0,25
K3	5	6	1	2	3
K4	4	5	0,5	1	2
K5	3	4	0,333333	0,5	1

Таблица 3. Матрица сравнений альтернатив по первому критерию

	A1	A2	A3	Сумма	a1
A1	1	2	3	6	0,529
A2	0,5	1	2	3,5	0,309
A3	0,333	0,5	1	1,833	0,162

Таблица 4. Итоговая таблица вычисления приоритетов

	a1	a2	a3	a4	a5	Приоритет
A1	0,529	0,162	0,5	0,4	0,4	0,438101
A2	0,309	0,529	0,25	0,2	0,2	0,244287
A3	0,162	0,309	0,25	0,4	0,4	0,317612

Среди критериев безопасности критерий, связанный с оценкой подверженности метода атаке типа “атака посредника”, выбран как наименее значимый. Поскольку большинство соединений между клиентом и сервером защищены криптографическими методами (передаваемые данные зашифрованы), атака посредника становится трудной для реализации. Для проведения атаки CSRF необходимо, чтобы у пользователя была учетная запись на сервере, который будет скомпрометирован. Использование многофакторной аутентификации также снижает вероятность проникновения на сервер-жертву. Именно поэтому можно сказать, что перед реализацией атаки необходимо выполнить большое количество условий, что делает эту атаку менее эффективной, чем XSS.

На основании представленного порядка значимости критериев сформирована матрица сравнений для критериев, представленная в таблице 2. Веса присваиваются в соответствии со шкалой отношений метода анализа иерархий.

K_i ($i=1, \dots, 5$) обозначает номер критерия в списке, представленном в таблице 1.

Матрица является согласованной, так как при расчёте отношение согласованности (ОС) получилось меньше 0,10. Каждому критерию был присвоен вес, который отражает уровень значимости критерия по отношению к другим критериям [3]. На основании предоставленных

весов определяется вектор приоритетов — b^T (0,086 0,048 0,384 0,283 0,199).

Далее проводится оценка методов аутентификации по каждому из критериев. Пример оценки по первому критерию приведен в таблице 3. Вектор a_1 — вектор приоритетов альтернатив по первому критерию.

Оптимальный по совокупности критериев метод аутентификации выбирается в соответствии с результатами, представленными в сводной таблице (табл. 4) метода анализа иерархий, которая отражает расчеты, проведенные по каждому критерию.

Сессии выбираются как наиболее предпочтительный метод аутентификации в рамках первой группы рассматриваемых методов, то есть группы методов, направленных на аутентификацию интернет-пользователей.

Таким образом, разработанная методика включает в себя следующие этапы:

1. Сравнение алгоритмов работы каждого метода внутри выделенной группы методов аутентификации. Различия, определенные в ходе сравнения, используются для выработки критериев, оценивающих функциональность метода.
2. Поскольку исследование нацелено на создание методики, которая сравнивает методы на основе

аспекта безопасности, следует определить соответствующие критерии безопасности для рассматриваемых методов аутентификации.

3. Чтобы провести различие между более значимыми критериями и менее значимыми, необходимо расположить их в иерархическом порядке. Таким образом, отношения между критериями становятся более прозрачными в процессе взвешивания.
4. Выбранным критериям, в соответствии со шкалой отношений метода анализа иерархий, выставляются веса.
5. По методу анализа иерархий проводится сравнение методов аутентификации по каждому критерию.

6. Решение по выбору наиболее подходящего метода аутентификации принимается на основе результатов вычисления приоритета.

Результаты, полученные в исследовании, могут быть применены для определения наиболее подходящего метода аутентификации в рамках групп методов, отличных от тех, что рассмотрены в статье. Группы уже проанализированных методов могут помочь в выборе метода аутентификации при разработке системы информационной безопасности. Более того, методика в дальнейшем может быть усовершенствована посредством учета числовых значений методов по критериям, а не только их рангов.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 58833–2020. Защита информации. Идентификация и аутентификация. Общие положения.
2. Madden, Neil. API Security in Action / Manning Publications Co, 2020–553 p.
3. Саати Т. Принятие решений, метод анализа иерархий / Москва «Радио и связь», 1993–278 с.

© Карелова Оксана Леонидовна (okarelova@yandex.ru), Лазарева Маргарита Владимировна (shameless@list.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ELASTIC STACK ДЛЯ СБОРА АНАЛИЗА ЖУРНАЛЬНЫХ ЗАПИСЕЙ В ECOMMERCE СИСТЕМЕ НА БАЗЕ MAGENTO

Копылов Денис Валерьевич

Аспирант, Институт компьютерных технологий
и информационной безопасности Южного
федерального университета, г. Таганрог
dv.kopilov@gmail.com

USING THE ELASTIC STACK TO COLLECT LOG DATA IN A MAGENTO BASED ECOMMERCE SYSTEMS

D. Kopylov

Summary. This article describes the main ways to organize the collection and storage of journal entries in online stores on the basis of Magento. Their characteristics are analyzed and drawbacks are revealed. The architecture of the system of collecting and storing log records on the basis of advanced software complex Elastic Stack is proposed. The developed software implementation of the proposed solution in the form of the Magento module and the main results achieved with the proposed solution are described.

Keywords: Magento, log files, journal entries, analyse, storage, elastic stack, kibana, elasticsearch.

Аннотация. В рамках данной статьи рассматриваются основные способы организации сбора и хранения журнальных записей в интернет-магазинах на базе Magento. Анализируются их характеристики и выявляются недостатки. Предлагается архитектура системы сбора и хранения журнальных записей на основе передового программного комплекса Elastic Stack. Описываются разработанная программная реализация предложенного решения в виде модуля Magento и основные результаты, достигнутые с помощью предложенного решения.

Ключевые слова: Magento, log файлы, журнальные записи, анализ, хранение, elastic stack, kibana, elasticsearch.

Введение

Технологический и технический прогресс не стоят на месте, и системы интернет торговли (eCommerce системы) развиваются и эволюционируют вместе с ними. Малые и крупные торговые бизнесы все меньше смотрят в сторону разработки собственных систем, и больше стараются использовать готовые платформенные решения. Не малую роль при выборе играет наличие поддержки, обширное сообщество разработчиков, широкий функционал доступный в системе. Одной из таких систем является eCommerce платформа Magento, которая имеет богатую историю и входит в тройку лидеров среди eCommerce систем, а также является лидером среди систем с открытым исходным кодом [1].

С учетом постоянно растущего количества продаж, которые, согласно данным аналитических исследований, в среднем увеличивались на 31% в период с 2011

по 2021 год [2], вырос и объем данных, которыми оперируют данные системы.

На основе вышесказанного можно сделать вывод, что мониторинг таких систем является важной составляющей для поддержания системы в работоспособном состоянии при постоянно растущих нагрузках и объемах информации [3].

Анализ существующих подходов к организации сбора журнальных записей в Magento

Для начала введем следующее определение. Журналирование или логирование — это процесс записи данных или событий происходящих с каким-либо объектом в хронологическом порядке в журналы событий, так же называемые log-файлами [4]. В информационных системах объектами могут считаться приложения. Регулярный анализ журнальных записей позволяет понять, что происходило с приложением в определен-

ный момент времени, выявить предпосылки и последовательность действий для воспроизведения и следования какого-либо инцидента, а также собирать различную статистику работы приложения. Можно представить следующие примеры журналируемых событий:

- ◆ пользовательские действия в системе;
- ◆ внешние запросы к серверу;
- ◆ запросы, формируемые приложением для отправки на сторонний сервер;
- ◆ ошибки, генерируемые приложением в процессе исполнения и т.д.

Основными подходами к организации сбора и хранения журнальной информации в платформе Magento являются:

1. сбор информации в log файлы. По умолчанию, Magento разделяет собираемые журнальные записи на 4 типа [5]:
 1. 1.1. debug log — предназначен для сбора журнальных записей отладочной информации. Стоит отметить, что данный тип логирования активен только в режиме разработки и выключен в production режиме;
 1. 1.2. system log — предназначен для сбора журнальных записей различных событий, генерируемых в процессе работы приложения;
 1. 1.3. exception log — предназначен для сбора журнальных записей о проходящих инцидентах в работе приложения;
 1. 1.4. cron log — предназначен для сбора журнальных записей во время работы встроенного в Magento планировщика задач;
 1. 1.5. db log — предназначен для сбора журнальных записей об использовании базы данных. Данный тип логов доступен только в коммерческой версии Magento;
 1. 1.6. reports — специальный тип журнальных записей, содержащий информацию о причине “падения” Magento и стек вызовов функций.
2. так же разработчики часто прибегают к кастомным решениям в виде сбора и хранения информации в базе данных, для последующего отображения в административной панели.

Своевременный мониторинг и анализ журнальных записей, выявление и решение проблем на их основе являются неотъемлемой частью в работе любого интернет магазина. В то же время данные процессы являются критически важными для крупного бизнеса.

Существующие подходы к организации сбора, хранения и обработки журнальной информации в Magento являются малоэффективными, ввиду следующих факторов:

- ◆ затруднен доступ к log файлам, ввиду необходимости доступа к серверу, на котором запущено приложение;
- ◆ увеличивается время на поиск и анализ логов ввиду представления информации в простом текстовом виде;
- ◆ объем log файлов может достигать нескольких гигабайт, что накладывает определенные ограничения на ПК, на котором будет производиться анализ данных файлов;
- ◆ отсутствие какой-либо классификации журнальной информации, т.к. логирование производится в конец файла за последней существующей записью.

Таким образом можно сделать вывод о необходимости оптимизации и автоматизации данных процессов.

Использование Elastic Stack для организации хранения и анализа журнальных записей

Основываясь на результатах анализа имеющихся решений для сбора и анализа большого объема данных, можно выделить программный комплекс Elastic Stack [6]. Неоспоримыми преимуществами Elastic Stack является бесплатность, открытость исходного кода, а также высокий авторитет в индустрии как популярного решения, сумевшего доказать свою эффективность работы с большими объемами данных. Elastic Stack состоит из трех основных программных компонентов:

1. Elasticsearch — распределенное, масштабируемая поисковая система для полнотекстового поиска и анализа данных. Elasticsearch поддерживает REST API и передачу данных в формате JSON. Преимуществом данного программного комплекса является поиск в режиме реального времени по большим объемам данных — документов, а также поддержка многоуровневости.
2. Logstash — программный ковейер обработки данных, отвечающий за сбор данных из различных источников, обработку, преобразование и отправку данных в систему хранения Elasticsearch. Logstash позволяет нормализовывать информацию, поступающую из различных источников не зависимо от формата и структуры данных.
3. Kibana — программная панель визуализации данных из хранилища Elasticsearch [7]. Данные, полученные из Elasticsearch представляются в виде списков и диаграмм различных видов: линейные, столбчатные, точечные графики, круговые диаграммы и др.

Стоит отметить, что использование Elastic Stack так же позволяет проводить анализ данных из индек-

сов Elasticsearch на основе алгоритмов машинного обучения. Гибкая настройка работы алгоритмов машинного обучения доступна через интерфейс Kibana.

Результаты

Решение для сбора и обработки большого объема журнальных записей, предложенное в данной статье, было реализовано в виде программного модуля Magento и позволяет достичь следующих результатов:

1. повысить качество хранения журнальных записей за счет использования централизованного хранилища вместо файлового;
2. снизить требования к дисковому пространству серверов;
3. повысить качество и скорость поиска и анализа журнальных записей;
4. повысить эффективность работы ИТ-отдела за счет предоставления доступа к журнальным записям посредством Kibana всему подразделению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Magento Open Source — software that delivers basic eCommerce capabilities to build a unique online store from the ground up. // Adobe URL: <https://business.adobe.com/products/magento/open-source.html> (дата обращения: 13.05.2022).
2. Российский eCommerce между весной и летом 2022 г. // Data Insight URL: https://datainsight.ru/sites/default/files/Ecommerce_in_Russia_between_spring_and_summer_2022.pdf (дата обращения: 13.08.2022).
3. Мониторинг систем: управление на основе данных // URL: <https://www.computerworld.ru/cio/articles/210218-Monitoring-sistem-upravlenie-na-osnove-dannyh> (дата обращения: 14.08.2022).
4. Гадасин Д., Каледина А. Использование современных средств мониторинга для анализа состояния ИТ-системы. Сборник трудов XIV Международной отраслевой научно-технической конференции. 2020. 267 с.
5. View and manage logs // URL: <https://devdocs.magento.com/cloud/project/log-locations.html> (дата обращения: 14.08.2022)
6. Elastic Stack // URL: <https://www.elastic.co/elastic-stack/> (дата обращения: 14.08.2022).
7. Kibana // URL: <https://www.elastic.co/kibana/> (дата обращения: 14.08.2022).

© Копылов Денис Валерьевич (dv.kopilov@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Таганрог

ЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ РЕШАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЛОКАЛЬНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЗАДАЧ¹

LOGICAL PROGRAMMING OF SOLVERS FOR LOCAL GEOMETRIC PROBLEMS

P. Novikov

Summary. The article introduces the concept of a local geometric problem from the position of the clausal form of logic. The abilities of logical programming of local geometric problem are investigated. The features of programming symmetric binary relations and transitive geometric properties in the PROLOG language are shown. Domains types and predicates have been created to implement the basic concepts of geometry. The functioning of various solvers of local geometric problems is investigated.

Keywords: local geometric problem, logical program, binary relations, transitive geometric properties, problem solver.

Новиков Павел Владимирович

К.т.н, Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)
novikov.mai@mail.ru

Аннотация. В статье вводится понятие локальной геометрической задачи с позиции клаузуальной формы логики. Исследуются возможности логического программирования решателей этих локальных геометрических задач. Показаны особенности программирования симметричных бинарных отношений и транзитивных геометрических свойств на ПРОЛОГе. Созданы доменные типы и предикаты для реализации основных понятий геометрии. Изучается работа различных решателей локальных геометрических задач.

Ключевые слова: локальная геометрическая задача, логическая программа, бинарные отношения, транзитивные геометрические свойства, решатель задачи.

Со второй половины 50-х годов XX века по настоящее время учёные приложили немало усилий для создания решателей задач, основанных на логическом выводе [1], от универсальных решателей задач (GPS) [2] до автоматических доказателей теорем (АТР) типа VAMPIRE [3]. Все такие системы отличаются построением на максимально общих теоретических основах, реализуя стремление охватить возможно более широкий круг задач с позиции фундаментальной аксиоматики. В противоположность такому методу в настоящей статье предлагается подход, основанный на средствах и широких возможностях логического программирования, предлагающий решать конкретные геометрические задачи на доказательство, исходя лишь из их конкретики и опираясь, по возможности, только на те условия, что указаны в задаче. Это, в первую очередь, задачи на применение одной теоремы (одной аксиомы, одной леммы, одного свойства, одного следствия из теоремы), то есть *локальные* геометрические задачи.

Пропедевтическая цель изучения геометрии состоит в подготовке аппарата, необходимо для изучения смежных дисциплин [4]. Развивающая цель геометрии есть, помимо формирования образного и простран-

ственного мышления, формирование логического мышления [5]. Дисциплина **логика** в её первоначальном, классическом виде, то есть логика умозаключений, рассуждений и строгих доказательств, отсутствует в системе современного среднего образования, а в системе высшего образования явно присутствует только в программах обучения философов и юристов [6]. *Математическая логика*, входящая в школьную дисциплину *Информатика*, представлена, в основном, исчислением высказываний (*Булевой алгеброй*) и направлена на приложения в схемотехнике. Хотя сто с лишним лет назад и ранее логика была в учебных программах лицеев и гимназий (см. [7] и [8], Таблица 5), ныне доказательным рассуждениям учащиеся овладевают именно в курсе геометрии, сверхзадача которой и есть развитие логического мышления [9].

Студентам вузов при изучении логического программирования также весьма полезно разрабатывать решатели локальных геометрических задач.

Это позволяет по-новому взглянуть и на геометрические отношения, и на логические программы, оставаться в рамках небольших задач.

¹ Статья поступила в редакцию 10.08.2022

Для решения названных *локальных* задач предлагается аппарат клауз (хорновских дизъюнктов) [10], на котором основан язык ПРОЛОГ [8, 11].

Задача — это требование или вопрос, на который надо найти ответ. Программы на языке ПОЛОГ иллюстрируют поговорку математиков «Правильная постановка задачи есть половина её решения», так как сама логическая программа есть полная и точная формулировка задачи на языке исчисления предикатов первого порядка в его клаузальной форме [10, 12]. Поиск решения логически сформулированной задачи (или поиск ответа на вопрос) в логической программе выполняется автоматически. Поисковый метод в языке ПРОЛОГ основан на алгоритме резолюции (Робинсон, 1965), встроенном в ПРОЛОГ-машину вместе с алгоритмом унификации [13].

Клауза есть утверждение, имеющее посылку и заключение, связанные импликацией if (или:-) [8, 10, 12]. Клауза записывается *справа-налево*:

Заключение <- посылка.

Заключение называют головой (заголовком) клаузы, а посылку называют телом клаузы: *голова if тело*. Или *голова:- тело*. Посылка и заключение клаузы (голова и тело) состоят из атомарных суждений, каждое из которых выражено предикатом. Тело клаузы есть конъюнкция (and) атомарных суждений (предикатов). Голова клаузы всегда представлена строго одним предикатом (клаузы Хорна). Клауза с головой и телом называется **правило**. Клауза с головой без тела называется **факт**. Факты и правила составляют логическую программу. Клауза с телом без головы есть **вопрос** к программе. Успешный поиск решения завершается **пустой клаузой** без головы и тела. Два правила с одинаковой головой могут быть объединены в одно правило, где два тела объединяются дизъюнкцией or. Можно менять конъюнкцию and на символ «запятая —, » и дизъюнкцию or на «точку с запятой —; » [10–11].

Алгоритм резолюции просматривает всю программу сверху вниз по головам клауз, начиная с предикатов, заданных в вопросе. Если найдена голова с таким же предикатом, то просмотр идёт по телу этой клаузы слева направо. Пройденный путь запоминается и поиск продолжается сначала, но по новому пути, пока не будет обследовано всё дерево решений.

Если алгоритм резолюции находит голову клаузы, совпадающую с искомым предикатом, он может «снять» этот предикат, но лишь тогда, когда аргументы искомого предиката и найденной головы клаузы унифицируемы.

Для разработки логических программ поставленную вербально задачу следует переформулировать на языке клаузальной формы логики [10]. На первый взгляд, переделка словесных утверждений в клаузы весьма проста.

Фраза «*Всякий квадрат является прямоугольником*» есть утверждение: «Для всех F: если F — квадрат, то F — прямоугольник», выраженное клаузой:

rectangle (F) if square (F).

Высказывание «*Всякий квадрат является ромбом*» есть утверждение:

«Для всех F: если F — квадрат, то F — ромб», представленное клаузой

rhomb (F) if square (F).

«*Всякая фигура, являющаяся и ромбом, и прямоугольником, есть квадрат*» иначе «Для всех F: если F — ромб и F — прямоугольник, то F — квадрат»:

square (F) if rectangle (F) and rhomb (F).

«*Всякая фигура, являющаяся ромбом, или являющаяся прямоугольником, является параллелограммом*» переделывается в: «Для всех F: если F — ромб или F — прямоугольник, то F — параллелограмм», выраженное клаузой:

parallelogram (F) if rhomb (F) or rectangle (F).

Аналогично фраза «Окружность есть частный случай эллипса» (когда фокусы совпадают) есть «Для всех F: если F — окружность, то F — эллипс»:

ellipse (F) if circle (F).

Достаточно добавить к этим правилам факты вроде:

circle ("C1"). rhomb ("SPQR"). rectangle ("EFGH"). square ("ABCD").

После этого можно задавать программе любые вопросы из числа тех, на которые сможет ответить эта логическая программа (пример 1).

В примере 1 показана программа, состоящая из созданных клауз. Программа написана на языке Visual Prolog 5.2, для которого характерно предварительное объявление пользовательских типов в разделе **domains** и пользовательских предикатов в разделе **predicates**. Основная программа находится в разделе

```

domains s = string
database p(s)
predicates
circle (s) ellipse (s)
nondeterm rhomb (s)
nondeterm rectangle (s)
nondeterm square (s)
nondeterm parallelogram (s)
clauses
rectangle ("EFGH"). rectangle ("QRST").
rectangle (F) if square (F).

rhomb ("SPQR"). rhomb ("QRST").
rhomb (F) if square (F).

square ("ABCD").
square ("MNOP") :- !.
square (F) if rectangle (F) and rhomb (F).

parallelogram (F) if rhomb (F)
                        or rectangle (F).

ellipse (F) if circle (F).
circle ("C1").

goal square ("QRST").
Yes
goal parallelogram (S), not(p(S)), assert(p(S)).
S=QRST
S=SPQR
S=ABCD
S=MNOP
S=EFGH
5 Solutions

```

Пример 1. «Геометрические фигуры».

clauses, а вопросы к логической программе можно задавать в разделе **goal**. Порядок разделов обязателен. Только раздел **goal** может располагаться как после раздела **clauses**, так и до. Это деление на строго заданные разделы в программе есть особенность ПРОЛОГов фирмы PDC и фирмы Borland. Клаузы с одинаковой головой должны быть собраны вместе для ускорения поиска в языках Visual Prolog и Turbo Prolog.

Если в программе несколько клауз с одинаковым предикатом в голове, то в разделе **predicates** такие предикаты объявляются как **nondeterm**.

Программа из примера 1 правильно отвечает, например, на вопрос «QRST — ромб?», заданный как **goal rhomb ("QRST")**. И, например, на вопрос «Какие фигуры — эллипсы?», заданный как **goal ellipse (F)**. Однако же этот элементарный пример содержит тонкие места, важные не с позиции геометрии, а с точки зрения логической программы. Учёт таких тонких мест расширяет круг решаемых локальных задач. Для этого следует рассмотреть рекурсивные клаузы. Рекурсивные клаузы нужны, чтобы организовывать повторяющиеся вычисления. Клауза является *рекурсивной*, если предикат головы клаузы имеется также в теле клаузы. В тексте изучаемой программы формально рекурсив-

ных клауз нет. Однако есть скрытая рекурсия. Клауза square (F) if rectangle (F) and rhomb (F). в теле содержит предикаты rectangle и rhomb, а клаузы rectangle (F) if square (F). и rhomb (F) if square (F). в теле содержат предикат square. Алгоритм резолюции при переходе к клаузе с головой square снова придёт к предикату square. Также и при переходе к клаузам с головами rectangle и rhomb алгоритм резолюции вернётся в теле этих клауз к предикатам rectangle и rhomb. Это рекурсивные вызовы. Если не предпринять мер, то при вопросе к программе вроде square (X), когда требуется определить все квадраты, программа выдаст или *Stack overflow*, или **PROGRAM ERROR. 1010**, в зависимости от версии языка ПРОЛОГ. Эта ошибка означает переполнение стека из-за бесконечной рекурсии. Для преодоления бесконечной рекурсии необходимо сделать точку останова рекурсии. Для этого факт square ("MNOP"). следует превратить в правило square ("MNOP"):-!. Предикат «отсечение» (предикат cut —!, см. [8, 11, 13]) останавливает поиск алгоритма резолюции среди клауз с головой square, прерывает рекурсию. В результате вопрос goal square ("QRST"). не создаст бесконечной рекурсии, а получит ответ Yes от ПРОЛОГ-машины (*хотя в программе есть лишь факты rhomb("QRST") и rectangle("QRST")*). Это иллюстрация очень важного приёма логического программирования.

Другой очень важный приём логического программирования также представлен в примере 1. Ответ на вопрос goal parallelogram(S). Будет:

```
goal parallelogram(S).
S = QRST
S = SPQR
S = ABCD
S = MNOP
S = EFGH
S = QRST
S = ABCD
S = MNOP
8 Solutions
```

Налицо повтор в ответах, происходящий из-за того, что одни и те же ответы могут были получены алгоритмом резолюции разными путями. Так как алгоритм фиксирует только пути решения, но не фиксирует ответы на вопросы, то повторы в ответах в подобных задачах весьма вероятны. Это не всегда удобно, а в ряде задач приводит к ошибочным решениям. Например, когда следует точно подсчитать количество правильных ответов.

Чтобы устранить повторы в ответах следует использовать приём, который предложен в [8]. Нужно объявить динамический предикат p(s) в разделе **database** (см. пример 1). Эти динамические предикаты позво-

ляют создавать факты и добавлять их в программу во время работы программы, а не до начала её работы с помощью встроенного предиката *второго* порядка assert(*Fact(...)*). При добавлении каждого нового факта алгоритм резолюции запоминает все текущие полученные ответы как часть пути поиска решения, что позволяет избежать повторов в ответах. Раздел **database** должен быть между разделом **domains** и разделом **predicates**, так как здесь тоже объявляются предикаты: **database** p(s). s — строковый тип string, значащий всё, что заключено в кавычки "". Вопрос к логической программе с ответами без повторов выглядит так: goal parallelogram(S), not(p(S)), assert(p(S)). Его можно вербально сформулировать так: «Цель истинна (успешна), если S — параллелограмм, и если ещё нет динамического факта p(S), то добавить факт p(S)». Предикат assert(*Fact(...)*) истинен (true) после добавления в программу динамического факта *Fact(...)*. Для удаления используется retract(*Fact(...)*).

Оба показанных приёма широко используются при решении многих других локальных геометрических задач. К этим приёмам следует добавить новые приёмы, необходимые при использовании более сложных ситуаций в геометрических задачах, когда недостаточно унарных предикатов.

Над основными понятиями геометрии (точка, прямая, отрезок, угол, луч и т.д.) устанавливают определённые отношения: *принадлежит, имеет, пересекаются, параллельны, перпендикулярны, совпадают, скрещиваются, равны, подобны*, и т.п. Говорят: «Точка принадлежит прямой», «Плоскости параллельны», «Прямые перпендикулярны», «Треугольник имеет прямой угол», «Отрезки равны», «Треугольники подобны», «Фигуры совпадают», «Прямые скрещиваются», «Прямая пересекается с плоскостью», и пр. и пр. Так как в этих примерах речь идёт об отношениях над двумя однородными аргументами (две плоскости, две прямые, два отрезка, два треугольника и т.п.) или над двумя разнородными аргументами (треугольник и угол, прямая и плоскость, точка и прямая и т.д.), то это *бинарные* отношения [8].

Бинарные отношения в исчислении предикатов 1-го порядка могут быть выражены предикатом от двух аргументов: p (A, B). Принимают, что p — предикат, A — субъект, B — объект [6–7]. Предикат *mata* (A, B), например, означает, что *субъект* A является матерью *объекта* B, а не наоборот. Так с позиции формальной логики отношение параллельности parallel(a, b) не то же, что parallel(b, a), хотя с позиции геометрии это одно и то же отношение.

Бинарное отношение R на множестве M может обладать различными свойствами [8], среди которых весьма

важно выделить симметричность, рефлексивность и транзитивность, встречающиеся у геометрических объектов:

симметричность $\square a, b \in M \ aRb \Rightarrow bRa$,
 рефлексия $\square a \in M \ aRa$,
 транзитивность $\square a, b, c \in M \ aRb \text{ и } bRc \Rightarrow aRc$.

На практике свойством *симметричности* обладают геометрические отношения равенства, совпадения, подобия, параллельности, пересечения, скрещивания и перпендикулярности. Действительно, верны утверждения:

- «Если фигура X равна фигуре Y ,
 то фигура Y равна фигуре X ».
- «Если фигура X совпадает с фигурой Y ,
 то фигура Y совпадает с фигурой X ».
- «Если фигура X подобна фигуре Y ,
 то фигура Y подобна фигуре X ».
- «Если прямая X параллельна прямой Y ,
 то прямая Y параллельна прямой X ».
- «Если прямая X пересекается с прямой Y ,
 то прямая Y пересекается прямой X ».
- «Если прямая X скрещивается с прямой Y ,
 то прямая Y скрещивается с прямой X ».
- «Если прямая X перпендикулярна прямой Y ,
 то прямая Y перпендикулярна прямой X ».
- «Если плоскость X параллельна плоскости Y ,
 то плоскость Y параллельна плоскости X ».
- «Если плоскость X пересекается с плоскостью Y ,
 то плоскость Y пересекается с плоскостью X ».
- «Если плоскость X перпендикулярна плоскости Y ,
 то плоскость Y перпендикулярна плоскости X ».

Для двух произвольных несовпадающих точек A и B может быть введены понятия: «прямая (AB) , проходящая через точки A и B » и «отрезок $[AB]$, соединяющий эти точки». Тогда бинарные отношения «прямая» и «отрезок» также будут симметричны, ведь прямая (AB) есть то же самое, что и прямая (BA) , а отрезок $[AB]$ есть то же самое, что и отрезок $[BA]$.

Отношения равенства, совпадения, подобия, параллельности, отношения «иметь» и «принадлежать» являются *рефлексивными*. Принято, что:

- «Фигура равна самой себе.»
 «Фигура совпадает сама с собой.»
 «Фигура подобна самой себе.»
 «Прямая параллельна самой себе.»
 «Плоскость параллельна самой себе.»
 «Фигура принадлежит самой себе.»
 «Фигура имеет саму себя.»

Те же отношения равенства, совпадения, подобия, параллельности, «иметь» и «принадлежать» являются ещё и *транзитивными*. Верны утверждения:

- «Если фигура A равна фигуре B ,
 а фигура B равна фигуре C ,
 то фигура A равна фигуре C ».
- «Если фигура A совпадает с фигурой B ,
 а фигура B совпадает с фигурой C ,
 то фигура A совпадает с фигурой C ».
- «Если фигура A подобна фигуре B ,
 а фигура B подобна фигуре C ,
 то фигура A подобна фигуре C ».
- «Если прямая A параллельна прямой B ,
 а прямая B параллельна прямой C ,
 то прямая A параллельна прямой C ».
- «Если плоскость A параллельна плоскости B ,
 а плоскость B параллельна плоскости C ,
 то плоскость A параллельна плоскости C ».
- «Если фигура A принадлежит фигуре B ,
 а фигура B принадлежит фигуре C ,
 то фигура A принадлежит фигуре C ».
- «Если фигура A имеет фигуру B ,
 а фигура B имеет фигуру C ,
 то фигура A имеет фигуру C ».

Термин «равно» здесь является синонимом термина «конгруэнтно», когда две фигуры равны не только числом (длина, площадь, объём и т.п.), а совпадают при наложении [14]. Близкие по смыслу отношения «равно» и «совпадает» различны с той точки зрения, что отношение «совпадает» не предполагает предварительного движения фигур для наложения (пример 2).

В примере 2 приведено решение локальной геометрической задачи об определении точки пере-

```

domains c=char s=symbol st=string
predicates intersect (s, st)
nondeterm belong (c, s)
nondeterm belong (c, st)
nondeterm intersection (s, st, c)
clauses intersect (a, "Alpha").
belong ('A', a). belong ('A', "Alpha").
intersection(A, B, C):-intersect(A, B),
    belong (C, A), belong (C, B).
goal belong (Subj, Obj).
Subj=A Obj=a
Subj=A Obj=Alpha
goal intersection (X, Y, Z).
X=a Y=Alpha Z=A
    
```

Пример 2. Пересечение прямой и плоскости в точке: intersection(A, B, C)

```

domains s = symbol c = char
predicates
nondeterm par (s, s)
nondeterm belong (c, s)
nondeterm math (s, s)
clauses
belong ('A', b). belong ('A', c).
par (b, a). par (c, a).
par (a, b). par (a, c).
math (B, C):-belong (D, B), belong (D, C),
    par(B, A), par(C, A), not(belong(D, A)).
goal math (b, c).
Yes
goal math (Subj, Obj).
Subj = b Obj = b
Subj = b Obj = c
Subj = c Obj = b
Subj = c Obj = c
4 Solutions
    
```

Пример 3. Локальная задача на аксиому параллельных.

```

domains s=symbol
database pd(s)
predicates
nondeterm par (s)
nondeterm par (s, s)
nondeterm parallel0 (s, s)
nondeterm parallel1 (s, s)
nondeterm parallel2 (s, s)
nondeterm parallel (s, s)
clauses
par (a, b). par (b, c). par (c, d).
par (A) :- par (A, _)
    ; par (_, A).
parallel0 (A, A) :-
    par(A, not(pd(A))), assert(pd(A)).
parallel1 (A, B) :- par (A, B), A<math>\diamond</math>B.
parallel1 (A, B) :- par (A, C),
    parallel1 (C, B), A<math>\diamond</math>B.
parallel2 (A, B) :- par (B, A), A<math>\diamond</math>B.
parallel2 (A, B) :- par (B, C),
    parallel2 (A, C), A<math>\diamond</math>B.
parallel (X, Y):- parallel0(X, Y);
    parallel1(X, Y);
    parallel2(X, Y).
goal parallel (d, a).
Yes
    
```

```

goal parallel (X, Y).
X=a Y=b
X=b Y=c
X=c Y=d
X=a Y=c
X=a Y=d
X=b Y=d
X=a Y=a
X=b Y=b
X=c Y=c
X=d Y=d
X=b Y=a
X=c Y=b
X=d Y=c
X=c Y=a
X=d Y=a
X=d Y=b
16 Solutions
    
```

Пример 4. Свойство «параллельность».

```

domains c = char s = string
database d (s, s)
predicates nondeterm match (s, s)
                nondeterm triangle (s, c, c, c)
clauses triangle ("T1",'A', 'B', 'C').
            triangle ("T2",'A', 'B', 'C') :- !.
            triangle ("T1",'C', 'B', 'A').
            triangle ("T2",'C', 'B', 'A').
            triangle(N, C, A, B):-triangle (N, A, B, C).
            triangle(N, B, C, A):-triangle (N, A, B, C).
            match(N, M) :- triangle (N, A, B, C),
                            triangle (M, A, B, C).
goal triangle ("T2", 'B', 'A', 'C').
Yes
goal match(N, M), N<>M, not(d(N, M)),
        not(d(M, N)), assert (d(M, N)).
N=T1 M=T2
1 Solution

```

Пример 5. Совпадающие треугольники.

сечения прямой и плоскости. При создании программы выбраны встроенные типы: **char** (*литерный*: точки 'A','B', ...) **symbol** (*символьный*: прямые a, b, c, ...), **string** (*строковый*: плоскости "Alpha", "Beta", "Gamma", ...). Созданы предикаты: **intersect** (symbol, string) означает «пересекаются прямая и плоскость», **intersection**(symbol, string, char) означает «пересекаются прямая и плоскость в точке», **belong** (char, symbol) означает «принадлежит точка прямой», а предикат **belong** (char, string) означает «принадлежит точка плоскости». Единственное правило в этой программе отражает связь между геометрическими фигурами A, B и C: «Прямая A пересекает плоскость B в точке C, если и прямая A пересекается с плоскостью B, и точка C принадлежит прямой A, и точка C принадлежит плоскости B.»: **intersection**(A, B, C):- **intersect**(A, B), **belong**(C, A), **belong**(C, B).

Факты **intersect** (a, "Alpha"). **belong** ('A', a). **belong** ('A', "Alpha"). означают: «прямая a пересекается с плоскостью Alpha», «точка A принадлежит прямой a» и «точка a принадлежит плоскости Alpha», соответственно. Вопрос к программе «Что чему принадлежит?» **goal belong** (Subj, Obj). даёт верные ответы: «A принадлежит a» и «A принадлежит Alpha». А вопрос «Какая прямая с какой плоскостью и в какой точке пересекается?», заданный в виде **goal intersection** (X, Y, Z). Даёт верный ответ X = a, Y = Alpha, Z = C. Это означает «прямая a, плоскость Alpha, точка C».

В примере 3 запрограммирована локальная геометрическая задача на пятый постулат Евклида: «*Через точку, не лежащую на прямой, можно провести только одну прямую, параллельную данной прямой*», который можно переформулировать так: «*Если через точку, не лежащую на прямой, проходят две прямые, параллельные данной, то эти прямые совпадают*».

Выбраны тип s = symbol для прямых и тип c = char для точек. Предикат принадлежности точки прямой **belong** такой же, как в примере 2. Предикат **math**(s, s) означает совпадение (**mathes**) первого аргумента со вторым, а **par**(s, s) означает параллельность (**parallel**) первого аргумента второму.

В примере 3 решается задача: «Точка A принадлежит прямым b и c. Прямые b и c параллельны прямой a. Точка A не принадлежит прямой a. Верно ли, что прямые b и c совпадают?» Запрограммированное правило **math**(B, C) позволяет не только получить утвердительный ответ на вопрос, но и ответить на более общий вопрос «Какие прямые совпадают?». Согласно ответам на такой вопрос отношение **math**(B, C) симметрично и рефлексивно. Если нужно сделать это отношение не-рефлексивным, следует к правилу **math**(B, C) добавить конъюнктивно A<>B.

Пример 4 посвящён определению параллельных прямых **parallel**(X, Y). Предикат **par** (s, s) нужен для соз-

дания фактов вроде $\text{par}(a, b)$. Реализованы свойства рефлексии, транзитивности и симметрии правилами $\text{parallel0}(X, Y)$, $\text{parallel1}(X, Y)$ и $\text{parallel2}(X, Y)$, соответственно. Факты о прямых $\text{par}(A, B)$ не могут быть избыточны, чтобы не было бесконечной рекурсии. Правильно, если каждая прямая не более одного раза будет субъектом и/или объектом отношения $\text{par}(A, B)$, а все параллельности прямых можно будет выразить орграфом [8]. Каждая дуга такого орграфа должна начинаться в субъекте и заканчиваться в объекте, а орграф должен состоять из цепочек без циклов.

Программа в примере 4 позволяет проверить наличие или отсутствие параллельности между двумя конкретными прямыми и определить все пары параллельных прямых. В ней реализованы логические свойства отношений, общие для различных геометрических объектов. Программа может быть легко переделана для исследования других геометрических отношений, обладающих такими же логическими свойствами. Чтобы программа исследовала параллельность

плоскостей, достаточно изменить тип `symbol` на `string` для правильного именованя плоскостей. Отношения равенства, совпадения и подобия также имеют свойства симметрии, рефлексии и транзитивности. Вместо `par` и `parallel` надо создать предикаты: `math` и `matching` (совпадение), `equal` и `equality` (равенство), `similar` и `similarity` (подобие), с аргументами соответствующих типов.

В примере 5 решена задача распознавания одинаковых треугольников.

У треугольников разный порядок перечисления вершин, либо разные имена.

Показанные решения локальных геометрических задач с помощью логического программирования важны для понимания геометрии с точки зрения исчисления предикатов и для создания программ на доказательство и поиск. Соединение локальных задач в глобальные — в новых публикациях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чень Ч., Ли Р. Математическая логика и автоматическое доказательство теорем. — М.: Наука, 1983, 36 с.
2. Newell A., Shaw J.C., Simon H.A. "Report on a generic problem-solving program". Proc. Inter. Conf. on Information Processing, 1959, pp. 256–264.
3. Riazanov A., Voronkov A. The design and implementation VAMPIRE. — AI Communications, August 2002, p. 92–110.
4. Ситаров В.А. Дидактика. Уч. пос. для высшего пед. учеб. зав. / Под ред. В.А. Сластенина, — М.: «Академия», 2004, 368 с.
5. Щербакова М.А. «О реализации развивающей цели обучения математике студентов гуманитарных факультетов». — Матер. Всерос. НПК «Современные проблемы развития и методика преподавания естественных и точных наук». — Уссурийск, декабрь 2008 \ УГПИ, 2009, С. 127–131.
6. Кириллов В.И., Старченко А.А. Логика. — М.: Проспект, 2008, 240 с.
7. Царскосельский лицей. Наставники и питомцы. 1811–1817 / Сост. Д.А. Рутгайзер — г. Пушкин, издание Царскосельского Лицея, 1991.
8. Новиков П.В. Логическое программирование: Учебное пособие к лабораторным работам. — М.: Изд-во МАИ, 2007. — 100 с.
9. Далингер В.А. Методика обучения математике. Обучение учащихся доказательству теорем. — М.: Издательство Юрайт, 2019, 338 с.
10. Ковальский Р. Логика в решении проблем. — М.: Наука, 1990, 280 с.
11. Адаменко А.Н., Кучуков А.М. Логическое программирование и Visual Prolog. — СПб: БХВ-Петербург, 2003, 992 с.
12. Новиков Ф.А. Дискретная математика для программистов. 3-е изд. — СПб: Питер, 2009. — 384 с.
13. Братко И. Алгоритмы искусственного интеллекта на языке PROLOG. — М.: Вильямс, 2004, 640 с.
14. Математический энциклопедический словарь. — М.: БРЭ, 1995, 847 с.
15. Стерлинг Л., Шапиро Э. Искусство программирования на языке ПРОЛОГ. — М.: Мир, 1990, 326 с.

© Новиков Павел Владимирович (novikov.mai@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В МНОГОУРОВНЕВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

SOFTWARE AND INFORMATION SUPPORT FOR DECISION-MAKING IN MULTI-LEVEL EDUCATIONAL SYSTEMS

*E. Pavlicheva
O. Romashkova*

Summary. The paper studies the current problems of training highly qualified personnel who are able to adapt to any changes and integrate into the development of the region's economy from the moment they enter the workplace. The possibility of solving this problem by universities is considered, subject to the constant restructuring of educational programs, taking into account a whole range of limitations, which can be provided by the creation of a digital twin of the educational process for predictive management of the formation of educational programs of "tomorrow".

Keywords: educational system, decision support, digital twin, information and software.

Павличева Елена Николаевна

Кандидат технических наук, доцент
Департамент образования и науки г. Москвы
(ДОНМ)

Г. Москва

enpav@rambler.ru

Ромашкова Оксана Николаевна

Доктор технических наук, профессор
Российская академия народного хозяйства
и государственной службы при Президенте РФ
(РАНХиГС)

Г. Москва

ox-rom@yandex.ru

Аннотация. В работе изучаются актуальные проблемы подготовки высококвалифицированных кадров, способных адаптироваться к любым изменениям и встроиться в развитие экономики региона с момента поступления на работу. Рассмотрена возможность решения данной задачи вузами при условии постоянной перестройки образовательных программ с учетом целого спектра ограничений, что может быть обеспечено созданием цифрового двойника образовательного процесса для предиктивного управления формированием образовательных программ «завтрашнего дня».

Ключевые слова: образовательная система, поддержка принятия решений, цифровой двойник, информационно-программное обеспечение.

Введение

Важнейшей задачей эффективного функционирования и управления в современных многоуровневых образовательных системах является обеспечение качества подготовки специалистов в соответствии с требованиями современных отраслей экономики. О важности этого неоднократно говорилось на государственном уровне и в научных работах, посвященных вопросам управления в сфере образования [1, 2].

Если оценивать качество образования по такому показателю, как процент выпускников, работающих по специальности, то для технических вузов в России он является относительно невысоким (50–60%). Такое значение показателя, прежде всего, обусловлено противоречием: с одной стороны, уровень готовности выпускников по получаемым в технических вузах специ-

альностям зачастую не соответствует потребностям работодателей и современного рынка труда, а с другой — предлагаемые на рынке вакансии не полностью отвечают потребностям и склонностям самих выпускников.

Одним из путей преодоления такого противоречия и, как следствие, — увеличения процента работающих по специальности выпускников, является цифровое управление образовательным процессом на основе проблемно-ориентированной (студентоцентричной) модели, ядром которой служат индивидуальные образовательные траектории (ИОТ) обучающихся.

Одним из предлагаемых подходов к решению поставленных задач является создание цифрового двойника образовательного процесса (ЦД ОП) для предиктивного управления информационными ресурсами в многоуровневых образовательных системах (фор-

мирование образовательных программ «завтрашнего дня» [3, 4].

Цифровая тень позволяет формировать цифровую модель образовательного процесса путем сбора полного цифрового отпечатка/тени (сбора статистических данных по всем этапам образовательного процесса). Однако, этого недостаточно для подготовки специалистов, которые выйдут на рынок труда через 4–5 лет. Вузы заведомо готовят специалистов сегодняшнего, а не завтрашнего дня.

Формирование же цифрового двойника образовательного процесса позволит на основании анализа данных, предоставляемых цифровой тенью образовательного процесса, и с учетом возможностей современной науки и технологий, с учетом мировых трендов развития экономики осуществлять поддержку принятия управленческих решений и формировать образовательные программы, позволяющие готовить специалистов, которые будут востребованы в будущем [5].

Анализ возможностей электронных ресурсов для повышения эффективности управления в образовательных системах

Проведен анализ возможностей, предоставляемых электронными ресурсами для повышения эффективности управления образованием. Особую трудность при организации смешанного обучения будущих инженеров и/или технологов вызывают лабораторные занятия. Применение лабораторных работ в процессе обучения является одним из основных познавательных компонентов вузовского исследования [6]. Для решения этого вопроса при обязательном переходе на дистанционное обучение (ДО) авторами был проведен сравнительный анализ виртуальных лабораторий, были разработаны несколько критериев, которые оценивались по шкале от 0 (нуля) до 2 (двух), где 0 баллов присваивается в случае отсутствия данного критерия; 1 балл присваивается в случае, если данный критерий представлен каким-либо образом; 2 бала присваивается, если данный критерий реализован в полной мере.

Среди выбранных критериев оценки качества в большинстве сравниваемых ресурсов реализованы следующие критерии: соответствие картинки и описание — 17 баллов из 20; представление сайта (общее описание, цели, задачи) — 18 баллов из 20; отсутствие необходимости регистрации — 17 баллов из 20.

По среднему количеству набранных баллов на критерий в группе наилучший результат показывают критерии оценки содержательных характеристик. В сред-

нем на один показатель приходится 15 баллов из 20 возможных.

Наименьшее количество баллов набрали такие критерии как окно поиска, гиперссылки, цветовое решение и междисциплинарный подход. В среднем довольно слабо реализованы показатели критерия оценки функциональности. В среднем на один показатель приходится 11,7 баллов из 20 возможных. Таким образом, принимая во внимание результаты сравнительного анализа виртуальных лабораторий [2] целесообразно сделать акцент на реализацию функциональных элементов, повышающих интерактивность сайта, а в качестве образца по качеству структуры и оформления интерфейса, уровню характеристик содержания принять любой из трех лидирующих ресурсов.

Среди анализируемых виртуальных химических лабораторий лучшим по количеству реализованных в полном объеме критериев оценки оказались: the Chemistry Collective, PraxiLabs и WOLFRAM Demonstrations Project, которые набрали 30 из 34 возможных баллов. Среди русскоязычных интернет-ресурсов лучшим оказался VirtuLab. Данный сайт набрал 20 баллов. Наименьшее количество баллов — 13 из 34 возможных набрал интернет-портал ChemReax в котором практически отсутствуют критерии оценки содержательных характеристик, критерии оценки функциональности интернет-ресурса.

Аналогичным образом авторами был проведен сравнительный анализ электронных платформ для управления и поддержки образовательного процесса [3, 4].

По результатам сравнительного анализа максимальное количество баллов (48 из 48) набирает платформа Open edX. Платформы Ilias, Canvas, Moodle набирают по 45 баллов.

Финская Eliademy набрала 41 баллов, а немецкая Atutor (40) из 48 баллов. Разработана в Германии. Российские платформы: Uchi.pro, iSpring, Teachbase, Ё-СТАДИ и Diskurs набрали 44, 43, 43, 34 и 32 балла соответственно. Необходимо отметить, что наименьшее количество баллов набирают такие критерии: возможность проведения вебинара, поддержка нескольких языков и игрофикация. Данные критерии играют важную роль в ДО.

Кроме вышеуказанных в качестве информационных систем, применяемых для ДО, дополнительно в работе были проанализированы платформы в основном используемые для формирования у студентов познавательной активности и умения самостоятельно получать

Таблица 1. Результаты сравнительного анализа различных ресурсов

Название платформы	Масштабируемость	Дизайн	Адаптация и настройка	Функциональность ИС	Итог
1С: Предприятие	10	9	10	10	39
Мир-олимпиад	9	8	5	8	30
Центр современных образовательных технологий	6	2	5	7	20
«АВС43»	8	1	8	5	22
Учи.ру	10	9	6	8	33
Рыжий Кот	9	8	6	8	31

знания: Прикладное решение «1С: Электронное обучение. Конструктор курсов»; «Мир-олимпиад»; «Центр современных образовательных технологий»; оболочка поддержки конкурсов и олимпиад «АВС43»; «Учи.ру» и образовательный портал «Рыжий Кот». Результаты анализа этих ресурсов приведены в таблице 1.

Программно-информационное обеспечение дистанционных лабораторных систем и комплексов

Особое распространение в режиме ДО получили виртуальные лабораторные работы, что весьма актуально для университетов. Применение лабораторных работ в процессе обучения является одним из основных познавательных компонентов университетского химического исследования. Значение опытов в процессе изучения необходимо. Наиболее эффективный процесс обучения происходит, когда обучающийся проходит через четыре последовательных этапа: 1 — получение опыта; 2 — наблюдение и размышление над увиденным опытом; 3 — анализ и формирование абстрактных образов в процессе мышления; 4 — обобщение и выводы. Для реализации данной концепции наиболее всего подходят лабораторные работы. Химическая лаборатория является местом повышенной опасности. Также, проведение химических опытов является весьма дорогостоящим (затраты на реактивы, оборудование) и, чаще всего, лаборатории не финансируются в полной мере.

Преподаватели могут избегать использования лабораторий по ряду различных причин, таких, как сомнения в безопасном проведении опыта, отсутствие необходимого опыта и навыков в реализации опыта, а также недостаток времени для проведения экспериментов. В соответствии с этим возникает необходимость найти альтернативные решения для обеспечения химических лабораторных исследований. С этим могут справиться виртуальные лаборатории, с помощью которых обучающиеся могут проводить эксперименты в любое время,

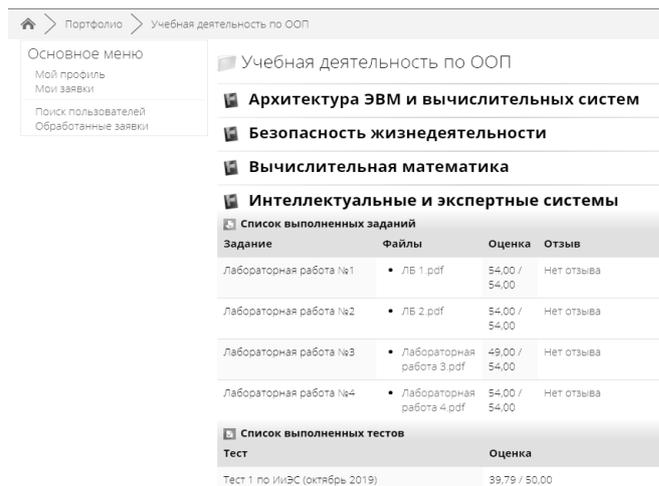
когда это потребуется, и в то же время чувствовать себя в безопасности при проведении опасных экспериментов. Они могут увидеть все детали экспериментального процесса и принять активное участие в проведении опытов. Также, виртуальные лаборатории позволяют дистанционно взаимодействовать обучающимся. Кроме того, виртуальные лаборатории дают возможность для проведения экспериментов бесплатно, в то время как они требуют огромных затрат при выполнении в реальной практической лаборатории. С помощью виртуальных лабораторий, студенты имеют возможность проводить повторные опыты, пока полностью не будут удовлетворены полученными данными эксперимента. Удобнее всего применять данный тип лабораторных работ на уровне средней школы и общих химических курсов университетов, где в рамках образовательных программ лабораторный курс проходит большой поток студентов, которые должны получить знания и научиться основным приемам и технике безопасности при работе в лаборатории. Поточность снижает уровень качества получения знаний в реальных лабораториях, поскольку каждому студенту требуется уделить внимание, что физически невозможно. Поэтому виртуальные лаборатории могут помочь решить проблему потоковости знаний и более точной оценки уровня знаний обучающихся.

Анализ результатов исследований подтверждает, что уровень знаний студентов, которые проходили обучение в виртуальных лабораториях, показывает лучшие результаты, по сравнению со студентами контрольной группы, которые обучались в реальных лабораториях, вследствие того, что студенты, проводящие эксперименты в виртуальной реальности, фокусируются на экспериментальном процессе, а не на оборудовании и инструментах, как это имеет место в случае с реальными лабораториями, и более внимательно следят за процессом.

Внешние воздействия, такие как нехватка экспериментального оборудования и инструментов,



а



б

Рис. 1. Личный кабинет студента:
а) список изучаемых курсов
б) электронное портфолио

ограниченное время для занятий, а также проблемы безопасности при проведении экспериментов, не позволяют в полной мере обучающимся сконцентрироваться на получении знаний и быть активными в процессе обучения. В ходе работы были проанализированы виртуальные лаборатории, которые находятся в свободном доступе или в относительном свободном доступе (регистрация, скачивание дополнительных приложений для визуализации и др.) на предмет их функциональности.

Для проведения сравнительного анализа были рассмотрены открытые образовательные ресурсы, предоставляющие доступ к виртуальным химическим лабораториям. Данные ресурсы содержат знания школьного и университетского уровня. Объектами анализа являлись виртуальные лабораторные, предоставленные платформами разных стран мира.

Также в работе представлена разработанная авторами единая информационная обучающая система (ЕИОС), части элементов которой реализованы на практике в ЕИОС ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева (как пример университета) и ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН» [7, 8, 9].

Организация взаимодействия с обучающимися реализована через личный кабинет студента (рисунок 1), в котором формируется электронное портфолио студента. На основе данных, содержащихся в портфолио, формируется индивидуальная образовательная траектория (ИОТ), визуализируемая для студента в виде курсов, которые являются обязательными/рекомендуемыми для изучения.

Заключение

Использование концепции цифрового двойника позволит произвести оптимизацию и реинжиниринг образовательных процессов вуза (удаление неэффективных и внедрение качественно новых подходов и процедур) с учетом результатов анализа внешней среды, специфики отрасли, экономических и политических тенденций и проч. Модель цифрового двойника образовательного процесса, предложенная в работе, позволит не только проанализировать накопленные данные по образовательному процессу, но и спрогнозировать последствия принимаемых решений, выявить и развить наиболее эффективные стратегии, что в итоге приведет к улучшению качества образования и увеличению востребованности выпускников на рынке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pavlicheva E.N., Romashkova O.N. Model of functioning of information system for institute of distance education of specialists of onboard communications. В сборнике: 2019 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, SOSG 2019. С. 8706783.
2. Romashkova O.N., Pavlicheva E.N. Resource management in distance and mobile education systems. В сборнике: CEUR Workshop Proceedings 9. Сер. "Selected Papers of the Proceedings of the 9th International Conference Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech

- Systems, ITMM 2019" 2019. С. 102–108. 3. Ромашкова О.Н., Пономарева Л.А., Василюк И.П. Линейное ранжирование показателей оценки деятельности вуза // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2018. Т. 14. № 1. С. 245–255.
3. Ponomareva, L.A., Romashkova, O.N., Pavlicheva, E.N. Automation of the Process a Comprehensive Assessment of Educational Organization // Lecture Notes in Electrical Engineering, 2020 Volume 641 LNEE, 2020, Pages 912–922.
 4. Ромашкова О.Н., Фролов П.А. Технология расчета показателей прибыли и рентабельности в коммерческой организации // Фундаментальные исследования. 2016. № 4–1. С. 102–106.
 5. Ромашкова О.Н., Ломовцев Р.С., Пономарева Л.А. Компьютерная поддержка принятия управленческих решений для образовательной системы регионального уровня // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2019. № 67. С. 50–58
 6. Павlicheva E.N. Выбор образовательных информационных и справочных ресурсов для дистанционного обучения. // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2021. № 1. С. 80–88.
 7. Павlicheva E.N. Развитие информационных ресурсов для обеспечения непрерывного образования и передачи знаний в технических университетах. // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2020. Т. 9. № 3 (51). С. 50–55.
 8. Gaidamaka, Y.V., Romashkova, O.N., Ponomareva, L.A., Vasilyuk, I.P. Application of information technology for the analysis of the rating of university // В сборнике: CEUR Workshop Proceedings 8. Сер. "ITMM 2018 — Proceedings of the Selected Papers of the 8th International Conference "Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems"" 2018. С. 46–53.
 9. Павlicheva E.N., Баранникова Н.А., Рублёва Е.В. Дистанционное образование для различных групп пользователей в условиях индивидуализации обучения // Динамика языковых и культурных процессов в современной России. 2016. № 5. С. 1296–1299.

© Павlicheva Елена Николаевна (enpav@rambler.ru), Ромашкова Оксана Николаевна (ox-rom@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российская Академия Народного Хозяйства и Государственной Службы при Президенте Российской Федерации

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ НАПОЛНЕНИЕ МАТЕРИАЛАМИ СООБЩЕСТВ «ВКОНТАКТЕ»

AUTOMATED FILLING OF VKONTAKTE COMMUNITIES WITH MATERIALS

*M. Pohorukova
A. Pimanov*

Summary. The transfer of some everyday work processes to automated mode is an effective way to facilitate routine work, as well as reduce the time for its implementation.

In this article, an algorithm is considered, the purpose of which is to automatically transfer the process of filling communities «In Contact» with various materials. In the course of the work, a general-purpose scripting language, PHP, was used through its interaction with the VK API. Analytical work has been carried out to identify the disadvantages and advantages of using this algorithm. The article contains a detailed description of the implementation of the algorithm, taking into account the optional costs of ensuring its operability.

The result of the work is to obtain a script that allows you to automate the process of filling communities with materials, according to specified criteria, from sources specified by the user.

This script can be used to optimize some processes and modified in any convenient way, taking into account all the needs necessary for its implementation.

Keywords: algorithm, filling with materials, communities «VKontakte», process automation, publishing posts, script, VK API, PHP.

Похорукова Мария Юрьевна

*Технический институт (филиал) Северо-Восточный
федеральный университет имени М.К. Аммосова*

Г. Нерюнгри

maria.pokhorukova@gmail.com

Пиманов Андрей Евгеньевич

Технический институт (филиал)

Северо-Восточный федеральный университет

имени М.К. Аммосова

Г. Нерюнгри

Аннотация. Перевод некоторых повседневных рабочих процессов в автоматизированный режим, является эффективным способом облегчить рутинную работу, а также сократить время на её выполнение.

В данной статье рассмотрен алгоритм, цель которого — перевод в автоматический режим процесса наполнения сообществ «В Контакте» различными материалами. В ходе работы использован скриптовый язык общего назначения — PHP, посредством его взаимодействия с VK API. Проведена аналитическая работа по выявлению недостатков и преимуществ использования данного алгоритма. Статья содержит подробное описание реализации алгоритма с учетом необязательных затрат на обеспечение его работоспособности.

Результатом работы является получение скрипта, позволяющего автоматизировать процесс наполнения сообществ материалами, по заданным критериям, из указанных пользователем источников.

Данный скрипт может быть использован для оптимизации некоторых процессов и видоизменен любым удобным способом, с учетом всех потребностей, необходимых для его реализации.

Ключевые слова: алгоритм, наполнение материалами, сообщества «В Контакте», автоматизация процессов, публикация постов, скрипт, VK API, PHP.

Для того чтобы действительно понимать пользу алгоритма, описанного в данной статье, необходимо иметь опыт работы с сообществами «В Контакте» или понимать, что они из себя представляют. Цель алгоритма, о котором пойдёт речь, заключается в наполнении сообществ материалами, посредством их автоматизированного заимствования из избранных источников, с последующей публикацией.

В настоящее время возможность автоматизированной наполняемости сообществ материалами, является очень актуальной. Следует отметить, что данный алгоритм ориентирован на сообщества, для которых ориги-

нальность используемого материала не имеет ключевого значения.

Применение данного алгоритма позволяет владельцу сообщества не заниматься самостоятельным подбором материалов и снижает трудозатраты, связанные с поддержанием одного или нескольких критериев рейтинга сообщества. Из обременительных тягот использования алгоритма можно назвать необходимость формирования списка источников, из которых будут заимствоваться материалы, регулярная проверка качества заимствованных материалов и самое обременительное из вышеперечисленного — обеспечение

Таблица 1. Конфигурация виртуального сервера

Процессор	AMD EPYC7742 (2 ядра)
Оперативная память	4 Гб
Скорость соединения	До 100 Мбит/сек
Виртуализация	KVM
Накопитель	NVME40 Гб
Операционная система	Ubuntu 20.04
Apache	2.4.41
MySQL	8.0.26
ISPmanager Lite	6.35.1

инфраструктуры для работы алгоритма. Оценивая все плюсы и минусы, можно с уверенностью сделать вывод, что существенность плюсов значительно перевешивает несущественность перечисленных минусов.

Перед началом работы, владельцу сообщества необходимо иметь четкие представления о том, какие трудозатраты ему необходимо перевести в автоматизированный режим. Рассмотрим один из возможных вариантов. Пусть это будет некий скрипт, расположенный на виртуальном сервере, выполняющий свою работу по заданным ему правилам. Публикация постов будет происходить один раз в час. Данный алгоритм должен работать со списком источников, которые ему заданы, и не использовать материалы, в которых используются слова, указывающие на наличие ссылок на другие источники.

Для взаимодействия с социальной сетью «ВКонтакте» воспользуемся VK API [1]. API «ВКонтакте» — это интерфейс, который позволяет получать информацию из базы данных vk.com с помощью http-запросов к специальному серверу. Подробнее об этом можно узнать на сайте «В Контакте» в разделе для разработчиков.

Далее следует определиться с удалённым сервером. В нашем случае это будет виртуальный сервер, взятый в аренду со следующей конфигурацией (таблица 1).

Стоит отметить, что для поставленной задачи, выбранная конфигурация является избыточной. Как правило, если вы возьмёте виртуальный сервер в аренду, на нём будет предустановлен весь софт, с которым нам придётся столкнуться.

Для взаимодействия с VK API из-под удалённого сервера, хорошо подойдёт язык PHP [2]. PHP — Скриптовый язык общего назначения, интенсивно применя-

емый для разработки веб-приложений. В настоящее время поддерживается подавляющим большинством хостинг-провайдеров и является одним из лидеров среди языков, применяющихся для создания динамических веб-сайтов. Используемая нами версия — 7.4.3.

На следующем этапе сформируем источник с данными используя среду phpMyAdmin. Создаём базу [3] данных с таблицей из четырёх столбцов: ID, group_id, name и used. Для полей ID и group_id определяем целочисленный тип, и для ID соответственно задаём первичный ключ. Поле name несёт вспомогательный функционал и используется для хранения названия источника. Для used используем tinyint длины 1, и определённый по умолчанию как 0. Поле group_id содержит идентификаторы сообществ, чьи материалы будут использоваться, и оно является отрицательным числом. Добавим некоторое количество записей.

Сгенерируем файл с правилами работы алгоритма. В нём мы будем хранить токен пользователя для авторизации в сообществе, используемую версию VK API, идентификатор пользователя и сообщества, а также массив запрещённых слов, которые не должны встретиться в посте, из которого будет заимствована информация.

Начнём наполнять config.php. Для этого создадим сообщество «В Контакте». Последнюю версию API можно узнать в документации в разделе для разработчиков на сайте «ВКонтакте», в данном случае мы будем использовать 5.131. Токен пользователя можно получить из приложений «ВКонтакте», во время передачи разрешений. Идентификаторы сообщества и пользователя можно получить на странице сообщества и пользователя соответственно. В массив запрещённых слов войдут фрагменты текста, указывающие на наличие в тексте ссылок. Таким образом, конфигурационный файл будет выглядеть следующим образом:

Листинг 1

```
<?php

// Общие параметры
const VERSION = "5.131";

// Пользовательские параметры
const USER_TOKEN = "...";
const USER_ID = 347771519;

// Идентификатор сообщества
const GROUP_ID = -209936982;

// Параметры исполнения скриптов
const FORBIDDEN_WORDS_IN_THE_POST =
array('http','www','club','id');
```

Создадим файл vk.php в котором будем хранить класс с публичными функциями [4], к которым мы будем обращаться для взаимодействия с VK API. Сначала подтянем конфиги записав их в переменные. Добавим функцию call_with_user_token выполняющую запросы к VK API. Данная функция будет принимать название метода и массив данных для формирования JSON запроса. При исполнении функции в полученный массив добавится информация об используемой версии VK API и токен подтверждающий пользователя, отправившего запрос. Формируем адрес из имеющегося url "https://api.vk.com/method/", названия метода и массива с параметрами, отправляемыми на сервер. Отправляем запрос с помощью curl. Ответ от VK функция вернёт для дальнейшей работы с ним.

Листинг 2

```
public function call_with_user_token($method,
$params = []) {
    $params['access_token'] = $this->user_token;
    $params['v'] = $this->version;
    $url = 'https://api.vk.com/method/'.$method.'?http_
build_query($params);
    $curl = curl_init($url);
    curl_setopt($curl, CURLOPT_RETURNTRANSFER, true);
    $json = curl_exec($curl);
    curl_close($curl);
    return json_decode($json);
}
```

Остальные функции этого класса в большинстве случаев будут обращаться к данной функции. Например, метод для сохранения изображений на стену сообщества будет выглядеть так:

Листинг 3

```
public function photos_save_wall_photo($photo,
$server, $hash) {
    return $this->call_with_user_token('photos.
saveWallPhoto', [
        'group_id' => $this->group_id * -1,
        'photo' => $photo,
        'server' => $server,
        'hash' => $hash
    ]);
}
```

Также в этом классе предусмотрена функция для загрузки изображений на сервера ВКонтакте — photos_upload_server. Работает аналогично методу call_with_user_token.

Листинг 4

```
public function photos_upload_server($url, $image_
path) {
    $params['photo'] = new CURLFile($image_path);
    $params['access_token'] = $this->user_token;
    $params['v'] = $this->version;
    $curl = curl_init();
    curl_setopt($curl, CURLOPT_URL, $url);
    curl_setopt($curl, CURLOPT_RETURNTRANSFER, true);
    curl_setopt($curl, CURLOPT_CUSTOMREQUEST, 'POST');
    curl_setopt($curl, CURLOPT_POST, true);
    curl_setopt($curl, CURLOPT_POSTFIELDS, $params);
    $json = curl_exec($curl);
    curl_close($curl);
    return json_decode($json);
}
```

Закончим с vk.php данным набором функций и приступим к основному скрипту, которому дадим название publish_post.php. Сначала подтягиваем vk.php с помощью require_once.

Листинг 5

```
require_once(__DIR__.'vk.php');
$vk = new VK();
```

Таким же способом подтягиваем config.php и две переменные из него: массив с запрещёнными словами и идентификатор владельца страницы, на чью стену будут загружаться изображения, а после публиковаться на странице сообщества.

Листинг 6

```
require_once(__DIR__.'config.php');
$forbidden_words_in_the_post = FORBIDDEN_
WORDS_IN_THE_POST;
```

```
$owner_id = USER_ID;
```

Далее создаём подключение к базе данных:

Листинг 7

```
$mysqli = new mysqli('localhost', 'user', 'password_for_user', 'set_source');
```

Затем функцию получающую случайную запись из базы данных, в которых поле “used” равно 0. Для работы с базой данных используем язык SQL [5].

Листинг 8

```
function get_group_id_source($mysqli)
{
    $group_id_source = $mysqli->query("SELECT `group_id` FROM `set_source`.`source` WHERE `used` = '0' ORDER BY RAND() LIMIT 1");
    return $group_id_source->fetch_row();
}
```

Далее получаем текущее время, а точнее час. В переменную записываем результат выполнения функции. Проверяем начались ли новые сутки или закончились ли записи из столбца “used” со значением 0. Если выполняется хоть одно из условий, присваиваем всем записям 0 в поле “used” и обновляем значение переменной со значением функции.

Далее мы воспользуемся циклом while с проверкой на существование записи с полем “used” равным единице. Пока такая запись есть — цикл будет выполняться. На этом этапе в нашей переменной \$group_id_source хранится идентификатор сообщества, из которого мы будем заимствовать материал. Начнём исполнение цикла вот с такой строчки кода:

Листинг 9

```
$mysqli->query("UPDATE `set_source`.`source` SET `used` = '1' WHERE `group_id` = '$group_id_source[0]';");
```

Она меняет поле “used” в записи с выбранным сообществом на 1. Таким образом, мы запоминаем из каких сообществ мы уже брали материалы в ближайшее время. Чтобы получить материал из сообщества мы заведём в vk.php функцию, обращающуюся к методу wall.get.

Листинг 10

```
public function wall_get($owner_id, $count, $extended) {
```

```
    return $this->call_with_user_token('wall.get', [
        'owner_id' => $owner_id,
        'count' => $count,
        'extended' => $extended
    ]);
}
```

Данная функция вернёт JSON полученный от «В Контакте», с ним мы и продолжим работу. Подробную информацию о каждом методе, который мы будем использовать можно найти в документации VK API. В owner_id указываем идентификатор сообщества, в count указываем значение 2, означающее что мы хотим получать 2 записи со стены сообщества. Нам нужна информация о второй записи на стене, так как вероятно, что первая запись на стене произвольного сообщества является закреплённой записью и может содержать справочную информацию.

Таким образом, мы получаем информацию о записи из сообщества:

Листинг 11

```
$wall_get = $vk->wall_get($group_id_source[0], 2, 1);
```

Вытягиваем количество фотографий и текст из записи:

Листинг 12

```
$attachments_length = count($wall_get->response->items[1]->attachments);
$text = $wall_get->response->items[1]->text;
```

Теперь проверим наш текст на запрещённые фрагменты. Если такие найдутся мы присвоим переменной \$text значение check.

Листинг 13

```
for ($i = 0; $i < count($forbidden_words_in_the_post); $i++)
{
    if (strpos($text, $forbidden_words_in_the_post[$i]) !== false)
    {
        $text = 'check';
        break;
    }
}
```

Таким образом мы выполняем проверку на наличие изображений в посте, наличие запрещённых слов, а также проверяем помечен ли пост как рекламный и есть ли у него указанные источники.

Листинг 14

```
if ($attachments_length and $text != 'check' and !$wall_get->response->items[1]->marked_as_ads and !$wall_get->response->items[1]->copyright->link)
```

Если условия выполняются, мы удаляем все изображения из папки image (предварительно её нужно создать).

Листинг 15

```
array_map('unlink', glob(__DIR__.'image/*'));
```

Теперь мы должны сохранить все изображения из поста и загрузить на сервер «В Контакте», а также после загрузки получить идентификаторы вложений. Делается это с помощью двух методов: `photos.getWallUploadServer` — получаем ссылку для загрузки изображения, `photos.saveWallPhoto` — сохраняем изображение, возвращаем его идентификатор. После получения ссылки для загрузки мы воспользуемся функцией из `vk.php` — `photos_upload_server`. Сохранив изображение с помощью последнего метода, получим JSON, данные из которого нам помогут получить идентификатор вложения.

Листинг 16

```
$attachments = "";
for ($i = 0; $i < $attachments_length; ++$i)
if ($wall_get->response->items[1]->attachments[$i]->type == 'photo')
{
    $image_file = file_get_contents($wall_get->response->items[1]->attachments[$i]->photo->sizes[count($wall_get->response->items[1]->attachments[$i]->photo->sizes) - 1]->url);
    file_put_contents(__DIR__.'image/'. $i. '.jpg', $image_file);
    $photos_get_wall_upload_server = $vk->photos_get_wall_upload_server();
    $photos_upload_server = $vk->photos_upload_server($photos_get_wall_upload_server->response->upload_url, __DIR__.'image/'. $i. '.jpg');
    $photos_save_wall_photo = $vk->photos_save_wall_photo($photos_upload_server->photo, $photos_upload_server->server, $photos_upload_server->hash);
    $attachments = $attachments. 'photo.' $owner_id. ' '. $photos_save_wall_photo->response[0]->id. ";
}
```

В переменной `$attachments` сохранены все идентификаторы вложений, разделённых через запятую.

Функция обращающаяся к методу `photos.getWallUploadServer` передаёт VK API идентификатор сообщества.

Функция загружающая фотографии на сервер ВКонтакте передаёт лишь изображение.

Функция обращающаяся к методу `photos.saveWallPhoto` передаёт VK API параметры полученные от предыдущей функции.

Для публикации записи на стене сообщества заведём функцию в `vk.php`:

Листинг 17

```
public function wall_post($message, $attachments, $publish_date) {

    return $this->call_with_user_token('wall.post', [
        'owner_id' => $this->group_id,
        'message' => $message,
        'attachments' => $attachments,
        'publish_date' => $publish_date
    ]);
}
```

Параметр `publish_date` принимает время, в которое нужно опубликовать запись в Unix формате. Время публикации записи в нашем случае будет определяться тем моментом, когда начал выполняться скрипт, плюс сутки.

Листинг 18

```
$vk->wall_post("", $attachments, date(U) + 86400);
break;
```

Если запись будет опубликована, тогда программа наткнётся на `break` и выйдет из цикла `while`. Если запись не будет опубликована, то значение переменной `$group_id_source` обновится. Прочитать весь код можно на GitHub [6]. Чтобы скрипт исполнялся каждый час, добавим его в планировщик `cron` через `ISPmanager`. Следует отметить, что данный скрипт можно изменить так, как нам будет это удобно. К примеру, можно добавить ссылку в личные сообщения о новых записях. Данному скрипту можно дать и другие реализации. В том числе реализацию этого скрипта, которая будет срабатывать раз в сутки и заготавливать записи на весь день вперёд. Следует учесть одну важную деталь данного алгоритма, чтобы публикуемые записи были достаточно разнообразными, необходима база данных из сообществ, которая по своему объёму будет превышать количество публикуемых за сутки постов желательно в 2 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный веб-сайт «ВКонтакте», раздел «Для разработчиков» [Электронный ресурс]. URL: <https://dev.vk.com/reference> (дата обращения: 04.02.2022).
2. Официальный веб-сайт «php.net», раздел «Руководство по PHP» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.php.net/manual/ru/index.php> (дата обращения: 04.02.2022).
3. Карпова И.П. Базы данных. — М.: Питер, 2013. С. 3–31
4. Кузнецов М.В., Симдянов И.В. Самоучитель PHP 7. — СПб.: БХВ-Петербург, 2018. С. 143–151.
5. Джеймс Р. Грофф, Пол Н. Вайнберг, Эндрю Дж. Оппель. SQL. Полное руководство. — Вильямс, 2018. С. 95–148.
6. Официальный веб-сайт «GitHub», репозиторий [Электронный ресурс]. URL: <https://github.com/Aiciokizava/automated-filling-of-Vkontakte-communities-with-materials>

© Похорукова Мария Юрьевна (maria.pokhorkova@gmail.com), Пиманов Андрей Евгеньевич.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Северо-восточный федеральный университет им М.К. Аммосова

СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СЕРВЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

CREATION OF INFORMATION SYSTEM FOR MONITORING SERVER EQUIPMENT

**B. Pruss
V. Romanov
O. Pleskacheva
V. Tsvetkov**

Summary. The article describes the sequence of development of an information system (IS) for monitoring server equipment. The main problems that had to be faced in the design and development (IS) were identified. An analysis of analogue programs with consideration of their advantages and disadvantages was made. In the process of collecting and analyzing data on the subject area, the functional requirements put forward to the IS were identified. Based on them, a detailed design of the IC was made. The implementation, deployment and testing of the developed IS was carried out.

Keywords: information system, monitoring, server equipment.

Прусс Борис Наумович

Кандидат технических наук, доцент
Брянский государственный инженерно-
технологический университет, г. Брянск
prussbor@gmail.com

Романов Виктор Александрович

Кандидат технических наук, доцент
Брянский государственный инженерно-
технологический университет, г. Брянск
vromanov62@mail.ru

Плескачева Ольга Юрьевна

Кандидат педагогических наук, доцент
Брянский государственный
Технический университет, г. Брянск
pleskacheva@inbox.ru

Цветков Владислав Владимирович

Магистрант
Брянский государственный инженерно-
технологический университет, г. Брянск
hooohher32@yandex.ru

Аннотация. В статье описана последовательность разработки информационной системы (ИС) мониторинга серверного оборудования. Выявлены основные проблемы, с которыми пришлось столкнуться при проектировании и разработки (ИС). Произведен анализ программ-аналогов с рассмотрением их достоинств и недостатков. В процессе сбора и анализа данных о предметной области выявлены функциональные требования, выдвинутые к ИС. На их основе было произведено подробное проектирование ИС. Осуществлена реализация, развертывание и апробация разработанной ИС.

Ключевые слова: информационная система, мониторинг, серверное оборудование.

Мониторинг серверного оборудования в различных предприятиях является важной задачей, так как он необходим, в независимости от того, небольшая это компания или дата-центр. С помощью мониторинга сотрудники, ответственные за него, могут вовремя находить и устранять небольшие и критические неисправности, влияющие на все процессы, проходящие в компании.

При этом важными составляющими мониторинга должны быть не только своевременное оповещение, но и возможность анализа текущей работы оборудования, с целью предотвращения сбоев и хранения информации о них [1].

Следует отметить, что применение систем мониторинга позволяет решать следующие задачи:

1. Оптимизация использования информационных ресурсов;
2. Повышение качества и эффективности работы ИТ-подразделений, за счет скорости устранения сбоев в работе оборудования и программного обеспечения, а также минимизации времени их простоя;
3. Обеспечение надежности, безопасности и согласованного функционирования всех компонентов ИТ-инфраструктуры;
4. Облегчение модернизации ИТ-инфраструктуры.

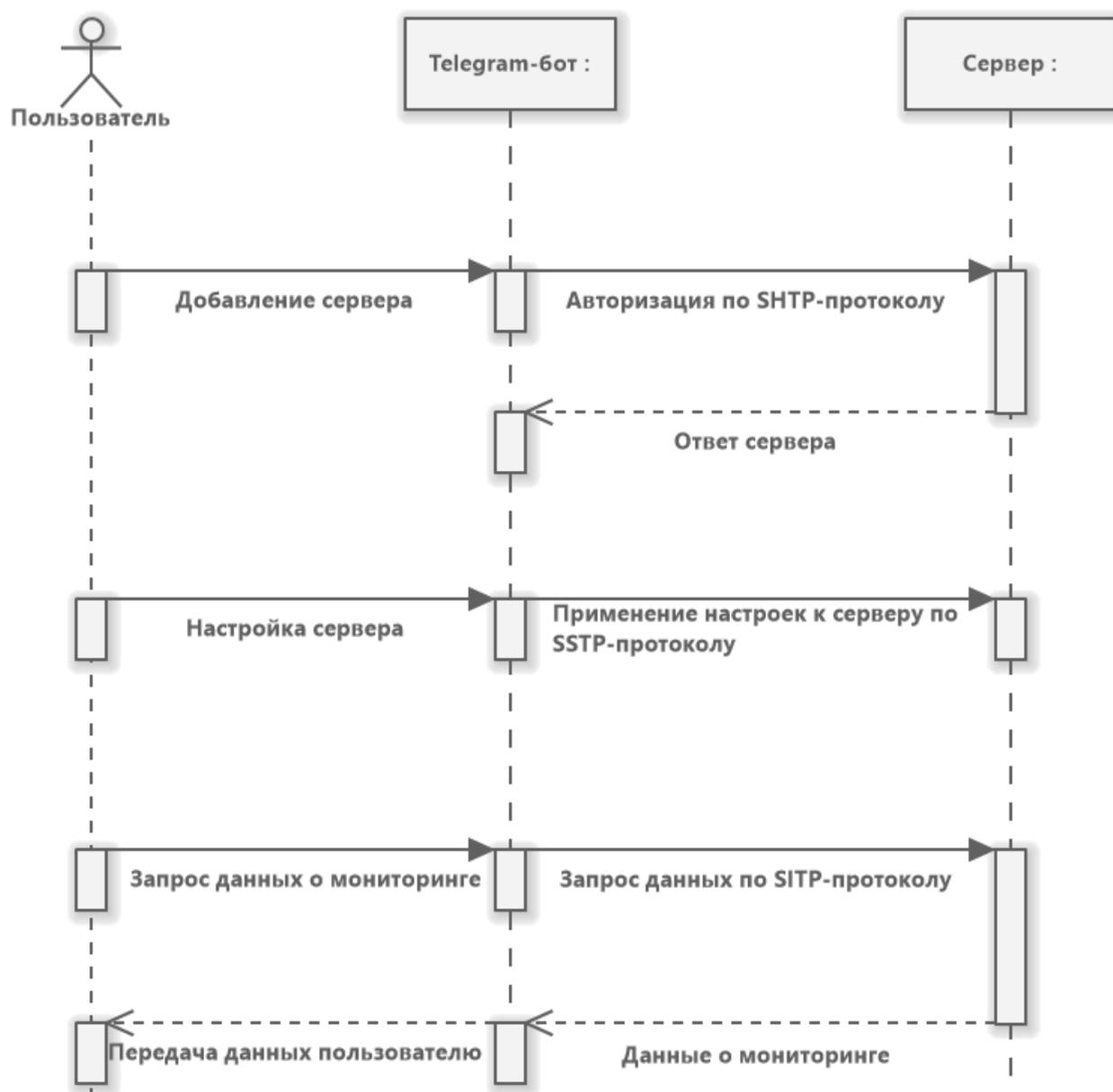


Рис. 1. Диаграмма последовательности

На сегодняшний при мониторинге оборудования сотрудники, отвечающие за это, сталкиваются со следующими проблемами:

1. Использование узконаправленного программного обеспечения;
2. Нечеткий мониторинг;
3. Отсутствие связи между пользователем и ИТ-подразделением.

Также следует отметить, что существующие программы-аналоги, такие как: Microsoft SCOM, Sematext Cloud, Datadog, несмотря на их широкий функционал,

имеют ряд ограничений в использовании, таких как отсутствие кроссплатформенности и платная модель распространения.

На основании изложенных выше факторов и данных анализа достоинств и недостатков, приведенных выше программ-аналогов, было решено разработать концептуально новую информационную систему мониторинга серверного оборудования на платформе мессенджера «Telegram». Причем, данная информационная система должна быть проста в эксплуатации, а ее использование не должно требовать каких-либо специфических навыков или знаний.

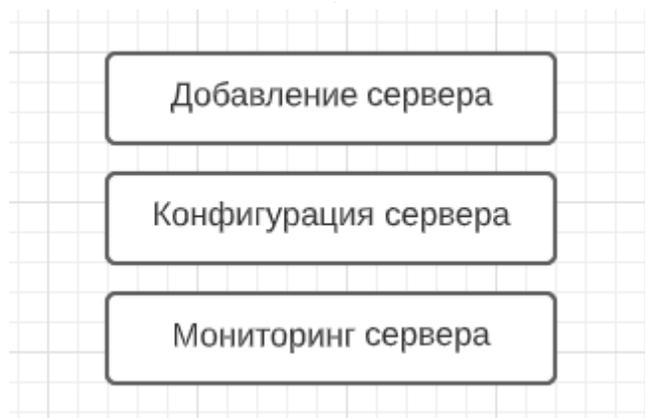


Рис. 2. Схема меню Telegram-бота

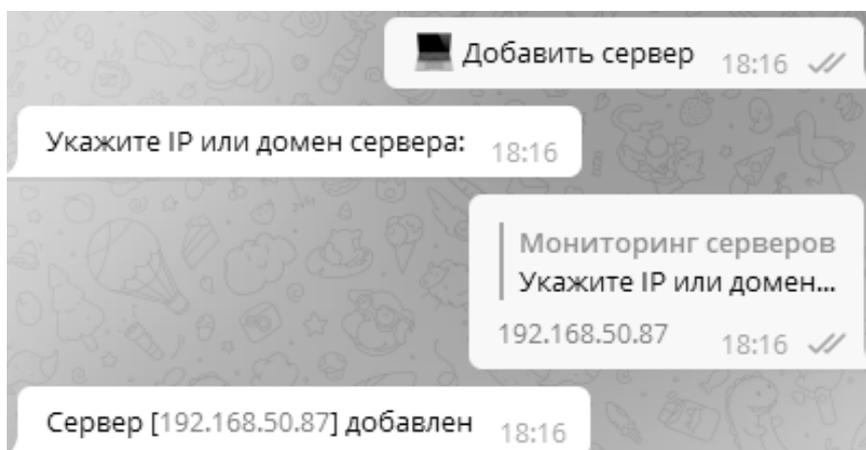


Рис. 3. Успешная валидация сервера

На основе проведенного анализа нами выделены следующие требования к информационной системе мониторинга:

1. Наличие возможности восстановления данных и требуемое состояние в случае прерывания или сбоя со стороны пользователя;
2. Реакция на все действия пользователя, работать и завершать работу в штатном режиме;
3. Бот не должен «падать», «зависать» или демонстрировать любое другое нестандартное поведение, в том числе при многократном быстром нажатии на какую-либо область дисплея, а также при нажатии на несколько областей дисплея одновременно (для мобильной версии мессенджера Telegram);
4. Обеспечение проверки корректности входных данных.

Для реализации указанных требований нами были спроектирована диаграмма последовательности раз-

рабатываемой информационной системы, представленная на рис. 1.

Для реализации представленной диаграммы необходимо разработать следующие модули:

1. Клиентский модуль мониторинга;
2. Серверный модуль мониторинга;
3. Хостинг веб-приложений;
4. Сервер, реализующий протоколы TelegramAPI.

Ввиду того, что информационная система содержит в себе перечисленные модули, нами были выбраны следующие средства их разработки.

Для разработки клиентского модуля был выбран язык C#[2] и платформа.NET, а именно её реализация. NETCore версии 2.1. Так как данный модуль предназначен для сбора и пересылки информации с сервера, то он должен быть кроссплатформенным, так как серверы могут развертываться на различных операционных

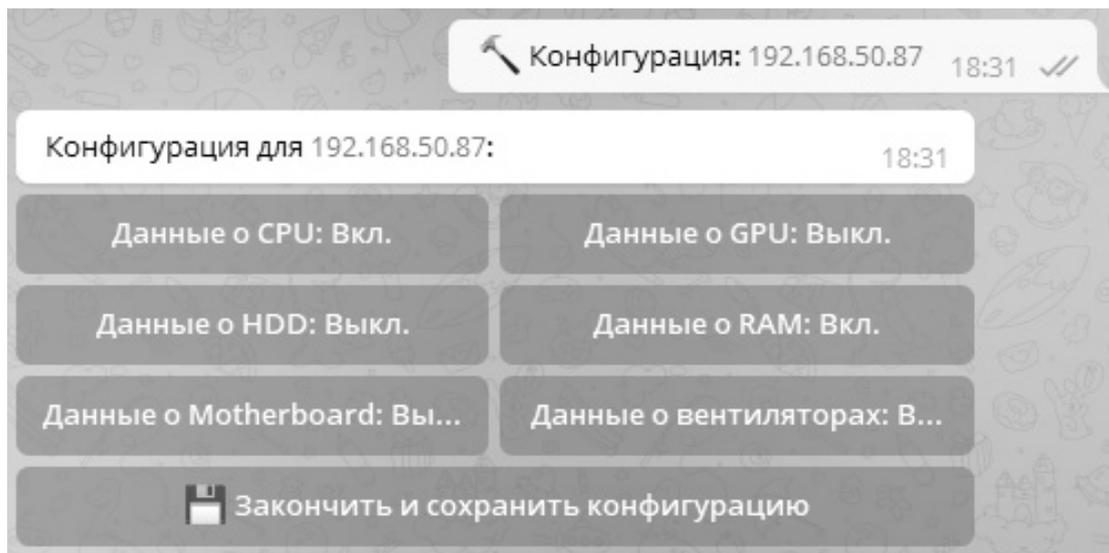


Рис. 4. Конфигурация сервера

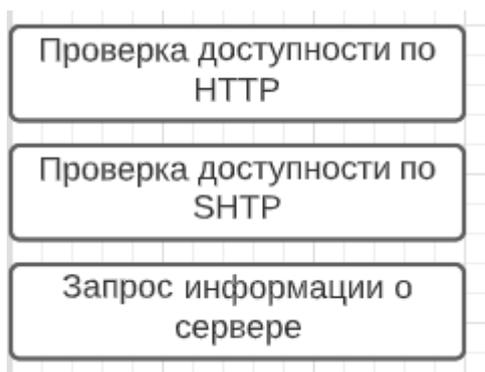


Рис. 5. Схема меню действий бота

системах. В дополнение следует отметить, что в нем должно быть реализовано наличие единого для всех платформ способа мониторинга оборудования, для чего была выбрана библиотека с открытым исходным OpenHardwareMonitor.

Серверный модуль ответственен за «общение» с Telegram. Для его разработки был выбран язык Python версии 3.8 [3] и его библиотека pyTelegramBotAPI версии 4.5.0 для разработки чат-бота, который должен иметь следующие функции:

1. Возможность добавления серверов для мониторинга;
2. Возможность конфигурации данных о мониторинге оборудования;
3. Возможность информирования пользователя о данных мониторинга серверного оборудования.

Интерфейс меню Telegram-бота [4] должен включать в себя возможности представленные на рис. 2.

Кнопка «Добавление сервера» предлагает пользователю ввести IP или домен сервера, требующего мониторинга оборудования. Далее введенные данные будут занесены в базу данных бота и в дальнейшем данный сервер будет ассоциироваться с данным пользователем Telegram (рис. 3).

Кнопка «Конфигурация сервера» предложит пользователю выбрать один из ассоциируемых с ним серверов, далее появится меню конфигурации для данного сервера (рис. 4).

Кнопка «Мониторинг сервера» вновь предложит пользователю выбрать один из ассоциируемых с ним серверов. После выбора нужного сервера должно воз-

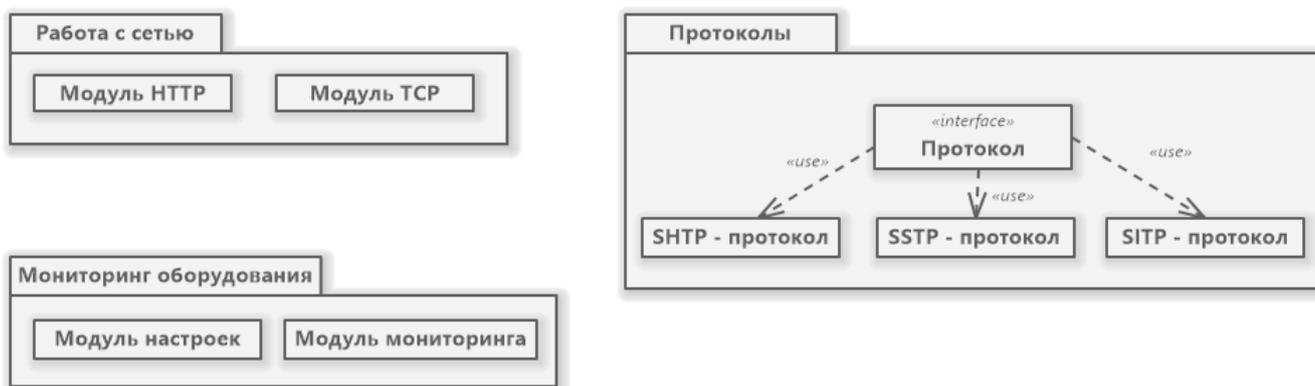


Рис. 6. Архитектура клиентского модуля

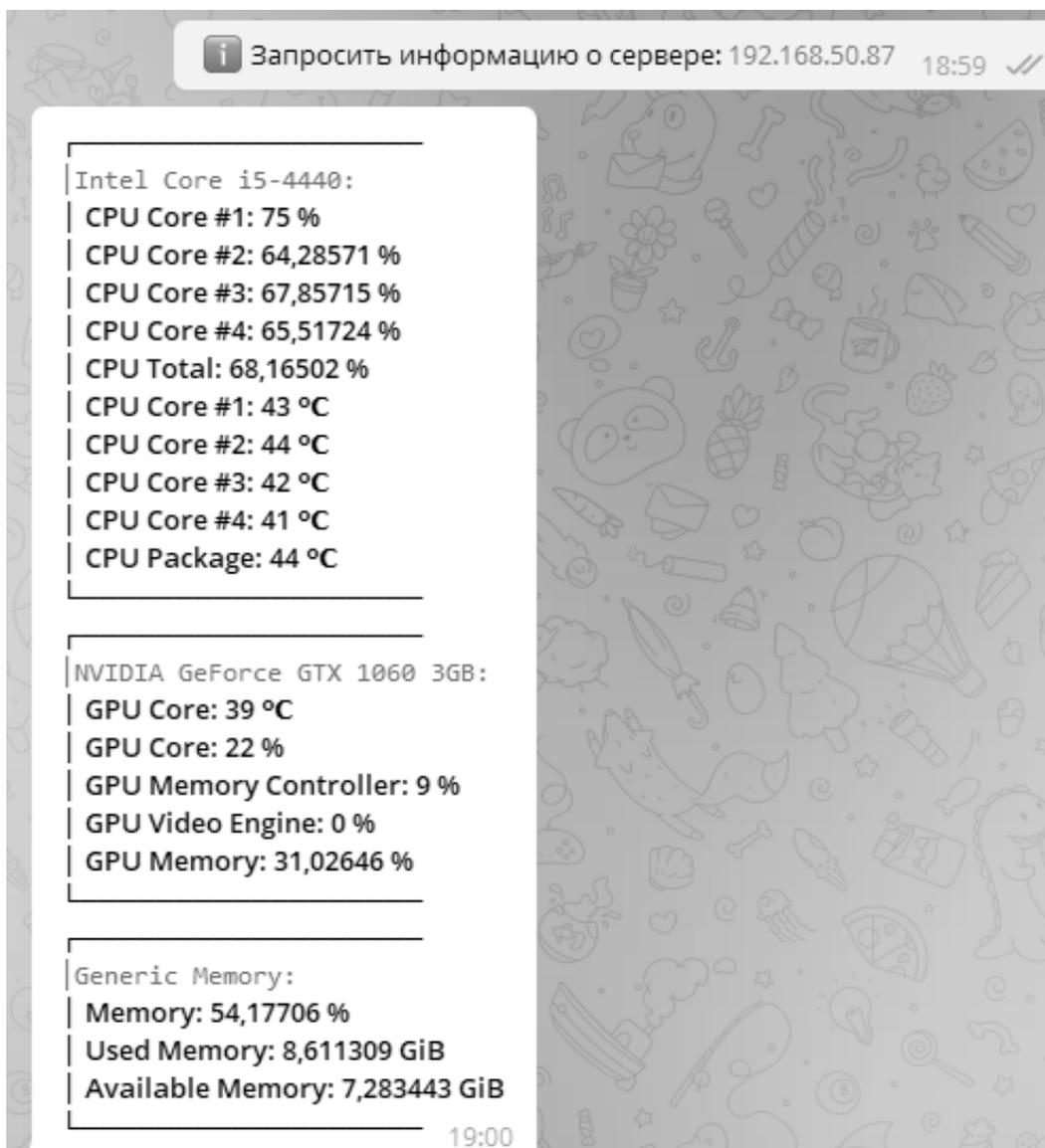


Рис. 7. Результат работы системы

никнуть еще одно меню, предлагающее три действия на выбор (рис. 5).

Пункт меню «Проверка доступности по HTTP» будет посылать серверу пустой HTTP-запрос, если код ответа будет равен 200, выводить положительный результат. Будет использоваться для проверки возможности обмена данными между ботом и сервером.

Следующий пункт «Проверка доступности по SHTTP» будет посылать серверу SHTTP — запрос, сервер должен будет ответить на него и тогда бот выведет положительный результат. Будет использоваться для проверки работоспособности клиентского модуля.

Кнопка «Запрос информации о сервере» реализовывает главную функцию бота, а именно отправку SHTTP — запроса на сервер, приём и форматирование данных об оборудовании сервера.

Для инициализации Telegram-бота необходимо получить токен у официального бота Telegram «BotFather», который, как следует из названия является «отцом» всех ботов в Telegram.

Рассматривая клиентский модуль необходимо выделить следующие требования, предъявляемые к нему:

1. Кроссплатформенность;
2. Поддержка протоколов SHTTP, SSMTP, SHTTP;
3. Поддержка HTTP и TCP соединений;
4. Возможность конфигурирования.

Клиентский модуль было решено разработать на платформе .NET, точнее на её реализации .NET Core. В качестве среды разработки была выбрана Visual Studio 2017.

Выбор .NET Core обусловлен несколькими факторами:

1. Кроссплатформенность;
2. Отсутствие зависимостей при установке на сервер;
3. Наличие единого для всех платформ способа мониторинга оборудования.

Если первый пункт в пояснениях не нуждается, то остальные два разберём поподробнее:

- ♦ отсутствие зависимостей при установке на сервер. В Visual Studio для проектов .NET Core имеется возможность выгрузки ядра, всех зависимостей и библиотек, что позволяет не устанавливать саму среду выполнения dotnet на целевую электронно-вычислительную машину;
- ♦ наличие единого для всех платформ способа мониторинга оборудования. Для мониторин-

га состояния серверного оборудования была выбрана библиотека с открытым исходным OpenHardwareMonitor.

Архитектура клиентского модуля представлена на рис. 6.

В качестве хостинга для серверного модуля был выбран облачный сервис PythonAnywhere. Его выбор обусловлен тем, что он соответствует всем нашим требованиям, а именно:

1. Возможность развёртывания приложений на Python;
2. Поддержка MySQL;
3. Веб-редактор кода;
4. Наличие SSL-сертификата для HTTPS-соединения.

Важным аспектом при разработке ИС является передача данных. Специально для данной ИС было разработано три протокола обмена данными между сервером, подвергающимся мониторингу и принимающей стороной, в данном случае являющейся сервером Telegram-бота:

1. ServerHelloTransferProtocol (SHTTP) — так называемый «приветственный» протокол. Используется для валидации принадлежности сервера. Отправитель формирует пакет с текстом «hello» в кодировке UTF-8 и посылает принимающей стороне. Принимающая сторона должна отправить в ответ точно такую же строку, после этого валидация будет пройдена;
2. ServerSettingsTransferProtocol (SSTP) — протокол передачи данных о конфигурации мониторинга, предназначен для настроек, имеющих два значения: вкл. и выкл. Хранит каждую настройку как отдельный бит числа, начиная с младшего;
3. ServerInfoTransferProtocol (SITP) — протокол передачи данных, собранных в процессе мониторинга, и передающий их в виде древовидной структуры.

Представленные выше протоколы данных могут использовать как протокол транспортного уровня TCP, так и протокол прикладного уровня HTTP для межсетевой транспортировки. Результаты работы системы представлены на рис. 7.

Подводя итоги, можно сказать, что разработанная ИС соответствует поставленной цели. Она позволяет осуществлять мониторинг серверного оборудования по заданным параметрам, что повышает качество работы ИТ-подразделений компании, за счет оперативных реакций на внештатные ситуации, а также повышает качество работы всей организации. Отдельно хоте-

лось бы выделить тот факт, что мониторинг осуществляется по многим параметрам и всей номенклатуре серверного оборудования, независимо от аппаратных

и программных характеристик. При этом установка и развертывание системы не требует больших аппаратных и человеческих ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузин, А.В. Компьютерные сети: учебное пособие / А.В. Кузин, Д.А. Кузин. — М.: Форум, 2018. — 704 с.
2. Тюкачев Н.А. С#. Основы программирования: учебное пособие для вузов / Н.А. Тюкачев, В.Г. Хлебостроев. — 4-е изд., стер. -СПб.: Лань, 2021. — 272 с.
3. Северанс Ч.Р. Python для всех / Ч.Р. Северанс; перевод с английского А.В. Снастина. — М.: ДМК Пресс, 2022. — 262 с.
4. Классификация и методы создания чат-бот приложений [Электронный ресурс]. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-i-metody-sozdaniya-chatbot-prilozheniy/viewer> (Дата обращения: 18.07.2022).

© Прусс Борис Наумович (prussbor@gmail.com), Романов Виктор Александрович (vromanov62@mail.ru),
Плескачева Ольга Юрьевна (pleskacheva@inbox.ru), Цветков Владислав Владимирович (hoooh32@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Брянск

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСНОВНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЕЖУРНОЙ ЧАСТИ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ОРГАНА МВД РОССИИ НА РАЙОННОМ УРОВНЕ КАК СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Самданов Гарма Батович

Адъюнкт

Академия управления МВД России (г. Москва)

03russia@gmail.com

MODELING OF THE MAIN ACTIVITY OF THE DUTY UNIT OF THE TERRITORIAL BODY OF THE MINISTRY OF THE INTERIOR OF RUSSIA AT THE DISTRICT LEVEL AS A QUEUING SYSTEM

G. Samdanov

Summary. Currently, mathematical modeling of processes, analysis and forecasting of situations in order to assess the activity, optimization of units are widely used in the internal affairs agencies of the Russian Federation. The mathematical apparatus of the theory of mass service is also used in the activities of internal affairs agencies of the Russian Federation in solving various kinds of problems. This article examines the possibility of the study of the duty unit territorial body of the Ministry of the Interior of Russia at the district level on the organization of reception, registration of applications, reports of crimes, administrative offenses, incidents and timely response to them as a system of mass service with limited waiting time. The author presents a mathematical model, the basic indicators describing the effectiveness of the duty unit of a territorial body of the Ministry of the Interior of Russia in terms of the theory of mass service. The basic expressions for the decision of a task of optimization of activity of duty units of territorial bodies of the Ministry of the Interior of Russia are received. The example of calculation of the basic indicators of a typical duty unit of a territorial body of the Ministry of the Interior of Russia at the district level is shown. The materials of the article are of practical value for the information and analytical activities of the internal affairs agencies of the Russian Federation in order to assess the activities of the duty units of the territorial bodies of the Ministry of Interior of Russia

Keywords: duty unit, queueing theory, queueing system, efficiency, internal affairs agencies.

Аннотация. В настоящее время математическое моделирование процессов, анализ и прогнозирование ситуаций в целях оценки деятельности, оптимизации подразделений широко используется в органах внутренних дел Российской Федерации. Математический аппарат теории массового обслуживания также применяется в деятельности органов внутренних дел Российской Федерации при решении различного рода задач. В данной статье рассматривается возможность исследования деятельности дежурной части территориального органа МВД России на районном уровне по организации приема, регистрации заявлений, сообщений о преступлениях, административных правонарушениях, происшествиях и своевременным реагированием на них как системы массового обслуживания с ограниченным временем ожидания. Приведена математическая модель, основные показатели, характеризующие эффективность деятельности дежурной части территориального органа МВД России с точки зрения теории массового обслуживания. Получены основные выражения для решения задачи оптимизации деятельности дежурных частей территориальных органов МВД России. Показан пример расчёта основных показателей типовой дежурной части территориального органа МВД России на районном уровне. Материалы статьи представляют практическую ценность для информационно-аналитической деятельности органов внутренних дел Российской Федерации в целях оценки деятельности дежурных частей территориальных органов МВД России.

Ключевые слова: дежурная часть, теория массового обслуживания, система массового обслуживания, эффективность, органы внутренних дел.

Введение

В органах внутренних дел Российской Федерации (ОВД РФ) широко используются методы математического моделирования при исследовании различных процессов, анализе и прогнозировании ситуаций. Такие методы нашли свое отражение при решении различных задач: анализ оперативной обстановки и ее прогнозирование, расчёт оптимального и экономически обоснованного количества личного состава при выполнении задач, связанных с охраной общественного порядка, и оценка эффективности деятельности подразделений др. [1,2].

Одним из основных методов анализа в соответствии с приказом МВД России от 26.09.2018 № 623 «Вопросы организации информационно-аналитической работы в управленческой деятельности органов внутренних дел Российской Федерации» является многофакторное моделирование. Подобные методы позволяют без существенных затрат смоделировать реальные системы, в том числе осуществить поддержку принятия решений. Как один из способов такие задачи могут быть решены с использованием методов теории массового обслуживания (ТМО).

ТМО широко применяется при решении многих задач, имеющих практическое значение, в том числе и в деятельности ОВД РФ [3]. При описании деятельности дежурной части (ДЧ) территориального органа МВД России на районном уровне целесообразно использовать положения математического аппарата ТМО в целях оценки ее эффективности. Актуальность работы заключается в том, что в существующих методиках оценки деятельности ДЧ данный подход не нашел свое отражение, в связи с чем рассмотрение ДЧ с точки зрения положений математического аппарата ТМО представляет особый интерес.

Структура ДЧ на районном уровне представляет собой многофункциональную систему, которая состоит из подсистем, функционирование которых можно описать моделью системы массового обслуживания (СМО), информационными потоками заявок на обслуживание которой являются граждане и их обращения, органом, обслуживающим заявки, является сама ДЧ, а сотрудники дежурной части — каналами обслуживания. Рассматривая ДЧ как СМО, можно определить новые показатели, характеризующие ее деятельности в целях оценки эффективности.

Постановка задачи

Процессы в данной системе как правило носят случайный характер, в виду того, что обращения граждан

в ДЧ идет не по заданному расписанию. Случайной величиной является также время поступления обращения, время между обращениями и время обслуживания обращения.

СМО бывают одноканальными и многоканальными, с очередью и отказами. ДЧ можно рассматривать как многоканальную СМО с очередью.

В случаях, когда в таких системах поступает заявка и все каналы обслуживания при этом заняты, она поступает в очередь, ожидая обслуживания. Порядок обслуживания заявок в таких системах определяется принципом построения очереди. Существуют системы, в которых заявки обрабатываются в зависимости от порядка их поступления, то есть при освобождении одного из каналов обслуживается первая заявка, находящаяся в очереди, существуют и системы с обратным порядком обслуживания. Также есть система обработки заявок по принципу приоритета обслуживания.

СМО с очередью бывают 2 типов: с ограниченным временем ожидания и с неограниченным временем ожидания. В системах с неограниченным временем ожидания заявка будет рано или поздно обслужена, а в системах с ограниченным временем ожидания заявка может покинуть очередь, не дождавись обслуживания.

ДЧ представляет собой многофункциональную систему, поэтому заявки, поступающие в нее, являются разнотипными, имеющие разную интенсивность поступления и порядок обслуживания в зависимости от основных направлений деятельности ДЧ.

В деятельности ДЧ на районном уровне можно выделить два основных направления деятельности: организация приема, регистрации заявлений, сообщений о преступлениях, административных правонарушениях, происшествиях и своевременное реагирование на них, а также направление организации разбирательства с задержанными и доставленными в ДЧ гражданами. В настоящей работе рассматривается первое направление деятельности.

В таких системах как ДЧ, целью которых является обеспечение безопасности и борьба с преступностью, приоритет должен отдаваться схеме построения системы с неограниченным временем ожидания. В действительности создать такую систему не представляется возможным по ряду причин, например, гражданин, обращающийся по противоправному деянию на телефон в ДЧ, не может длительно ожидать связь с сотрудником ДЧ и вынужден через какое-то время закончить вызов,

Таблица 1. Состояния 2 канальной СМО с ограниченным периодом ожидания

Состояние	Описание
S_0	Заявок не поступало, все каналы обслуживания свободны
S_1	Поступила 1 заявка и она обслуживается, 1 канал обслуживания свободен
S_2	Поступило 2 заявки, все 2 канала обслуживания заняты
S_3	Поступило 3 заявки, все 2 канала обслуживания заняты и 1 заявка ожидает обслуживания
...	...
S_{2+k}	Поступило $k+2$ заявок, все каналы заняты и k заявок ожидают обслуживания

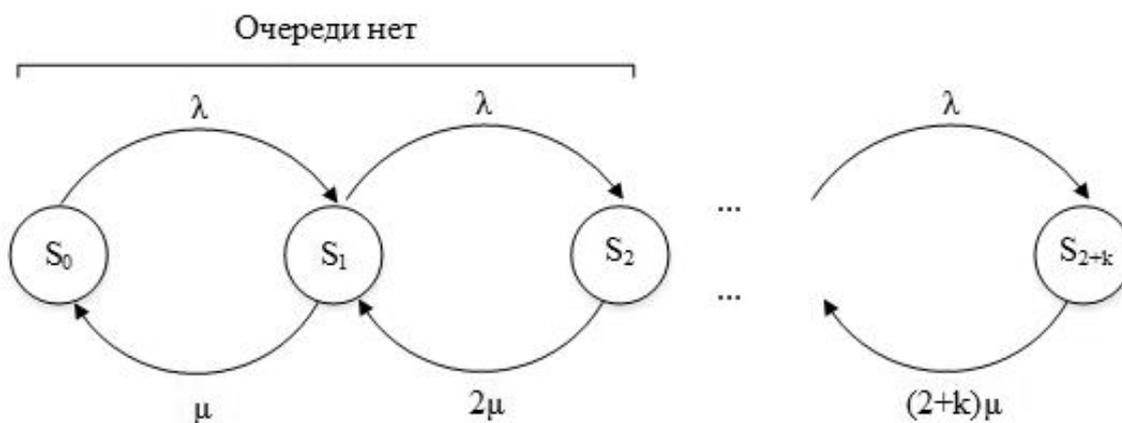


Рис. 1. Граф 2 канальной СМО с ограниченным периодом ожидания

не сообщив сотруднику ДЧ о причине обращения с возможными негативными последствиями [4,5].

В связи с вышесказанным, направление деятельности ДЧ, связанное с приемом и регистрацией заявлений граждан и реагированием на них, следует рассматривать как СМО с ограниченным периодом ожидания. А направление, связанное с задержанными и доставленными лицами как СМО с неограниченным периодом ожидания. Персонал стандартной ДЧ районного уровня состоит из двух сотрудников, поэтому в работе будет рассматриваться двухканальная СМО [6–8].

Любую математическую модель СМО можно представить в виде графа состояний. Граф состояний системы геометрически описывает существующие состояния системы и вероятные переходы из одного состояния в иное [9,10].

При моделировании ДЧ одной из проблем является ее многофункциональность, которая выражается в сложной архитектуре системы.

Модель СМО с ограниченным периодом ожидания

Направление деятельности ДЧ по приему и регистрации заявлений граждан и реагированием на них

в общем виде представляет собой СМО с ограниченным периодом ожидания.

Рассмотрим 2 канальную СМО с неограниченным числом мест в очереди, но с ограниченным периодом ожидания, среднее время ожидания очереди будет $t_{очередь}$. Когда все каналы обслуживания заняты, то прибывшая заявка встает в очередь и ожидает начало обслуживания в течение определенного временного периода, по окончании которого она покидает СМО. Обращения граждан поступают в среднем с интенсивностью λ , среднее время обслуживания одного обращения равно $t_{обсл.}$, а соответствующая интенсивность μ выражена отношением (1). Система может пребывать в одном из $k+2$ состояниях с соответствующими вероятностями от P_0 до P_{2+k} , где k — количество ожидающих заявок в очереди (таблица 1). Граф переходов состояний представлен на рисунке 1.

$$\mu = \frac{1}{t_{обсл.}} \tag{1}$$

В данной системе целесообразно помимо входящего потока заявок и обслуживания учитывать поток заявок, не дождавшихся обслуживания. Который выражается данным отношением:

Таблица 2. Значения основных показателей СМО

Параметр СМО	Значение	Комментарий
λ	0,1	
μ	1/10	
ν	1/12	интенсивность потока заявок, не дождавшихся обслуживания (по формуле 2)
ρ	1,2	по формуле 3
P_0	0,305	вероятность того, что все сотрудники ДЧ свободны (по формуле 4)
P_1	0,366	вероятность того, что 1 сотрудник ДЧ занят (по формуле 5)
P_2	0,219	вероятность того, что 2 сотрудника ДЧ заняты (по формуле 5)
P_3	0,082	вероятность того, что 2 сотрудника ДЧ заняты и 1 человек пытается дозвониться в ДЧ (по формуле 5)
P_4	0,022	вероятность того, что 2 сотрудника ДЧ заняты и 2 человека пытаются дозвониться в ДЧ (по формуле 5)
P_5	0,0048	вероятность того, что 2 сотрудника ДЧ заняты и 3 человека пытаются дозвониться в ДЧ (по формуле 5)
P_6	0,00085	вероятность того, что 2 сотрудника ДЧ заняты и 4 человека пытаются дозвониться в ДЧ (по формуле 5)
\bar{k}	0,145	среднее число граждан, ожидающих в очереди (по формуле 6)
\bar{n}	1,026	среднее число занятых сотрудников ДЧ (по формуле 7)
A	0,086	абсолютная пропускная способность ДЧ, характеризующая среднее число граждан, обслуживаемых в единицу времени (по формуле 8)
q	0,855	Относительная пропускная способность ДЧ (по формуле 9)

$$\nu = \frac{1}{t_{очереди}} \quad (2)$$

Интенсивность нагрузки ρ такой системы определяется отношением:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (3)$$

Вероятность простоя сотрудников ДЧ, когда обращений нет (нахождение системы в S_0 состоянии):

$$P_0 = \frac{1}{\left(\sum_{i=0}^2 \frac{\rho^i}{i!} \right) + \frac{\rho^2}{2!} \times \left(\sum_{k=1}^{\infty} \frac{\rho^k}{\prod_{j=1}^k \left(2 + j \times \frac{\nu}{\mu} \right)} \right)} \quad (4)$$

Вероятность нахождения системы в i состоянии:

$$P_i = \begin{cases} \frac{\rho^i}{i!} \times P_0, \text{ при } i \in [0, 2] \\ \frac{\rho^2}{2!} \times \frac{\rho^{i-2}}{\prod_{j=1}^k \left(2 + j \times \frac{\nu}{\mu} \right)} \times P_0, \text{ при } i > 2 \end{cases} \quad (5)$$

Вероятность отказа обслуживания рассматривать не имеет смысла, ввиду того что размер очереди не фиксированный и заявки могут самостоятельно покинуть систему, оставшись необслуженными. В данном случае можно определить относительную пропускную способность, показывающую соотношение обслуженных и необслуженных заявок (не дождавшихся обслуживания).

Среднее число заявок в очереди определяется как математическое ожидание дискретной случайной величины:

$$\bar{k} = 1 \times P_3 + 2 \times P_4 + \dots + k \times P_{2+k} \quad (6)$$

Среднее число занятых сотрудников ДЧ:

$$\bar{n} = \rho - \frac{\nu}{\mu} \times \bar{k} \quad (7)$$

Абсолютная пропускная способность ДЧ:

$$A = \lambda - \nu \times \bar{k} \quad (8)$$

Относительная пропускная способность ДЧ:

$$q = \frac{A}{\lambda} = 1 - \frac{\nu \times \bar{k}}{\lambda} \quad (9)$$

Таблица 3. Значения основных показателей СМО

Параметр СМО	Значение	Комментарий
λ	0,1	
μ	1/10	
ν	1/10	интенсивность потока заявок, не дождавшихся обслуживания (по формуле 2)
ρ	1	по формуле 3
P_0	0,368	вероятность того, что все сотрудники ДЧ свободны (по формуле 4)
P_1	0,368	вероятность того, что 1 сотрудник ДЧ занят (по формуле 5)
P_2	0,184	вероятность того, что 2 сотрудника ДЧ заняты (по формуле 5)
P_3	0,061	вероятность того, что 2 сотрудника ДЧ заняты и 1 человек пытается дозвониться в ДЧ (по формуле 5)
P_4	0,015	вероятность того, что 2 сотрудника ДЧ заняты и 2 человека пытаются дозвониться в ДЧ (по формуле 5)
P_5	0,0030	вероятность того, что 2 сотрудника ДЧ заняты и 3 человека пытаются дозвониться в ДЧ (по формуле 5)
P_6	0,00051	вероятность того, что 2 сотрудника ДЧ заняты и 4 человека пытаются дозвониться в ДЧ (по формуле 5)
\bar{k}	0,103	среднее число граждан, ожидающих в очереди (по формуле 6)
\bar{n}	1,026	среднее число занятых сотрудников ДЧ (по формуле 7)
A	0,09	абсолютная пропускная способность ДЧ, характеризующая среднее число граждан, обслуживаемых в единицу времени (по формуле 8)
q	0,897	Относительная пропускная способность ДЧ (по формуле 9)

Воспользовавшись этими параметрами, с точки зрения ТМО, оцениваются показатели эффективности системы.

Пример. Рассмотрим ДЧ на районном уровне, персонал которой составляют 2 сотрудника (двухканальная СМО). На телефон ДЧ поступают звонки от граждан с интенсивностью $\lambda=0,1$ (звонков в минуту). В случае, когда гражданин, позвонивший в ДЧ, застает телефон ДЧ занятым, то он пытается позвонить снова или прекращает попытки дозвониться, в среднем гражданин может ожидать $t_{очередь}=10$ (минут), при большем времени ожидания гражданин прекращает попытки дозвониться. Среднее время разговора сотрудника ДЧ с гражданином составляет $t_{обсл}=12$ (минут).

Решение. Рассмотрим решение в табличном виде (Таблица 2):

Вероятность простоя системы (вероятность нахождения системы в состоянии S_0), когда все сотрудники ДЧ свободны равна $P_0=0,305$. Отметим, что вероятности P_6, P_7, P_8 и т.д. рассматривать не имеет смысла, ввиду того что вероятность P_6 на порядок меньше 0,001, соответственно последующие вероятности будут значительно меньше. Что означает, что маловероятно нахождение

более 3 человек в очереди на обслуживание. Данные вероятности как отмечено в таблице 2 характеризуют возможность одновременной занятости 2 сотрудников ДЧ и нахождения граждан в ожидании обслуживания: к примеру, для P_6 —4 человека ожидают обслуживания. Относительная пропускная способность ДЧ равна 0,855, то есть доля поступивших обращений граждан, которая была обслужена ДЧ.

Оценив таким способом деятельность ДЧ с приведенными параметрами можно сделать вывод, что в среднем 1 сотрудник ДЧ бывает занят, порядка 14,5% потенциальных обращений от числа всех поступивших обращений останутся не обслуженными.

К примеру, увеличив скорость работы сотрудников ДЧ так, чтобы $t_{обсл}=10$ (минут), сократив время обслуживания с 12 до 10 минут, при прежних параметрах поступления заявок и ожидания, относительная пропускная способность ДЧ будет равна 0,897. Сократив время обслуживания на 2 минуты, можно увеличить количество обслуженных обращений граждан на 4,2% (Таблица 3).

В таких системах как ДЧ, целью которых является обеспечение безопасности и борьба с преступностью,

важным является снижение показателя необслуженных обращений. Меняя основные параметры ДЧ (скорость обслуживания, численность) можно повысить ее эффективность деятельности.

Заключение

Таким образом, получена математическая модель направления по приему и регистрации заявлений граждан и реагированием на них деятельности ДЧ территориального органа МВД России районного уровня на основе 2 канальной СМО.

Полученная модель может быть использована при оценке эффективности деятельности ДЧ территори-

ального органа МВД России районного уровня, расчета нагрузки на сотрудников, а также в целях оптимизации деятельности ДЧ, ее численности.

В данной работе рассмотрена в общем виде лишь одна из основных функций ДЧ, в последующем автором будут рассмотрены другие направления деятельности ДЧ с точки зрения ТМО в целях комплексного исследования ДЧ, а также учтен характер и тип поступающих заявок на обслуживание в СМО. Предложенный в работе подход с использованием математического моделирования и ТМО имеет высокий потенциал дальнейшего развития и может быть использован при совершенствовании либо разработки новой системы оценки деятельности ДЧ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баторов Б.О., Куприянов А.И., Емельянова Е.В. Ранговый метод количественной оценки эффективности системы управления организацией. // Вестник Воронежского института ФСИИ России. 2018, № 3, с. 37–43.
2. Гонов Ш.Х., Пестов Н.Н., Торопов Б.А. Анализ состояния преступности в сфере пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте. // Вестник Воронежского института МВД России. 2020, № 4, с. 84–93.
3. Пьянков О.В., Филатов Н.В., Оськин Н.Н. Моделирование работы инфокоммуникационных систем ситуационных центров органов внутренних дел как систем массового обслуживания. // Вестник Воронежского института МВД России. 2013, № 4, с. 190–198.
4. Малышев Д.А., Таранцев А.А., Холостов А.Л. Моделирование работы дежурно-диспетчерских служб с учётом ограничения времени ожидания абонентов. // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2017, № 4, с. 23–27. — DOI 10.25257/FE.2017.4.23–27.
5. Малышев Д.А., Таранцев А.А., Холостов А.Л. О закономерностях в системах массового обслуживания с «нетерпеливыми» заявками. // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2018, № 3, с. 84–87. DOI 10.25257/FE.2018.3.84–87.
6. Болдырев У.К. Современные проблемы организации деятельности дежурных частей территориальных органов МВД России. // Коррекционно-педагогическое образование: электронный журнал. 2021, № 6 (30), с. 259–267.
7. Буданок М.В., Остапук В.Г. Дежурная часть территориального органа МВД России как субъект управления. // Colloquium-journal. 2019, № 19–7(43), с. 12–13. Доступно по: https://elibrary.ru/download/elibrary_41106046_48634469.pdf (дата обращения: 09.06.2022).
8. Овсянников В.С. Дежурные части территориальных органов МВД России как основной субъект реагирования на изменения в оперативной обстановке. // Юрист-Правовед. 2016, № 4(77), с. 125–130. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/dezhurnye-chasti-territorialnyh-organov-mvd-rossii-kak-osnovnoy-subekt-reakirovaniya-na-izmeneniya-v-operativnoy-obstanovke> (дата обращения: 10.06.2022).
9. Замятина О.М. Моделирование систем: Учебное пособие. // Томск: ТПУ; 2009. 204 с.
10. Середа Е.Н., Синегубов С.В. Моделирование и проектирование систем. Воронеж: Воронежский институт Министерства внутренних дел Российской Федерации; 2017. 483 с.

© Самданов Гарма Батоевич (03russia@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223–2966.2022.10.30

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ «ЗАПАЗДЫВАЮЩЕГО» ТЕЧЕНИЯ ВЯЗКОПЛАСТИЧНОЙ ЖИДКОСТИ ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ С УЧЕТОМ ЭФФЕКТА ПРИСТЕННОГО СКОЛЬЖЕНИЯ¹

Сафрончик Мария Ильинична

Аспирант

Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени

Н.Г. Чернышевского

safronchikmi@yandex.ru

Андрейченко Дмитрий Константинович

Доктор физико-математических наук, профессор

Саратовский национальный исследовательский

государственный университет имени

Н.Г. Чернышевского

kr_andreichenko@renet.ru

SIMULATION OF AN UNSTABLE DELAYED FLOW OF A VISCOPLASTIC FLUID ALONG AN INCLINED PLANE, TAKING INTO ACCOUNT THE EFFECT OF WALL SLIDING

**M. Safronchik
D. Andreichenko**

Summary. The stages of unsteady flow of a “retarded” viscoplastic medium along an inclined plane under the influence of gravity are modeled, taking into account the effect of slippage along a solid wall. The boundary of the flow zone at the stages of development and attenuation of the flow is not known in advance and is determined in the process of solving the problem. The angle of inclination is chosen in such a way that, over time, the so-called “slip” effect along the solid wall appears. The problem is posed within the framework of the five-parameter Slibar-Paslay model, which makes it possible to take into account the difference in the behavior of the material under loading and unloading. The possible “slip” of the material along the solid wall is taken into account using a model of a smooth transition from sticking to slipping similar to the hypothesis of prof. N.P. Petrov for a viscous liquid. The solution of the problem is constructed using the Galerkin projection method using orthogonal Chebyshev polynomials of the first kind as the basis functions.

Keywords: unsteady flow, mathematical and computer modeling, non-Newtonian fluids, viscoplastic materials, multiphase flows, wall slip effect.

Аннотация. В статье моделируются этапы нестационарного течения «запаздывающей» вязкопластичной среды по наклонной плоскости под воздействием силы тяжести с учетом эффекта проскальзывания вдоль твердой стенки. Граница зоны течения на этапах развития и затухания течения заранее неизвестна и определяется в процессе решения задачи. Угол наклона выбирается таким образом, чтобы с течением времени проявился так называемый эффект «проскальзывания» вдоль твердой стенки. Задача ставится в рамках пятипараметрической модели Слибара — Паслая, позволяющей учесть различие в поведении материала при нагружении и разгрузке. Возможное «проскальзывание» материала вдоль твердой стенки учитывается с помощью модели плавного перехода от прилипания к проскальзыванию аналогичной гипотезе проф. Н.П. Петрова для вязкой жидкости. Решение задачи строится с помощью проекционного метода Галеркина с использованием в качестве базисных функций ортогональных полиномов Чебышёва первого рода.

Ключевые слова: нестационарное течение, математическое и компьютерное моделирование, неньютоновские жидкости, вязкопластические материалы, многофазные течения, эффект «пристенного скольжения».

Введение

Поведение вязкопластичных сред значительно отличается от обычных ньютоновских жидкостей, что обусловлено их сложной внутренней структурой и характеризуется изменяющимися фазовыми состояниями. Течение развивается постепенно при достижении определенного внутреннего касатель-

ного напряжения, ниже которого материал испытывает лишь упругие деформации и ведет себя как твердое тело. При исследовании нестационарных течений возникают определенные математические трудности, так как область течения отсутствует в начальный момент и приходится решать начально-краевые задачи с возникновением области начального существования фазы в особую точку.

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20–31–90040

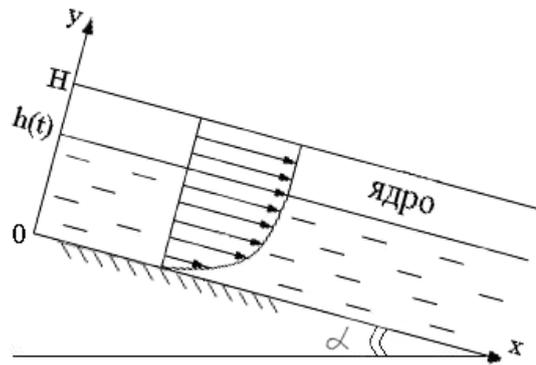


Рис. 2. Схема течения по наклонной плоскости

Существует еще ряд особенностей в реодинамике таких сред. Это различия в поведении материала при разрушении внутренней структуры на этапе развития течения и восстановлении структуры на этапе затухания течения, которые проходят при различных пределах текучести, также аномальное поведение у твердых стенок, заключающееся в резком изменении сопротивления материала при определенных скоростях движения. Это явление получило название эффекта «пристенного скольжения».

При воздействии на вязкопластичную среду немотонной нагрузкой, можно выделить несколько характерных временных этапов её поведения: разрушение структуры без «пристенного скольжения», разрушение структуры со скольжением, переходный этап со скольжением, переходный этап без скольжения и восстановление структуры материала [1, с. 176].

В данной статье представлены результаты моделирования течения вязкопластичной среды по наклонной плоскости под действием силы тяжести в рамках пятипараметрической модели Слибара — Паслая [2], позволяющей учесть гистерезис деформации материала при нагружении и разгрузке. Для учета возможного проскальзывания вдоль твердой стенки используется гипотеза, аналогичная гипотезе проф. Н.П. Петрова для вязкой жидкости [3]. Решение строится с помощью проекционного метода Галеркина с использованием в качестве базисных функций ортогональных полиномов Чебышёва первого рода [4].

Математическая модель и вычислительные методы

1. Этап разрушения структуры без «проскальзывания»

Пусть слой вязкопластичной среды толщины H находится на горизонтальной плоскости в состоянии по-

кою. В момент $t=0$ плоскость была наклонена на угол α к горизонту. Область течения развивается постепенно при достижении касательным напряжением статического предела текучести и граница этой области заранее неизвестна. Течение считается плоскопараллельным. Направим ось Ox вдоль плоскости, а ось Oy перпендикулярно потоку, как показано на рисунке 1 [5, с. 137].

Реологическая модель Слибара — Паслая для случая чистого сдвига имеет вид:

$$\begin{aligned} & \text{Нагружение} \\ \tau - \tau_d &= \eta \left| \frac{\partial V}{\partial n} \right| \text{sign} \frac{\partial V}{\partial n} \quad \text{при } \tau > \tau_s \\ & 0 = \frac{\partial V}{\partial n} \quad \text{при } \tau \leq \tau_s \\ & \text{Разгрузка} \\ \tau - \tau_d &= \eta \left| \frac{\partial V}{\partial n} \right| \text{sign} \frac{\partial V}{\partial n} \quad \text{при } \tau > \tau_d \\ & 0 = \frac{\partial V}{\partial n} \quad \text{при } \tau \leq \tau_d \end{aligned} \tag{1}$$

где τ_s — статический предел текучести, τ_d — динамический предел текучести, η — структурная вязкость, V — скорость, n — нормаль к направлению скорости.

Величина угла наклона плоскости выбирается такой, чтобы с течением времени появился эффект «проскальзывания». Согласно гипотезе Н.П. Петрова для вязкой жидкости, сопротивление на твердой стенке падает и материал начинает проскальзывать вдоль неё при достижении касательным напряжением некоторого критического значения τ^* . Скорость скольжения предлагается считать пропорциональной разнице между фактическим и критическим напряжениями

$$\begin{aligned} \tau - \tau^* &= \lambda |V_{fluid} - V_{wall}|, \quad \tau > \tau^* \\ V_{fluid} &= V_{wall}, \quad \tau \leq \tau^* \end{aligned} \tag{2}$$

коэффициент λ можно условно назвать коэффициентом «внешнего» трения вязкопластичной среды о твердую стенку. Для данной задачи соотношение между параметрами в рамках пятипараметрической модели будет следующим: $g\rho Hs\sin\alpha > \tau^* > \tau_s > \tau_d$.

Для единственной компоненты скорости краевая задача имеет вид:

$$\frac{\partial V_x(y,t)}{\partial t} = \nu \frac{\partial^2 V_x(y,t)}{\partial y^2} + g \sin \alpha, \quad 0 < y < h(t), \quad 0 < t \leq T_1 \quad (3)$$

$$V_x(y,0) = 0, \quad h(0) = 0 \quad (4)$$

$$V_x(0,t) = \begin{cases} 0, & 0 < t \leq T^* \\ (\tau(0,t) - \tau^*) / \lambda, & T^* < t \leq T_1 \end{cases} \quad (5)$$

$$\left(\frac{\partial V_x}{\partial y} \right)_{y \rightarrow h(t)-0} = \frac{\tau_s - \tau_d}{\eta} \quad (6)$$

$$V_x|_{y \rightarrow h(t)-0} = U(t), \quad \text{где } \frac{dU(t)}{dt} = g \sin \alpha - \frac{\tau_s}{(H - h(t))\rho} \quad (7)$$

$$\text{где } \nu = \frac{\eta}{\rho}$$

аналог кинематической вязкости, $U(t)$ — скорость ядра течения. Вводя новые переменные по формулам:

$$z = Hy / h(t), \quad V_x(y,t) = V_x(z,t) \quad (8)$$

получим краевую задачу в области с постоянными границами $0 < z < H, 0 < t < T_1$.

$$\frac{\partial V_x(z,t)}{\partial t} = \frac{\nu H^2}{h^2(t)} \frac{\partial^2 V_x(z,t)}{\partial z^2} + z \frac{h'(t)}{h(t)} \frac{\partial V_x(z,t)}{\partial z} + g \sin \alpha \quad (10)$$

$$V_x(z,0) = 0, \quad h(0) = 0 \quad (11)$$

$$V_x(0,t) = \begin{cases} 0, & 0 < t \leq T^* \\ (\tau(0,t) - \tau^*) / \lambda, & T^* < t \leq T_1 \end{cases} \quad (12)$$

$$\left(\frac{\partial V}{\partial z} \right)_{z=H} = \frac{h(t)}{H} \frac{\tau_s - \tau_d}{\eta} \quad (13)$$

$$\left(\frac{\partial V}{\partial z} \right)_{z=0} = \frac{h(t)}{H} \frac{\tau(0,t) - \tau_d}{\eta} \quad (14)$$

Из (10) при $z = H$ и (7) после замены переменных следует:

$$\frac{\nu H^2}{h(t)} \frac{\partial^2 V_x(H,t)}{\partial z^2} + H h'(t) \frac{\partial V_x(H,t)}{\partial z} = - \frac{\tau_s h(t)}{\rho(H - h(t))} \quad (15)$$

Построение решения

Начально-краевая задача (3) — (7) в области с неизвестной подвижной границей принадлежит к классу не вполне корректных задач, т.к. в начальный момент область течения отсутствует. Как следствие, требование отсутствия особенностей решения начально-краевой задачи (10) — (15) при $t \rightarrow +0$ приводит к асимптотическому представлению

$$h(t) = At + \bar{o}(t), \quad V(z,t) = Bzt + B_1 z t^2 \left(1 - \frac{z}{2H} \right) + \bar{o}(t),$$

$$t \rightarrow 0$$

$$A = \frac{\eta}{\tau_s - \tau_d} \left[g \sin \alpha - \frac{\tau_s}{\rho H} \right], \quad B = \frac{1}{H} \left[g \sin \alpha - \frac{\tau_s}{\rho H} \right],$$

$$B_1 = \frac{A^2 g \sin \alpha}{\nu H} \quad (16)$$

Представим функцию $V_x(z, t)$ в виде ряда по ортогональным полиномам Чебышёва:

$$V(z,t) \approx \sum_{n=0}^{N+2} V_n(t) T_n \left(2 \frac{z}{H} - 1 \right), \quad T_n(\cdot) = \cos(\arccos(\cdot))$$

$$T_n(z) = \cos(n \arccos z) \quad (17)$$

Представим (10) в виде:

$$\mathbb{F}[V] = - \frac{\partial V_x(z,t)}{\partial t} + \frac{\nu H^2}{h^2(t)} \frac{\partial^2 V_x(z,t)}{\partial z^2} + z \frac{h'(t)}{h(t)} \frac{\partial V_x(z,t)}{\partial z} + g \sin \alpha = 0 \quad (18)$$

из (12) и (17) выбирая сначала условие прилипания, следует

$$\sum_{n=0}^{N+2} (-1)^n V_n(t) = 0, \quad 0 < t \leq T^* \quad (19)$$

из (13) и (17)

$$\sum_{n=1}^{N+2} n^2 V_n(t) = \frac{h(t)}{2} \frac{\tau_s - \tau_d}{\eta} \quad (20)$$

из (15) и (17)

$$\begin{aligned} & \frac{4\nu}{3h(t)} \sum_{n=2}^{N+2} n^2 (n^2 - 1) V_n(t) = \\ & = -2h'(t) \sum_{n=1}^{N+2} n^2 V_n(t) - \frac{\tau_s h(t)}{\rho(H - h(t))} \end{aligned} \quad (21)$$

Для того, чтобы приближенно выполнить уравнение (17), требуем:

$$\int_0^H \mathbb{F}[V] T_n \left(2 \frac{z}{H} - 1 \right) dz = 0, \quad n = \overline{0, N} \quad (22)$$

$$A_{n,m}^{(0)} = \int_{-1}^1 T_n(x) T_m(x) dx$$

$$A_{n,m}^{(k)} = \int_{-1}^1 T_n(x) T_m^{(k)}(x) dx \quad (23)$$

$$-\frac{4\nu}{h(t)} \sum_{m=0}^{N+2} A_{n,m}^{(2)} V_m(t) + h(t) \sum_{m=0}^{N+2} A_{n,m}^{(0)} V_m'(t) -$$

$$-h'(t) \sum_{m=0}^{N+2} \left(A_{n,m}^{(1)} + \frac{1}{2} (A_{n+1,m}^{(1)} + A_{n-1,m}^{(1)}) \right) V_m(t) -$$

$$-h(t) g \sin \alpha = 0 \quad (24)$$

(19), (20), (24) представляет собой записанную в не-явной форме систему обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка. Приведение её к нормальной форме Коши

$$Y' = F(t, Y), \quad Y = (V_0, V_1, \dots, V_N, h)^T \quad (25)$$

и нахождение величины Y' по известным в текущий момент времени t величинам Y выполняется в следующей последовательности.

Из (19) и (20) находим V_{N+1} и V_{N+2} по V_0, V_1, \dots, V_N и h , из (21) находим $h'(t)$. Далее продифференцируем (19) и (20) по t .

$$\sum_{n=0}^{N+2} (-1)^n V_n'(t) = 0, \quad 0 < t \leq T^* \quad (26)$$

$$\sum_{n=0}^{N+2} n^2 V_n'(t) = \frac{h'(t)}{2} \frac{\tau_s - \tau_d}{\eta} \quad (27)$$

Уравнения (24), (26) и (27) представляют собой систему линейных алгебраических уравнений относительно $V_1, \dots, V_N, V_{N+1}, V_{N+2}$. Начальные условия для системы обыкновенных дифференциальных уравнений (19), (20), (24) следуют из асимптотического представления (16) при $t=t_0, 0 < t_0 < < 1$.

2. Этап разрушения структуры с «проскальзыванием»

На этом этапе при достижении касательным напряжением критического значения τ^* в момент времени T^* меняется условие на твердой стенке $z=0$. Из (12) и рео-

логического уравнения (14) уравнение (19) заменяется на

$$\sum_{n=0}^{N+2} (-1)^n V_n(t) \left(1 + \frac{2\eta}{\lambda h(t)} n^2 \right) = \frac{\tau_d - \tau^*}{\lambda} \quad (28)$$

Уравнение (26) заменяется на

$$\sum_{n=0}^{N+2} (-1)^n V_n'(t) \left(1 + \frac{2\eta}{\lambda h(t)} n^2 \right) =$$

$$= \frac{2\eta h'(t)}{h^2(t) \lambda} \sum_{n=1}^{N+2} (-1)^n n^2 V_n(t) \quad (29)$$

Со временем процесс стабилизируется и течение асимптотически приближается к установившемуся. Граница зоны течения находится из соотношения

$$h_0 = H - \frac{\tau_s}{g \rho \sin \alpha} \quad (30)$$

Распределение скоростей для стационарного режима легко находится и имеет вид

$$V(z) = \frac{(2H^2 - h_0 z) h_0 g \rho z \sin \alpha}{2H^2 \eta} - \frac{\tau_d h_0 z}{H \eta} + \frac{\tau(0) - \tau^*}{\lambda} \quad (31)$$

3. Переходный этап с «проскальзыванием»

Пусть теперь в момент времени T_1 угол наклона плоскости уменьшается $\beta < \alpha$. Для того чтобы течение материала со временем прекратилось соотношение между параметрами выбирается следующим: $H g \rho \sin \beta \leq \tau_d$. С этого момента начнется нестационарный переходный процесс, при котором напряжение на границе раздела фаз h_0 будет уменьшаться с τ_s до τ_d , граница зоны течения на этом этапе постоянна. Если напряжение на твердой стенке $z=0$ к моменту времени T_1 превышает критическое напряжение τ^* , то либо весь переходный этап проходит с «проскальзыванием», либо в момент $\tau(0, T_2) = \tau^*$ начнется переходный этап без проскальзывания.

Для построения единого решения на всех этапах, снова необходимо сделать замену переменных

$$z = \frac{Hy}{h_0}$$

Получим краевую задачу в области $0 < z < H, T_1 < t < T_2$. С начальными условиями (30), (31).

$$\frac{\partial V_x(z,t)}{\partial t} = \frac{\nu H^2}{h_0^2} \frac{\partial^2 V_x(z,t)}{\partial z^2} + g \sin \beta \quad (32)$$

$$V_x(0,t) = (\tau(0,t) - \tau^*) / \lambda, \quad T_1 < t \leq T_2 \quad (33)$$

$$\left(\frac{\partial V}{\partial z}\right)_{z=H} = \frac{h_0}{H} \frac{\tau(H,t) - \tau_d}{\eta} \quad (34)$$

$$\left(\frac{\partial V}{\partial z}\right)_{z=0} = \frac{h_0}{H} \frac{\tau(0,t) - \tau_d}{\eta} \quad (35)$$

Из (33) и (35)

$$\lambda V_x(0,t) = \frac{\eta H}{h_0} \frac{\partial V_x(0,t)}{\partial z} + \tau_d - \tau^* \quad (36)$$

По теореме импульсов

$$V_x(H,t) = V_x(H,T_1) + g(t - T_1) \sin \beta - \frac{1}{\rho(H - h_0)} \int_{T_1}^t \tau(H, \xi) d\xi \quad (37)$$

Обозначим:

$$\Phi(t) = \int_{T_1}^t \tau(H, \xi) d\xi, \quad \Phi(T_1) = 0 \quad (38)$$

Представим (32) в виде:

$$\mathbb{F}[V] = -\frac{\partial V_x(z,t)}{\partial t} + \frac{\nu H^2}{h_0^2} \frac{\partial^2 V_x(z,t)}{\partial z^2} + g \sin \beta \quad (39)$$

Из (17) и (36)

$$\sum_{n=0}^{N+2} (-1)^n V_n(t) \left(\lambda + \frac{2\eta}{h_0} n^2\right) = \tau_d - \tau^* \quad (40)$$

Из (17) и (37)

$$\sum_{n=0}^{N+2} V_n(t) = V_n(H, T_1) + g(t - T_1) \sin \beta - \frac{\Phi(t)}{\rho(H - h_0)} \quad (41)$$

$$\Phi'(t) = \tau(H, t) = \tau_d + \frac{\eta H}{h_0} \frac{\partial V_x(H, t)}{\partial z} \quad (42)$$

Из (17) и (42)

$$\Phi'(t) = \frac{2\eta}{h_0} \sum_{n=0}^{N+2} n^2 V_n(t) + \tau_d \quad (43)$$

Из (22), (23) и (39)

$$\sum_{m=0}^{N+2} A_{n,m}^{(0)} V_m'(t) - \frac{4\nu}{h_0^2} \sum_{m=0}^{N+2} A_{n,m}^{(2)} V_m(t) + g \sin \beta = 0 \quad (44)$$

(40), (41), (44) система ОДУ в неявной форме первого порядка. Из (40) и (41) находим V_{N+1} и V_{N+2} по V_0, V_1, \dots, V_N и Φ , из (43) находим $\Phi'(t)$. Далее продифференцируем (40) и (41) по t .

$$\sum_{n=0}^{N+2} (-1)^n V_n'(t) \left(\lambda + \frac{2\eta}{h_0} n^2\right) = 0 \quad (45)$$

$$\sum_{n=0}^{N+2} V_n'(t) = g \sin \beta - \frac{\Phi'(t)}{\rho(H - h_0)} \quad (46)$$

Уравнения (44)–(46) представляют собой систему линейных алгебраических уравнений относительно $V_1, \dots, V_N, V_{N+1}, V_{N+2}$ начальными условиями для системы обыкновенных дифференциальных уравнений (40), (41), (44) являются условия (31), (38).

4. Переходный этап без «проскальзывания»

Если в момент T_2 касательное напряжение на твердой стенке $z=0$ уменьшается до значения τ^* , то условие «проскальзывания» заменяется условием прилипания.

Тогда условия (33) и (37) заменяются на

$$V_x(0,t) = 0, \quad T_2 < t \leq T_3 \quad (47)$$

$$V_x(H,t) = V_x(H, T_2) + g(t - T_2) \sin \beta - \frac{1}{\rho(H - h_0)} \int_{T_2}^t \tau(H, \xi) d\xi \quad (48)$$

$$\Phi(t) = \int_{T_2}^t \tau(H, \xi) d\xi, \quad \Phi(T_2) = 0 \quad (49)$$

(40), (41) заменяются на

$$\sum_{n=0}^{N+2} (-1)^n V_n(t) = 0 \quad (50)$$

$$\sum_{n=0}^{N+2} V_n(t) = V_n(H, T_2) + g(t - T_2) \sin \beta - \frac{\Phi(t)}{\rho(H - h_0)} \quad (51)$$

(45) меняется на

$$\sum_{n=0}^{N+2} (-1)^n V_n'(t) = 0 \quad (52)$$

Изменение границы при развитии и затухании течения

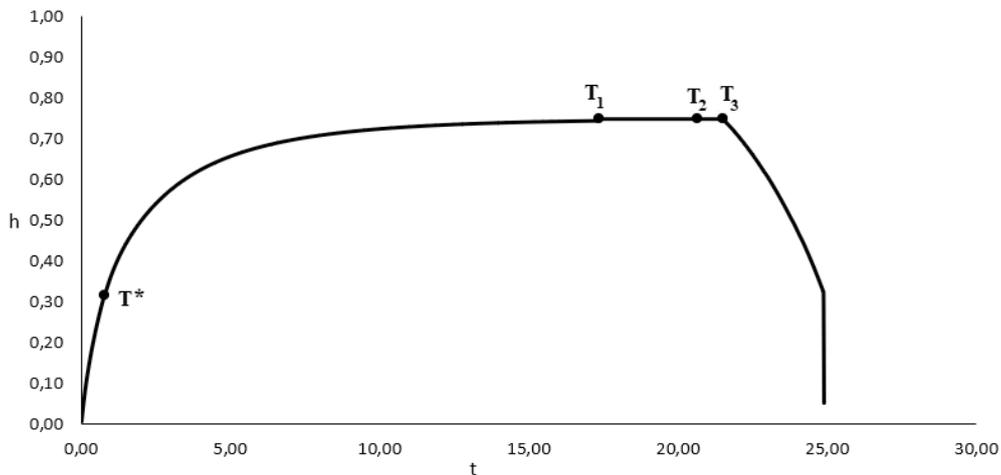


Рис. 2. Изменение границы зоны течения

Как только напряжение на границе раздела фаз h_0 уменьшится до τ_d начнется этап восстановления структуры материала, и граница зоны течения снова станет подвижной.

5. Этап восстановления структуры без «проскальзывания»

На этом этапе получаем краевую задачу в области $0 < z < H, t > T_3$. С начальным условием (30) для подвижной границы раздела фаз, и распределением скоростей, сложившимся к началу данного этапа.

$$\frac{\partial V_x(z,t)}{\partial t} = \frac{vH^2}{h^2(t)} \frac{\partial^2 V_x(z,t)}{\partial z^2} + z \frac{h'(t)}{h(t)} \frac{\partial V_x(z,t)}{\partial z} + g \sin \beta \quad (53)$$

$$V_x(z, T_3) = V^{T_3}(z, T_3), \quad h(T_3) = h_0 \quad (54)$$

$$V(0, t) = 0, \quad t > T \quad (55)$$

$$\left(\frac{\partial V}{\partial z} \right)_{z=H} = 0 \quad (56)$$

$$V_x(H, t) = U(t), \quad \text{где } \frac{dU}{dt} = g \sin \beta - \frac{\tau_d}{(H-h(t))\rho} \quad (57)$$

Для нахождения $h'(t)$ выполняются следующие шаги.

Из (53) при $z = H$ и (57) следует:

$$\frac{\partial^2 V_x(H, t)}{\partial z^2} = - \left(\frac{h(t)}{H} \right)^2 \frac{\tau_d}{\eta(H-h(t))} \quad (56)$$

Продифференцировав (56) по времени, получим:

$$\frac{\partial^3 V_x(z, t)}{\partial z^2 \partial t} = - \frac{\tau_d}{\eta H^2} \frac{h(t)h'(2H-h(t))}{(H-h(t))^2} \quad (57)$$

Продифференцировав (53) дважды по z , получим:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^3 V_x(z, t)}{\partial z^2 \partial t} &= v \left(\frac{H}{h(t)} \right)^2 \frac{\partial^4 V_x(z, t)}{\partial z^4} + \\ &+ \frac{h'(t)}{h(t)} \left(H \frac{\partial^3 V_x(z, t)}{\partial z^3} - 2 \left(\frac{h(t)}{H} \right)^2 \frac{\tau_d}{\eta(H-h(t))} \right) \end{aligned} \quad (58)$$

Приравняв (57) и (58) получим выражение для $h'(t)$.

$$\begin{aligned} h'(t) &= -v \left(\frac{H}{h(t)} \right)^4 \frac{\partial^4 V_x(z, t)}{\partial z^4} \left(\frac{\tau_d}{\eta(H-h(t))^2} + \right. \\ &\left. + \left(\frac{H}{h} \right)^3 \frac{\partial^3 V_x(z, t)}{\partial z^3} \right)^{-1} \end{aligned} \quad (59)$$

Из (17) и (55)

$$\sum_{n=0}^{N+2} (-1)^n V_n(t) = 0 \quad (60)$$

Из (17) и (56)

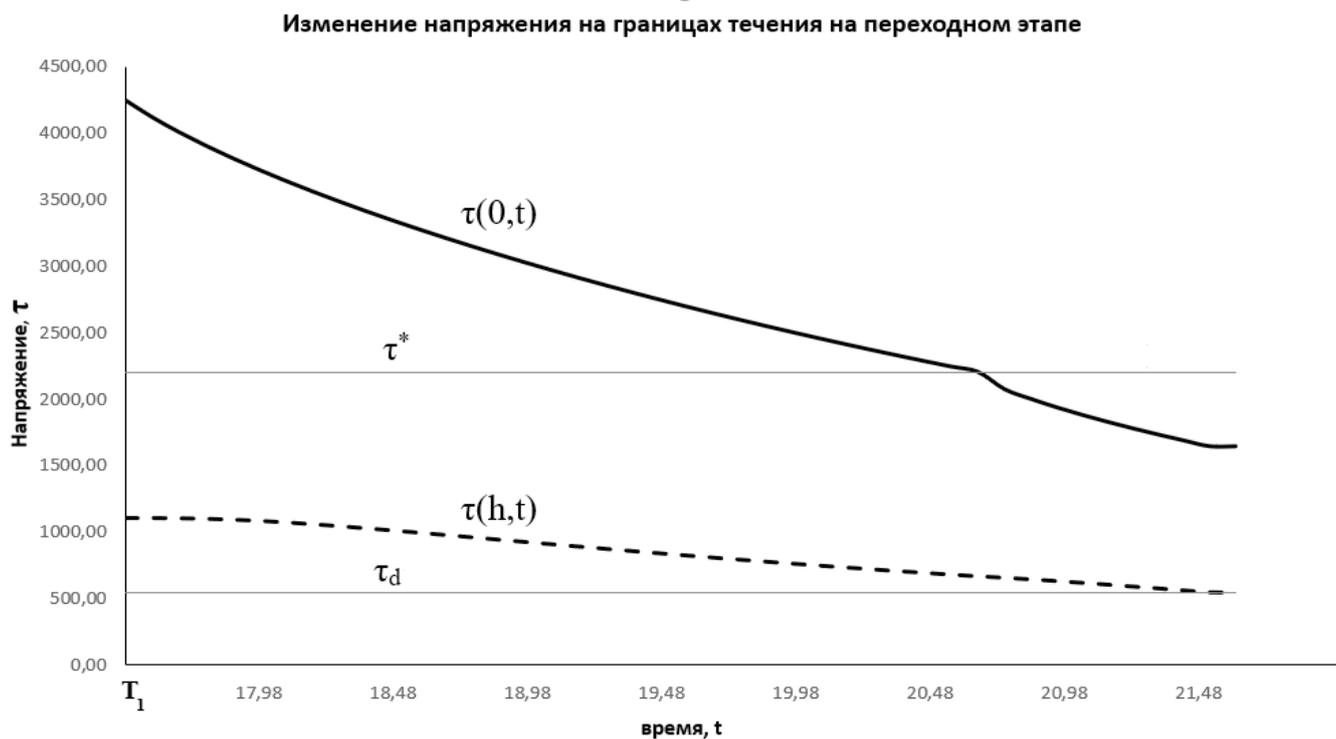


Рис. 3. Изменение границы зоны течения



Рис. 4. Профиль скорости

$$\sum_{n=0}^{N+2} n^2 V_n(t) = 0 \tag{61}$$

Представим (53) в виде:

$$\mathbb{F}[V] = -\frac{\partial V_x(z,t)}{\partial t} + \frac{\nu H^2}{h^2(t)} \frac{\partial^2 V_x(z,t)}{\partial z^2} + z \frac{h'(t)}{h(t)} \frac{\partial V_x(z,t)}{\partial z} + g \sin \beta = 0 \tag{62}$$

Из (22), (23) и (62)

$$\sum_{m=0}^{N+2} A_{n,m}^{(0)} V_m'(t) - \frac{4\nu}{h^2(t)} \sum_{m=0}^{N+2} A_{n,m}^{(2)} V_m(t) - \frac{h'(t)}{h(t)} \sum_{m=0}^{N+2} \left(A_{n,m}^{(1)} + \frac{1}{2} (A_{n+1,m}^{(1)} + A_{n-1,m}^{(1)}) \right) V_m(t) - g \sin \beta = 0 \tag{63}$$

(60), (61), (63) система ОДУ в неявной форме первого порядка. Из (60) и (61) находим V_{N+1} и V_{N+2} по V_0, V_1, \dots, V_N и h , из (59) находим $h'(t)$. Далее продифференцируем (60) и (61) по t .

$$\sum_{n=0}^{N+2} (-1)^n V_n'(t) = 0 \tag{64}$$

$$\sum_{n=1}^{N+2} n^2 V_n'(t) = 0 \tag{65}$$

Уравнения (63)–(65) представляют собой систему линейных алгебраических уравнений относительно $V_1, \dots, V_N, V_{N+1}, V_{N+2}$.

**Результаты
численного
моделирования**

Моделирование течения вязкопластичной среды по наклонной плоскости проводится со следующими параметрами $\tau_d = 0.5\tau_s$, $\tau_s = 0.5\tau^*$, $\rho = 900$, $\eta = 128$, $H = 1$, $\lambda = 500$, $\sin \alpha = 0.5$, $\sin \beta = 0.05$.

На рисунке 2 показано изменение границы зоны течения на всех этапах течения. В момент T^* начинается проскальзывание вдоль твердой стенки и скорость роста зоны течения замедляется, в момент T_1 процесс стабилизируется, угол наклона уменьшается и начинается переходный процесс, сначала с «проскальзыванием» до момента T_2 , а затем без «проскальзывания». В момент T_3 начинается восстановления материала.

На рисунке 3 показано изменение напряжения на границах области течения на переходном этапе начинающимся с момента T_1 . Сначала прекращается «проскальзывание» вдоль твердой стенки, а затем, когда напряжение на границе раздела фаз достигает значения τ_d начинается этап восстановления структуры.

На рисунке 4 показан профиль скорости. В момент $T^* = 0,77$ происходит отрыв от твердой стенки, скорость в точке $z=0$ начинает расти, в момент $T_1 = 17,37$ угол наклона уменьшается и скорость начинает падать, в момент $T_2 = 20,67$ происходит прилипание к твердой стенке, скорость в точке $z = 0$ равна нулю.

Заключение

Компьютерное моделирование в задачах с подвижной границей раздела фаз течения вязкопластических сред, можно эффективно реализовывать, предварительно отобразив область с подвижной границей на область с неподвижной границей и дискретизировав преобразованную начально-краевую задачу по независимой пространственной переменной на основе проекционного метода Бубнова-Галеркина с использованием в качестве базисных функций смещенных ортогональных полиномов Чебышева 1-го рода. Затем выполняя численное интегрирование полученной задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений. При этом в математических моделях развития течений корректная постановка начальных условий для соответствующих начально-краевых задач обеспечивается предварительным применением методов асимптотического интегрирования. Данный метод позволяет моделировать динамику поля скоростей среды и движение границы раздела, а также находить моменты времени, соответствующие началу и окончанию проскальзывания среды вдоль твердой стенки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сафрончик А.И. Неуставившиеся течения вязкопластичной среды с учетом пристенного скольжения и «запаздывания» восстановления структуры // Математика. Механика: сб. научных трудов. — Вып. 2. — Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2000. — С. 174–177.
2. Slibar A., Paslay P.R. Retarded Flow of Bingham Materials // J. of Appl.Mech. — 1959 March. — P. 107–112.

3. Петров Н.П. Гидродинамическая теория смазки // Сб. под редакцией проф. Лейбензона Л.С. ГТТИЗ — М., 1934. — С. 245.
4. Флетчер К. Численные методы на основе метода Галёркина/ К. Флетчер. М.: Мир, 1988. 352 с.
5. Сафрончик М.И. Развитие течения вязкопластичной среды по наклонной плоскости // Математика. Механика: сб. научных трудов. — Вып. 11. — Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2009. — С. 136–140.

© Сафрончик Мария Ильинична (safronchikmi@yandex.ru), Андрейченко Дмитрий Константинович (kr_andreichenko@renet.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Саратов

ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ МАССИВОВ ДАННЫХ ПЕРЕМЕННОЙ ДЛИНЫ В ОПЕРАТИВНОЙ ПАМЯТИ ЭВМ

THE PROBLEM OF OPTIMIZING THE PERFORMANCE OF PLACEMENT OF VARIABLE-LENGTH DATA ARRAYS IN COMPUTER RAM

**M. Tomaev
A. Sanakoev**

Summary. A method is proposed for optimizing the performance of computer RAM allocation in software systems for which the sizes of information arrays change with equal probability in known intervals. A formulation and an effective algorithm for solving the problem are proposed.

Keywords: program, memory, system, model, performance, efficiency, optimization, algorithm, array.

Томаев Мурат Хасанбекович

Кандидат технических наук, доцент
Северо-кавказский государственный горно-
металлургического институт (государственный
технологический университет)
Владикавказ
tmxwork@mail.ru

Санакоев Алибек Викторович

Магистрант
Северо-кавказский государственный горно-
металлургического институт (государственный
технологический университет)
Владикавказ
sanakoev.alibek@gmail.com

Аннотация. Предлагается метод оптимизации производительности выделения оперативной памяти ЭВМ в программных системах, для которых размеры информационных массивов равновероятно меняются в известных интервалах. Описываются формулировка и эффективный алгоритм решения задачи.

Ключевые слова: программа, память, система, модель, производительность, эффективность, оптимизация, алгоритм, массив.

1. Введение

В прикладных программных алгоритмах, характеризующихся требовательностью к объему доступной оперативной памяти [1,2], эффективное управление размещением данных может дать значительный прирост производительности. Одним из способов улучшить производительность прикладного кода [3] может стать перемещение массивов данных в область памяти с более низкими накладными расходами. Чаще всего для размещения данных используют динамическую память, которая склонна к дефрагментации. Один из способов перемещения из динамической кучи в статическую память демонстрируются в следующих двух листингах исходного кода на языке C++:

Листинг 1.

Размещение массива в динамической куче

```
double *arr = new double [RequiredSize];
```

Листинг 2. Альтернативный код, позволяющий размещать данные статической (глобальной области) памяти, если заданный лимит «ReservedSize» не превышен

```
static double staticbuffer_for_arr[ReservedSize];  
double *arr = (RequiredSize > ReservedSize?  
new double[RequiredSize]: staticbuffer_for_arr);
```

В случае использования оптимизации, описанной в Листинге 2, освобождение блока, занятого массивом, также требует изменений:

Листинг 3.

Модифицированный код освобождения

```
if (staticbuffer_for_arr!= arr) delete [] arr;
```

Очевидно, что использование вспомогательных статических массивов, подобных «staticbuffer_for_arr»,

расширит размер постоянной области ОП, требуемый приложению при запуске. Так как оперативная память является очень ценным ресурсом, то актуальным является задача его оптимального распределения с целью достижения наилучшего качества кода. Применительно к данному методу в критерий качества [4,5] формулируется как суммарное время выделения динамических блоков памяти.

В следующей главе предлагается способ распределения постоянной памяти для программных алгоритмов с предсказуемыми интервалами равновероятного изменения размера динамических массивов при известной верхней границе доступного объема оперативной памяти.

2. Формальная постановка задачи

2.1. Обозначения

Пусть для каждого динамического массива прикладного алгоритма известны диапазон изменения размера $[A_i, B_i]$ (причем любое значение в пределах этого интервала — величина равновероятная), а также статистически достоверное количество операций резервирования памяти C_i (данную величину можно заменить нормированной величиной относительной частоты). Тогда суммарное среднее время выделения памяти в динамической куче для всех массивов будет равно:

$$F_1 = \sum_{i=1}^N C_i \left(\frac{A_i + B_i}{2} \right) / s \quad (1)$$

где

s — среднее скорость резервирования динамической памяти.

Использование оптимизационного подхода изменит нижнюю границу интервала обращений к динамической памяти — она станет равна размеру вспомогательного статического массива x_i , таким образом второй множитель

$$\left(\frac{A_i + B_i}{2} \right)$$

выражения (1), представляющий собой средний размер используемых динамических блоков памяти, в этом случае примет вид:

$$\left(\frac{x_i + B_i}{2} \right) \quad (2)$$

Аналогично, уменьшение исходного интервала с $[A_i, B_i]$ на $[ReservedSize, B_i]$ приведет к пропорцио-

нальному изменению количества обращений к менеджеру динамической памяти, т.е. первый множитель C_i выражения (1) изменится на:

$$C_i \frac{B_i - x_i}{B_i - A_i} \quad (3)$$

Окончательно, с учетом известного лимита доступной (верхней границы) оперативной памяти V , задачу оптимального распределения статической памяти между динамическими массивами можно представить в виде следующей непрерывной оптимизационной модели (4):

$$\begin{cases} F_2 = \sum_{i=1}^N \left(C_i \frac{B_i - x_i}{B_i - A_i} \right) \frac{B_i + x_i}{2s} \rightarrow \min; \\ \sum_{i=1}^N ReservedSize_i \leq V; \\ ReservedSize_i = \text{signum}(x_i - A_i)x_i; \\ \forall_i: A_i \leq x_i \leq B_i. \end{cases} \quad (4)$$

Здесь

V — значение верхней границы оперативной памяти, доступной для оптимизации;

$ReservedSize_i$ — уточненное значение размера вспомогательного статического массива, используемого для размещения i -го массива данных.

Введение дополнительного обозначения $ReservedSize_i$ потребовалось для «отсечения» случая, когда размер вспомогательного массива x_i выбирается равным нижней границе A_i .

Введя два вспомогательных обозначения (5) и (6):

$$D = \sum_{i=1}^N C_i \frac{B_i^2}{2s(B_i - A_i)} \quad (5)$$

$$g_i = \frac{C_i}{2s(B_i - A_i)} \quad (6)$$

Можно представить задачу (1) в новом виде (7), более наглядно представляющем влияние отдельных составляющих выражения целевой функции на её значение:

$$\begin{cases} F_3 = D - \sum_{i=1}^N g_i x_i^2 \rightarrow \min; \\ \sum_{i=1}^N ReservedSize_i \leq V; \\ ReservedSize_i = \text{signum}(x_i - A_i)x_i; \\ \forall_i: A_i \leq x_i \leq B_i. \end{cases} \quad (7)$$

Результатом преобразований (5), (6), (7) явилось выделение неизвестной x_i в составе множителя x_i^2 . Учитывая характер выражений целевой функций и ограничения, очевидно, что решением задачи (7) является последовательное распределение между массивами объема доступной оперативной памяти V в порядке

убывания коэффициента g_i . Следует отметить, что скорость выделения динамической памяти «s», используемая в выражениях (5), (6) не оказывает влияние на выбор оптимальных значений $ReservedSize_i$, поэтому её можно принять равной единице. Полученный в результате массив элементов $ReservedSize_i$ содержит значение вспомогательного статического массива, который рекомендуется к использованию для i -го массива — в этом случае к массиву можно применить оптимизацию, описанную в *Листинге 2* предыдущего раздела. Значение $ReservedSize_i$, равное нулю, означает рекомендацию не использовать оптимизацию для i -го массива, т.е. код следует оставить в исходном виде (*Листинг 1*).

3. Заключение

Актуальность подхода к формулировке частной задачи оптимизации производительности, предложенного в работе, заключается в отходе от попыток определения точных оценок загруженности того или иного участка кода, в пользу интервального подхода, когда задается достоверный диапазон изменения нагрузки — такой метод позволяет более точно описывать характер большинства программных систем. Важным результатом является наглядная демонстрация непрерывного характера задачи и быстрый алгоритм решения. Использование результатов работы возможно в составе оптимизирующих трансляторов либо автоматизированных систем проектирования ПО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гроппен В.О., Томаев М.Х. Модели, алгоритмы и средства программной поддержки проектирования оптимальных программных продуктов. Автоматика и телемеханика. ИПУ РАН. г. Москва, 2000, вып. 11., стр. 175–184.
2. Томаев М.Х., Губиев Д.А. Средства автоматизации оптимизационных преобразований исходных кодов программных систем. Электронный научный журнал: Программные продукты системы и алгоритмы, 3 выпуск, 2018., <http://swsys-web.ru/ru/means-of-automation-of-transformations-of-source-codes-of-program-systems.html>.
3. Босиков И.И., Томаев М.Х., Гамиди А.О. Формализация метода кэширования функций произвольного числа переменных. Наука и бизнес: пути развития № 11(101) 2019, с. 75.
4. Томаев М.Х. Использование оптимизационных моделей «экстремального программирования» в проектировании ПО. Выбор оптимальной стратегии макрозамен. ИТ-технологии: теория и практика. Материалы семинара. Владикавказ, 2017, стр. 39–55.
5. Томаев М.Х., Миронян Р.А. Формализации метода статического кэширования функций. Материалы международной научно-технической конференции «ИТ-технологии: развитие и приложения». Владикавказ, 2019, с. 45.

© Томаев Мурат Хасанбекович (tmxwork@mail.ru), Санакоев Алибек Викторович (sanakoev.alibek@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НОВЫЙ МЕТОД ДИАГНОСТИКИ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОГО ОПИСАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛИСТЬЕВ И НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПРЯМОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ

A NEW METHOD FOR DIAGNOSTICS OF PLANT DISEASES BASED ON DIGITAL DESCRIPTION OF LEAF IMAGES AND FORWARD PROPAGATION NEURAL

V. Tutygin
O. Prokofiev

Summary. A new approach to building a software system for diagnosing plant diseases from leaf images based on digital descriptions of leaf images in the form of sets of Haralik parameters in the form of png images for each of the color components of leaf images and a feed-forward neural network. The task of preprocessing is to prepare a data set (leaf images) by normalizing the sizes and generating digital descriptions as input to the neural network. This is achieved by using GLCM and calculating a set of 4 Haralik parameters that reflect the features of the image texture and at the same time have a much lower dimension. In this regard, convolution operations in the structure of the neural network are excluded, which significantly reduces the time spent on training the neural network and diagnostics. Real images of leaves for all plant diseases are used to train the neural network. The large amount of initial data required for training is created using randomization.

Keywords: Photo image normalization, GLCM — matrix, Haralik parameters, digital descriptions of leaf images, feed-forward neural network.

Тутыгин Владимир Семёнович

К.т.н., доцент

Санкт-Петербургский политехнический
университет
Санкт-Петербург

Прокофьев Олег Валерьевич

Старший преподаватель

Санкт-Петербургский политехнический
университет
Санкт-Петербург
vs4141@mail.ru

Аннотация. Новый подход к построению программной системы диагностики заболеваний растений по изображениям листьев на основе цифровых описаний изображений листьев в виде наборов параметров Харалика в виде изображений в формате png для каждой из цветовых составляющих изображений листьев и нейронной сети прямого распространения. Задача предварительной обработки заключается в подготовке набора данных (изображений листьев) путем нормализации размеров и создания цифровых описаний в качестве входных данных нейронной сети. Это достигается с помощью GLCM и расчета 4-х параметров Харалика, которые отражают особенности текстуры изображения и в то же время имеют значительно меньшую размерность. В связи с этим исключаются операции свертки в структуре нейронной сети, что значительно сокращает время, затрачиваемое на обучение нейронной сети и диагностику. Для обучения нейронной сети используются реальные изображения листьев для всех болезней растений. Массив исходных данных большого объема, необходимый для обучения, создается с помощью рандомизации.

Ключевые слова: Нормализация фотоизображений, GLCM — матрица, параметры Харалика, цифровые описания изображений листьев, нейронная сеть прямого распространения.

Введение

Цифровой фитомониторинг, который начинает реализовываться в настоящее время в России и во всем мире, требует создания технических и программных средств для автоматизации процессов сбора данных о состоянии посевов в разные фазы роста с помощью беспилотных летательных аппаратов и смартфонов, проведения диагностики заболеваний, в том числе с использованием нейронных сетей. Примеры подходов к решению задачи распознавания состояния растений по изображениям листьев многочисленны [1–14]. Следует выделить две основные труд-

ности при построении систем распознавания: большой объем базы данных классифицированных изображений (dataset) для обучения нейронной сети; а также значительное время на обучение сети и диагностику состояния растений.

Для диагностики заболеваний растений по изображениям листьев с помощью нейронной сети обычно используется числовое описание цвета (например, RGB — изображение, преобразованное в оттенки серого Grayscale). Размер исходного изображения листа пшеницы должен быть не менее 300x100 пикселей (определено в результате обработки большого коли-

чества реальных изображений листьев, при меньшем размере теряются характерные признаки болезней растений), количество градаций яркости в «простых» цифровых фотоаппаратах — 256. Отсюда следует, что цифровое описание одного изображения составляет $300 \times 100 = 30000$ байт.

У каждого сельскохозяйственного растения, например, пшеницы или соевых бобов, количество возможных заболеваний около 15 [15,16]. Для обучения нейронной сети с N возможных заболеваний требуется собрать в базу данных не менее $1000 \times N$ изображений листьев. Очевидно, что эта задача выполнима только в том случае, если она будет решаться в национальном или глобальном масштабе, но даже в этом случае на это уйдет несколько лет.

Рассмотрим основные известные подходы к решению задачи диагностики заболеваний растений по изображениям листьев.

Ananthi S., Varthini S.V [1] предложили программное решение для автоматического обнаружения и расчета текстурной статистики болезней листьев растений. Разработанная схема обработки состоит из четырех основных этапов: сначала создается структура преобразования цвета для входного RGB-изображения, затем зеленые пиксели маскируются и удаляются с использованием определенного порогового значения, затем изображение сегментируется и извлекаются полезные сегменты, наконец, вычисляется статистика текстуры (контраст, энергия, локальная однородность, оттенок кластера, заметность кластера). По статистике текстуры оценивают наличие болезней на листе растения. Экспериментальные результаты на базе данных около 500 листьев растений 30 различных растений подтверждают надежность предложенного подхода.

Kaushal G., Bala R [2] предложили преобразовать входное изображение в шкалу серого, чтобы применить алгоритм GLCM для извлечения признаков, который будет извлекать текстурные признаки, такие как энергия, энтропия и т.д. Эти входные признаки используются для обнаружения болезней растений. Алгоритм кластеризации k-mean используется для сегментации входных изображений. Классификатор SVM применяется в существующем алгоритме, который будет классифицировать входное изображение на два класса. Для повышения производительности существующего алгоритма классификатор SVM заменен классификацией KNN. Это приводит к повышению точности обнаружения заболеваний, а также к классификации данных по нескольким классам. Таким образом, обнаружение болезней растений требовало трех основных этапов, а именно: выделения признаков, сегментации и клас-

сификации. В существующей методике алгоритм GLCM используется для извлечения текстурных признаков, кластеризация k-mean применяется к входным изображениям сегментов. Классификатор SVM заменен классификатором KNN в предлагаемой работе для классификации данных по нескольким классам, производительность предложенного алгоритма проверена с точки зрения точности и частоты ложных срабатываний с увеличением до 10 процентов по сравнению с существующим методом.

Dhaware C.G., Wanjale K.H. [3]. Предлагаемый подход состоит из четырех основных этапов: получение изображений листьев растений, предварительная обработка изображений, сегментация изображений, извлечение признаков и классификация изображений по различным классам заболеваний. Первичный этап предварительной обработки заключается в изменении размера заданного входного изображения. Начальный размер изображения велик, что занимает больше времени обработки. Таким образом, каждое изображение конвертируется в размеры 512×512 , чтобы избежать значительного времени на проведение диагностики. Следующим этапом является преобразование RGB в HSV. После этого применяются методы сегментации. Сегментация изображения применяется для вычитания фона. Для вычитания фона в основном используются два основных метода: кластерный и цветовой. В предлагаемой системе использовалось кластерное вычитание. При кластерном вычитании фона обнаруживаются связанные элементы изображения. Огромная часть изображения сохраняется, а другая часть удаляется. Метод выделения признаков позволяет извлекать свойства изображения, что может способствовать точной классификации. Для анализа используются корреляция, энергия, однородность и т.д. В предлагаемой статье метод опорных векторов (SVM) используется для классификации изображений. SVM — это контролируемый метод обучения, который обычно применяется для распознавания образов и классификации.

Mahajan V., Dhumale N.R. [4]. В данной статье представлен алгоритм метода сегментации изображений, который используется для автоматического обнаружения и классификации болезней листьев растений. Сегментация изображения использует генетический алгоритм. Он использует нечеткую логику для обнаружения болезней растений. Параметрами являются асимметрия, среднее значение извлечения и отклонение извлечения. Берется тестовое изображение и сравнивается с изображением из базы данных, а затем вычисляется несходство с извлеченными параметрами. Система использует метод Оцу для целей сегментации. Используемые параметры извлечения признаков: среднее значение, стандартное отклоне-

ние, энтропия, стандартное отклонение извлечения, эксцесс извлечения, асимметрия. Система обеспечивает более высокую точность по сравнению с методами, использовавшимися в прошлом. Используя нечеткую логику, он дает точность 88% для обнаружения болезней листьев. Тестируется 57 изображений листьев 3 болезней.

Ashish P., Tanuja P. [5]. Здесь изображение первого листа захватывается и загружается в систему, где это изображение сравнивается с другим изображением, хранящимся в базе данных. Сравнение происходит с помощью алгоритма, который называется алгоритмом гистограммы на основе контента. Для выявления болезней листьев используется обработка изображений. Обработка изображения состоит из извлечения цвета, а затем сравнивается пораженная область. Система помогает принять первоначальные меры предосторожности. Если не позаботиться о надлежащем уходе, это повлияет на качество, количество и, наконец, на производительность. Сегментация выполняется с использованием метода кластеризации К-средних. После того, как изображение сегментировано с помощью метода кластеризации К-средних, значение зеленых пикселей листа маскируется, а затем удаляются эти пиксели с зелеными масками и получается пороговое значение объекта по методу Оцу. Изображениям RGB присваивается нулевое значение для преобразования метода совпадения цветов. В этом методе происходит распределение значений сопутствующих пикселей при заданном смещении, а характеристики листьев извлекаются и сравниваются с соответствующими значениями характеристик, хранящимися в библиотеке. Сегментация выполняется с использованием метода кластеризации К-средних. К-средние классифицируют объекты (пиксели) на основе набора признаков в k-ом. классов. Классификация осуществляется с помощью суммы квадратов расстояний между объектами.

SahayaMerlin M., Thayanandeswari. [6]. В этой статье описан метод выявления и классификации болезней листьев. Сегментация пораженной части выполняется с использованием сегментации К-средних. Затем извлекаются особенности текстуры GLCM и выполняется классификация с использованием SVM. Метод апробирован для выявления болезней листьев цитрусовых.

Несколько других систем распознавания рассматривались в [7–12].

Тутыгин В.С., Басим А.-В. [13, 14] предложили использовать нечеткую логику и расширенный набор ключевых текстурных признаков Харалика в диагностике болезней растений по изображениям листьев.

Заметим, что системы [1–12] позволяют распознавать вид болезни растений при числе болезней не более 5, системы [13–14] способны распознавать до 15 видов болезней растений.

В данной работе предлагается новый, более эффективный метод диагностики болезней растений по изображениям листьев растений, основанный на трехмерных цифровых описаниях изображений листьев растений в виде наборов параметров Харалика в форме изображений в формате png для каждой из цветочных составляющих изображения листьев растений и выполнение классификации с помощью нейронной сети прямого распространения.

В качестве цифрового описания изображения листа растения предлагается использовать набор от 4 до 14 параметров Харалика [17, 18] для нескольких, например, 6 или 8 цветовых компонентов изображения, преобразованных в оттенки серого (Grayscale). Возможные значения параметров Харалика в формате вещественных чисел находятся в диапазоне от 0 до 1, в целочисленном формате — в диапазоне от 0 до 255. Таким образом, общее описание одного изображения будет $(4 \dots 14) * 6 = 24 \dots 84$ байта, что меньше, чем при использовании традиционного подхода, в $1250 \dots 357$ раз. Традиционно 6 цветовых компонент на основе RGB изображения формируются как R, G, B, RG, RB, GB. Мы предлагаем использовать набор из 6 реальных цифровых компонентов: brown, yellow, pale brown, pale gray, almost black, green, типичных для изображений листьев пшеницы с признаками болезней.

Компоненты реальных цветов вычисляются на основе исходных компонентов RGB изображений по формулам:

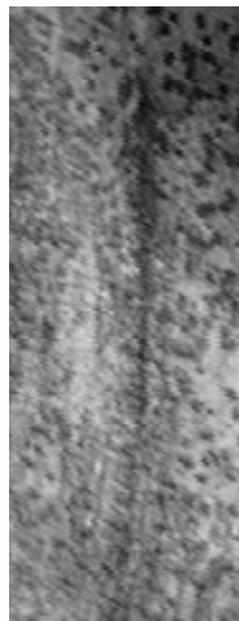
```
fR = rgb_image(:, :, 1);
fG = rgb_image(:, :, 2);
fB = rgb_image(:, :, 3);
Cj = (r_coef * (1 - abs(fR * 256 - mask_j(1))) /
max(mask_j(1), 255 - mask_j(1))) +
(g_coef * (1 - abs(fG * 256 - mask_j(2))) /
max(mask_j(2), 255 - mask_j(2))) +
(b_coef * (1 - abs(fB * 256 - mask_j(3))) /
max(mask_j(3), 255 - mask_j(3))),
```

где Cj, j=1,6, результирующая j-тая цветовая компонента;

```
mask_1=[132 74 54];%brown;
mask_2=[245 228 183];%yellow;
mask_3=[182 146 82];%pale brown;
mask_4=[284 208 193];%pale gray;
mask_5=[56 46 34];%almost black;
```



а



б

Рис. 1. Исходное (А) и нормализованное (В) изображения.

```
mask_6=[0 255 0];%green;
r_coef=0.3;
g_coef=0.59;
b_coef=0.1.
```

Коэффициенты r_coef , g_coef , b_coef подобраны исходя из того, чтобы получить соответствующие цветовые оттенки.

Для первоначального обучения нейронной сети предлагается сформировать набор данных на основе небольших (около 20) реальных изображений листьев, затем усреднить полученные параметры Харалика и добавить случайные нормально распределенные значения с доверительным интервалом, определенным при в процессе обучения нейронной сети по условию достижения заданного уровня правильного диагноза. Используя рандомизацию, можно получить любое количество, например, 1000 различных цифровых описаний для каждой болезни. После этого нейронная сеть будет готова к решению диагностической задачи. Можно дополнять набор и проводить переобучение в процессе работы. Для достижения наилучшего результата распознавания болезней и сокращения времени, затрачиваемого на обучение и диагностику, предлагается предварительно выполнить нормализацию изображения (см. Пример на рис. 1).

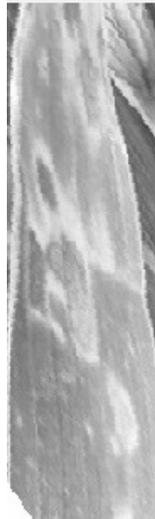
Кроме того, при обучении и классификации изображений с помощью нейронной сети предлагается использовать не сами изображения, а их цифровые

описания для каждой цветовой компоненты. На рис. 2 и 3 показаны примеры нормализованных изображений пшеницы и их цифровых описаний, представленных в виде трехмерных графиков, для одной из цветковых компонент изображений

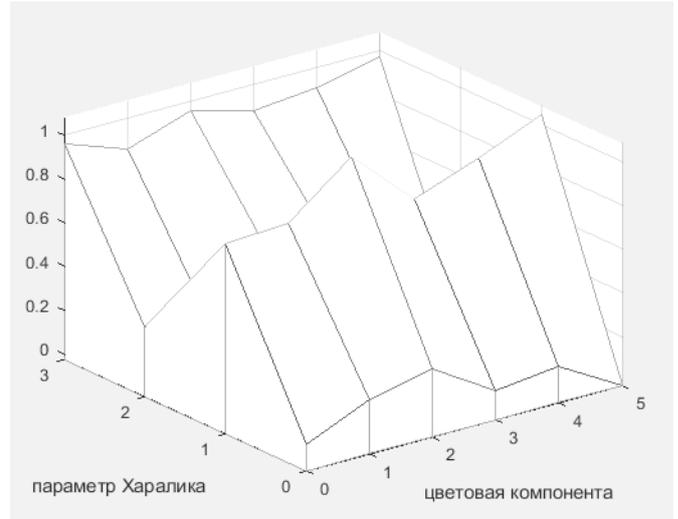
2.1. Моделирование процесса обучения нейронной сети для диагностики болезней растений на основе базового цифрового описания изображений листьев и рандомизации

Нейронная сеть может использоваться для создания системы распознавания болезней растений на основе цифровых описаний.

Чтобы смоделировать процесс обучения, вам необходимо создать набор данных для обучения по принципу, описанному выше. Для этого используются типовые изображения листьев с признаками различных заболеваний, взятые, например, из энциклопедии или справочника [15, 16] или, что лучше, множество, например, 20–40 изображений листьев для каждой болезни. Далее они нормализуются, производится разделение изображений на цветовые компоненты, преобразование цветковых компонентов в полутоновые, формирование матриц GLCM [17] и рассчитываются значения параметров Харалика для всех цветковых компонентов и всех болезней. Если использовалось не одно, а множество изображений для каждой болезни, значения параметров Харалика усредняются. Первые 4 параметра Харалика [17, 18]:



а

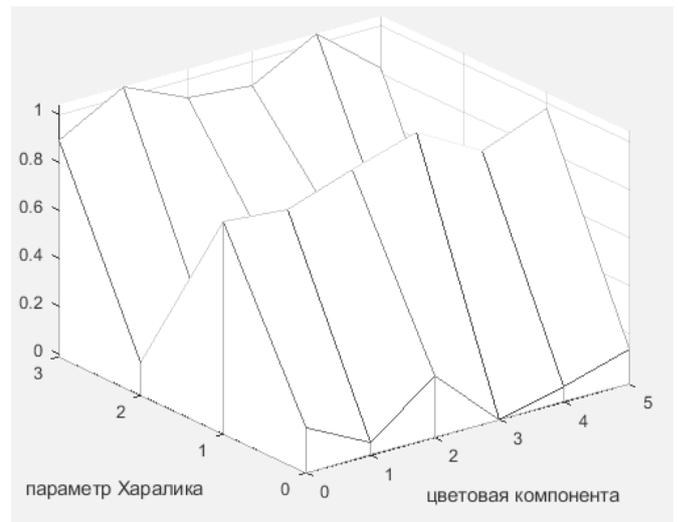


б

Рис. 2. Нормализованное изображение листа пшеницы, пораженного болезнью 1, и его цифровое описание в виде трехмерного графика.



а



б

Рис. 3. Нормализованное изображение листа пшеницы, пораженного болезнью 2, и его цифровое описание в виде трехмерного графика.

1) contrast:

$$CN = \frac{1}{(G-1)^2} \sum_{u=0}^{G-1} \sum_{v=1}^{G-1} |u-v|^2 p(u,v);$$

2) correlation

$$CR = \frac{1}{2} \sum_{u=0}^{G-1} \sum_{v=0}^{G-1} \frac{(u-\mu_u)(v-\mu_v)}{\sigma_u^2 \sigma_v^2} p(u,v) + 1;$$

3) energy

$$EN = \sum_{u=0}^{G-1} \sum_{v=0}^{G-1} p(u,v)^2;$$

4) homogeneity

$$HM = \sum_{u=0}^{G-1} \frac{p(u,v)}{1+|u-v|};$$

Таблица 1. Пример матрицы базовых цифровых описаний

	1	2	3	4	5	6
C1con	0,5776	0,1806	0,5259	0,1290	0,2438	0,1963
C1cor	0,6764	0,9462	0,8966	0,9605	0,8891	0,9449
C1en	0,1512	0,1808	0,1141	0,2101	0,2743	0,1659
C1hom	0,7996	0,9128	0,8151	0,9395	0,8930	0,9098
C2con	0,4999	0,1479	0,3784	0,1179	0,2660	0,1672
C2cor	0,6592	0,9469	0,9164	0,9480	0,9346	0,9366
C2en	0,1758	0,2342	0,1307	0,2562	0,1477	0,2284
C2hom	0,8079	0,9272	0,8485	0,9528	0,8780	0,9280
C3con	0,5982	0,1906	0,4516	0,1264	0,3548	0,2196
C3cor	0,5329	0,9095	0,8304	0,9237	0,9117	0,9108
C3en	0,2066	0,2545	0,1667	0,3327	0,1544	0,2159
C3hom	0,7929	0,9096	0,8277	0,9491	0,8484	0,9092
C4con	0,5137	0,1548	0,3867	0,1127	0,2707	0,1761
C4cor	0,6676	0,9441	0,8889	0,9252	0,9319	0,9238
C4en	0,1651	0,2380	0,1430	0,3408	0,1505	0,2871
C4hom	0,8043	0,9239	0,8380	0,9555	0,8760	0,9236
C5con	0,5730	0,1607	0,4828	0,1191	0,2768	0,1800
C5cor	0,6660	0,9494	0,9174	0,9533	0,9319	0,9399
C5en	0,1521	0,2093	0,0874	0,2239	0,1530	0,1919
C5hom	0,7901	0,9216	0,8165	0,9470	0,8762	0,9181
C6con	0,1381	0,0332	0,0200	0,0262	0,0442	0,0191
C6cor	0,7267	0,9073	0,6337	0,8329	0,8801	0,8694
C6en	0,4007	0,6540	0,9070	0,7869	0,5825	0,8193
C6hom	0,9310	0,9834	0,9900	0,9869	0,9779	0,9904

где u, v — координаты матрицы смежности, G — количество уровней серого, μ_u, μ_v, σ_u и σ_v — средние значения и стандартные отклонения строки u и столбца v матрицы.

В результате формируется матрица базового цифрового описания изображений листьев, например, такая, как показано в таблице 1.

Набор данных, большого объема, содержащий, например, 1000 цифровых описаний и необходимый для обучения нейронной сети предлагается создавать на основе данных, содержащихся в матрице базового цифрового описания, и рандомизации, т.е. добавления случайных нормально распределенных значений со значением стандартного отклонения, которое гарантирует правильное распознавание с требуемым уровнем достоверности.

Наборы данных для обучения и проверки формируются по такому же принципу.

2.2. Классификация цифровых описаний изображений листьев с помощью нейронной сети прямого распространения

Для решения задачи идентификации болезни по изображениям листьев растений ранее мы использовали [19] классический подход, основанный на использовании сверточной нейронной сети в практической реализации на Python. [20–23]. Мы выбрали свёрточную нейронную сеть именно потому, что она позволяет нам распознавать визуальные признаки болезни, независимо от того, где они расположены на листе растения. Для этого изображения поступают на вход нейронной сети не в виде одномерного массива, как это было бы с другими типами нейронных сетей, а в виде матрицы пикселей. Такие же матрицы будут получены после свёрточного слоя: они все равно будут иметь пространственную структуру, соответствующую исходному изображению.

Смысл использования свертки в сверточной нейронной сети заключается в извлечении характерных

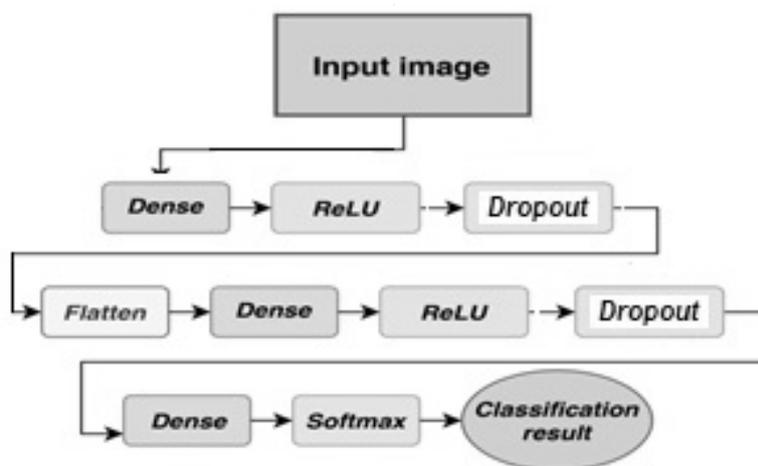


Рис. 4. Структура нейронной сети прямого распространения.

особенностей изображения с одновременным уменьшением его размерности. В описанном в данной статье методе задача классификации — диагностика заболеваний растений по изображениям листьев с помощью нейронной сети прямого распространения решается иначе. Перед обращением к нейронной сети решается задача выявления визуальных признаков болезни на изображениях, инвариантных относительно их расположения на листьях растений. Одновременно решается задача уменьшения размерности цифрового описания изображений. Это достигается за счет использования матрицы GLCM, о которой говорилось выше, и ее описания в форме набора параметров Харалика, которые отражают характерные черты изображения и, в то же время, имеют значительно меньшую размерность. В связи с этим операции свертки в структуре нейронной сети не требуются и вместо сверточной нейронной сети можно использовать более простую нейронную сеть прямого распространения (рис. 4)

Здесь Input image — цифровые описания изображений листьев в виде наборов параметров Харалика для всех цветовых составляющих, приведенные в полутоновые и представленные в виде трехмерных изображений в формате.png

Вторая особенность предлагаемого решения состоит в том, что для обеспечения заданной достоверности полученных результатов диагностики для распознавания предъявляется цифровое описание не одного целевого изображения, а результата усреднения M цифровых описаний. Требуемое количество усреднений M рассчитывается на основе известного выражения для доверительного интервала математического ожидания как

$$M = \frac{D_1^2}{D_2^2},$$

где D_1 — доверительный интервал дисперсии параметров Харалика для целевых изображений, D_2 — доверительный интервал допустимой дисперсии параметров Харалика, обеспечивающий правильное распознавание с заданным уровнем достоверности.

Оценка эффективности системы диагностики болезней листьев растений с помощью нейронной сети проводилась на модельных данных, содержащих 150 цифровых описаний для каждой из 6 болезней пшеницы. Центры распределения значений параметра Харалика рассчитывались для реальных изображений листьев пшеницы. Набор исходных данных для обучения был создан путем добавления нормально распределенной случайной величины со стандартным отклонением 0,048. Полученный набор цифровых описаний в виде изображений в формате.png был размещен в трех массивах: для обучения, валидации и тестирования в соотношении 100: 20: 30 для каждого заболевания. Количество правильных результатов диагностики по данным в массиве, предназначенном для тестирования, составило 97%.

Заключение

1. Необходимым условием корректного распознавания болезней пшеницы с доверительной вероятностью более 0,95 при значительном количестве (до 15) заболеваний является использование параметров Харалика: Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity матрицы GLCM для цвето-

- вых компонентов. brown, yellow, pale brown, pale gray, almost black, green изображений листьев, нормализация изображений при создании цифровых описаний, нормализация и усреднение параметров целевых изображений, усредненные параметры целевых нормализованных изображений листьев с математическими ожиданиями параметров Харалика для каждой болезни составляют базовое описание болезней.
2. Лучшим инструментом для классификации цифровых описаний нормализованных изображений листьев является нейронная сеть прямого распространения.
 3. Набор данных для обучения нейронной сети предлагается создавать на основе усредненных цифровых описаний изображений листьев с признаками всех болезней и применения рандомизации.
 4. Использование цифровых описаний нормализованных изображений вместо целевых нормализованных изображений позволяет значительно сократить время, затрачиваемое на обучение нейронной сети и выполнение диагностики.
 5. При распознавании целевых изображений для повышения надежности распознавания типа болезни растений необходимо представлять усредненное цифровое описание M-изображений вместо цифровых описаний одного целевого изображения.
 6. Достоверность результатов диагностики может быть повышена при расширении списка параметров Харалика эталонного описания или увеличении количества усредненных значений параметров Харалика целевых нормированных фотоизображений листьев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ananthi S., Varthini S.V. Detection and classification of plant leaf diseases // International Journal of Research in Engineering and Applied Sciences. 2012. № 2(2). С. 763–773.
2. Kaushal G., Bala R. GLCM and KNN based Algorithm for Plant Disease Detection // International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Information Technology. 2017. № 2(1). С. 1–5.
3. Dhaware C.G., Wanjale K.H. A modern approach for plant leaf disease classification which depends on leaf image processing // 2017 International Conference on Computer Communication and Informatics, ICCCI 2017. 2017. С. 5–8. DOI:10.1109/ICCCI.2017.8117733.
4. Mahajan V., Dhumble N.R. Leaf Disease Detection Using Fuzzy Logic // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 2018. № 6(7). С. 6801–6807. DOI:10.15680/IJRSET.2018.0706067.
5. Ashish P., Tanuja P. Survey on Detection and Classification of Plant Leaf Disease in Agriculture Environment // International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology National. 2017. № 4(4). С. 137–139. DOI:10.17148/iarjset/nciarcse.2017.40.
6. SahayaMerlin M., Thayanandeswari. A novel approach to classify and detect bean diseases based on image processing // ISCAIE2018–2018 IEEE Symposium on Computer Applications and Industrial Electronics. 2018. № 2(2). С. 297–302. DOI:10.1109/ISCAIE.2018.8405488.
7. Jose J., Jayachandran H., George A.S., Jiya S., Pratap A. Haritham: a plant disease identification system // International Journal of Information Systems and Computer Sciences. 2019. № 2(8). С. 18–21.
8. Phadikar S., Sil J., Das A.K. Rice diseases classification using feature selection and rule generation techniques // Computers and Electronics in Agriculture. 2013. (90). С. 76–85. DOI: 10.1016/j.compag.2012.11.001.
9. Shen W., Wu Y., Chen Z., Wei H. Grading method of leaf spot disease based on image processing // Proceedings — International Conference on Computer Science and Software Engineering, CSSE2008. 2008. (6). С. 491–494. DOI:10.1109/CSSE.2008.1649.
10. Zhang S., Zhang C. Orthogonal locally discriminant projection for classification of plant leaf diseases // Proceedings — 9th International Conference on Computational Intelligence and Security, CIS2013. 2013. С. 241–245. DOI:10.1109/CIS.2013.57.
11. Rastogi A., Arora R., Sharma S. Leaf disease detection and grading using computer vision technology & fuzzy logic // 2nd International Conference on Signal Processing and Integrated Networks, SPIN2015. 2015. С. 500–505. DOI:10.1109/SPIN.2015.7095350.
12. Bagde S., Patil S., Patil S., Patil P. Artificial Neural Network Based Plant Leaf Disease Detection // International Journal of Computer Science and Mobile Computing. 2015. № 4(4). С. 900–905.
13. Tutygin V.S., Basim A.-W., Leliuhin D.O. The use of an extended set of key texture features haralick in the diagnosis of plant diseases on leaf images / Vibroengineering PROCEDIA, Vol.25, 39th International JVE Conference in St. Petersburg, Russia, June 25–26, 2019, pp. 122–127
14. Tutygin V.S., Basim A.-W. Plant disease recognition based on multi-dimensional features of leaf RGB images // International Scientific Conference “Telecommunications, Computing and Control” (TELECCON-2019) in St. Petersburg, Russia, 18–19 November 2019
15. Proceedings of International Scientific Conference on Telecommunications, Computing and Control. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 220. Springer, Singapore.
16. М.Койшибаев. Болезни пшеницы. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО), Анкара, 2018. 365с.
17. Йорданка Станчева. Атлас болезней сельскохозяйственных культур. Т. 3., Болезни полевых культур. София — Москва, Изд. ПЕНСОФТ, 2003г
18. Haralick R.M., Dinstein I., Shanmugam K. Textural Features for Image Classification // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. 1973. № 6(SMC-3). С. 610–621. DOI:10.1109/TSMC.1973.4309314.
19. Haralick R.M. Statistical and structural approaches to texture // Proceedings of the IEEE. 1979. № 5(67). С. 786–804. DOI:10.1109/PROC.1979.11328.

20. Тутыгин В.С., Басим Аль-Винди, Рябцев И.А. Система распознавания болезней растений на основе нечёткой логики и нейронных сетей // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки». № 3, 2019. с. 107–115
21. Николенко С.Н., Кадурич А.А., Архангельская Е.В. Глубокое обучение. Санкт-Петербург, Питер, 2018. 480 с. ISBN:978–5–496–02536–2.
22. Gulli A., Sujit P. Deep Learning with Keras. Moscow: DMK, 2018. 294 с. ISBN:978–5–97060–573
23. Basim Al-Windi, Vladimir Tutygin, Oleg Prokofiev, Sergey Molodyakov. A new approach for diagnosing plant diseases based on 3D digital descriptions of leaf images and neural network 2nd International Conference Cyber-Physical Systems and Control St. Petersburg, Russia • 29 June –2 July 2021.
24. Франсуа Шолле. Глубокое обучение на Python. — СПб.: Питер, 2018. 400 с.: ISBN978–5–4461–0770–4
25. K.K. Thyagarajan¹, I. Kiruba Raji A Review of Visual Descriptors and Classification Techniques Used in Leaf Species Identification. Archives of Computational Methods in Engineering (2019) 26:933–960/ <https://doi.org/10.1007/s11831–018–9266–3>

© Тутыгин Владимир Семёнович, Прокофьев Олег Валерьевич (vs4141@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ JAVA И KOTLIN

COMPARATIVE ANALYSIS OF APPLICATION EFFECTIVENESS OF THE PROGRAMMING LANGUAGES JAVA AND KOTLIN

L. Cherkesova
E. Revyakina
I. Yengibaryan
A. Revyakin

Summary. This article provides the overview and comparative analysis of Java and Kotlin programming languages developed by Oracle and JetBrains companies accordingly. Well known, that Kotlin language is considered as the successor of Java language, and is currently the face of the Android Company. The authors studied the features of languages, methods of code writing, additional development tools and features of the device of languages, the knowledge of which is necessary for the developer when designing the architecture of software applications, as well as understanding the requirements for the system being developed in the process of its implementation. Due to the fact that new network technologies are emerging every day, the development in programming language should provide for the possibility of using third-party tools for the developing of modern software, especially in our time, when domestic specialists in the field of IT technologies face the task of import substitution of software products. Using these tools will make the programmer's work more efficient, simplify and improve many processes. In order to keep up with the times, it is necessary to study quickly and implement more modern, flexible in configuration and easy-to-use developer tools in practical development. Such tools include third-party services that are an integral part of the whole project, without the use of which it is impossible to use this or that functionality. Such solutions should be convenient both for the programmer developing the software product and for users who will encounter it in practice.

Keywords: virtual machine, programming languages, manageability, development.

Черкесова Лариса Владимировна

Д.ф.-м.н
Донской Государственный Технический
Университет
chia2002@inbox.ru

Ревякина Елена Александровна

К.т.н
Донской Государственный Технический
Университет
revyelena@yandex.ru

Енгибарян Ирина Алешаевна

К.т.н
Донской Государственный Технический
Университет
eirina@live.ru

Ревякин Александр Иванович

Донской Государственный Технический
Университет
pianonafromhell@gmail.com

Аннотация. В предлагаемой статье выполнены обзор и сравнительный анализ языков программирования Java и Kotlin, разработанных компаниями Oracle и JetBrains. Как известно, язык Kotlin считается наследником языка Java, и в настоящее время является лицом компании Android. Авторами изучены особенности языков, методы написания кода, дополнительные инструменты разработки и особенности устройства языков, знания которых необходимы разработчику при проектировании архитектуры программных приложений, а также понимания требований к разрабатываемой системе в процессе её реализации. Ввиду того, что с каждым днём появляются всё новые сетевые технологии, разработка на языке программирования должна предусматривать возможность использования сторонних инструментов разработки современного программного обеспечения, особенно в наше время, когда перед отечественными специалистами в области ИТ-технологий стоит задача импортозамещения программных продуктов. Использование этих инструментов сделает работу программиста более эффективной, упростит и усовершенствует многие процессы. Чтобы не отставать от времени, необходимо быстро изучать и внедрять в практические разработки более современные, гибкие в настройке и лёгкие в эксплуатации средства разработчика. К таким средствам относятся сторонние сервисы, которые являются составной частью целого проекта, без применения которых тот или иной функционал задействовать невозможно. Подобные решения должны быть удобными как для программиста, разрабатывающего программный продукт, так и для пользователей, которые будут с ним сталкиваться на практике.

Ключевые слова: виртуальная машина, языки программирования, управляемость, разработка.

Введение

Повсеместное внедрение цифровых решений в различные сферы жизни общества и производства вызвало стремительное развитие информационных технологий, что упростило выполнения рутинных задач, позволив делегировать большинство простых заданий компьютерным системам предприятий, тем самым предоставив программисту возможность сконцентрироваться на выполнении вычислительных задач, требующих большего внимания со стороны разработчика. Зачастую такие задачи ограничены сроками их выполнения.

Кроме того, современные ИТ-специалисты должны уметь быстро и эффективно изучать основы новых языков программирования, и продолжать так же эффективно изучать их особенности в процессе разработки программных продуктов. Такие языки как JAVA, C#, C++ требуют больше времени на изучение фундаментальных основ языка, в результате чего подготовка программистов, пишущих на этих языках, занимает больше времени, чем подготовка специалистов, занимающихся разработкой на языках Python или JavaScript [1, 2].

Важным критерием быстрой разработки программного кода является его читаемость, которая во многом зависит от понятности синтаксиса. Читаемость кода играет такую же важную роль, как и его управляемость, позволяющая в короткие сроки внести изменения в программный проект, не навредив его основным компонентам. При этом не обязательно, чтобы рефакторинг проводился тем же специалистом, который писал этот код.

Выбор языка программирования зависит от множества факторов [3, 4]: это требования к скорости работы конечного продукта; к объёму занимаемой оперативной памяти; к скорости разработки программы; к кросс-платформенности; к ориентированности — на компьютер или на человека; к скорости внесения изменений, к скорости тестирования и др.

Нужно отметить, что язык программирования — это, в первую очередь, инструмент, с помощью которого решаются те или иные задачи, необходимые для корректной работы конечного продукта. Нужно учитывать скорость выполнения команд языка программирования процессором компьютера. Команды низкоуровневых языков программирования выполняются гораздо быстрее, чем программы, написанные на высокоуровневых языках программирования, синтаксис которых максимально приближен к естественным языкам.

В данной работе была поставлена цель — выполнить сравнительный анализ эффективности примене-

ния одних их самых востребованных сегодня языков программирования Java и Kotlin. Как известно, Kotlin считается наследником и преемником Java, и в настоящее время является лицом компании Android. Оба языка используют виртуальную машину Java (JVM), очень близки по синтаксису и могут использоваться для решения одних и тех же задач. Тем интереснее сравнить их между собой и показать их сильные и слабые стороны, достоинства и недостатки, преимущества и несовершенства при решении одинаковых задач. Сравнительный анализ их эффективности поможет разработчику не ошибиться в выборе.

Материалы и методы исследования

Для того, чтобы выполнить сравнение, необходимо перечислить основные критерии выбора языков программирования [5, 6]:

1. *Определить платформу разработки* — native Unix, native Windows, .Net, JVM. В рамках одной платформы писать различные части ПО на разных языках не представляет сложности.
2. *Ориентироваться на предпочтения или требования заказчика*. Например, заказчик может не использовать в своей информационной инфраструктуре определенные операционные системы такие как Windows, Unix-подобные или MacOS.
3. *Учитывать опыт работы команды разработчиков проекта с определенными информационными технологиями*. Разработку нового проекта лучше проводить на знакомой программной платформе, но с использованием незнакомого стека технологий.
4. *Знать специфику или область применения программного обеспечения* — так, например, для real time важнее всего скорость работы программы реального времени, для приложения, например, на сердечном стимуляторе — надёжность, для веб сайта — скорость разработки.

Кроме того, можно отметить следующие критерии выбора:

1. *Скорость работы конечного продукта*. Требованиями к скорости выполнения могут быть программы с большим объёмом математических вычислений, например, связанные с моделированием физических систем различной природы, с расчётами большого объёма экономических данных, выводением на экран трёхмерной графики, и прочее.
2. *Объём занимаемой оперативной памяти*. Такое требование появляется, когда ПО разрабатывается для встраиваемых систем, мобильных платформ, микроконтроллеров и др. В этих слу-

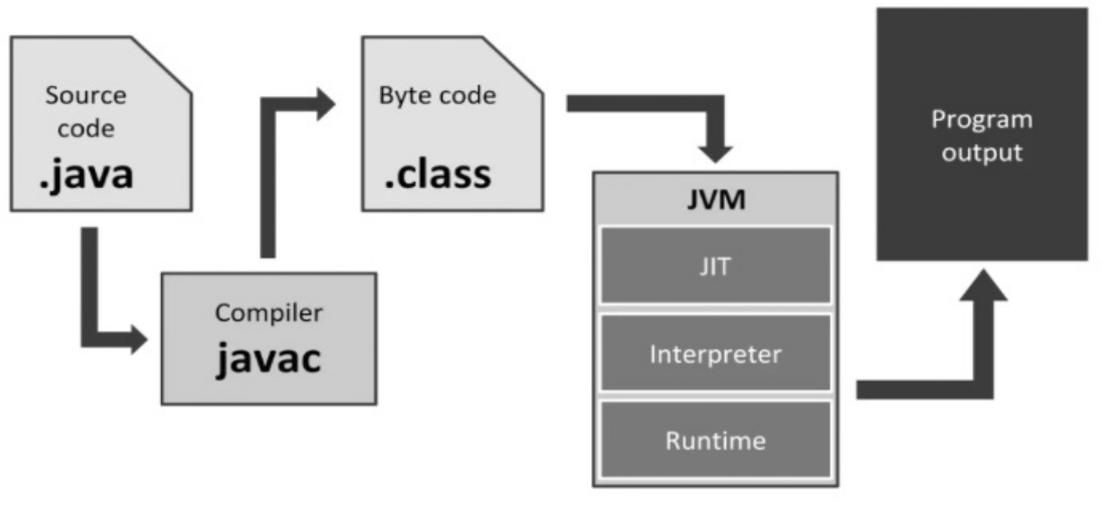


Рис. 1. Компиляция приложения, написанного на Java

чаях, чем меньше памяти расходует программа — тем лучше.

3. *Скорость разработки программного проекта.* Такое требование возникает, когда сроки разработки кода имеют существенные ограничения. Несмотря на это, в условиях стремительного развития рынка, быстрая разработка продукта важна ввиду высокой конкуренции. Значительно превышают показатель скорости разработки языки высокоуровневые, чей синтаксис максимально приближен к естественному языку. Скорость разработки возрастает при использовании готовых программных модулей. Скорость выполнения программ, написанных на таких языках, значительно ниже, чем выполнение программ, написанных на низкоуровневых языках. На рис. 1 представлен алгоритм сборки приложения, написанного на Java [6].
4. *Ориентированность на компьютер или человека.* Программа должна обладать мощным графическим интерфейсом, отвечающим требованиям дизайна. Разработка графической части зачастую требует достаточно много времени, т.к. отличается немалой сложностью. Здесь сложность возникает в том, что вывод графики — это немало математики, а значит присутствуют требования к скорости исполнения, а из-за сложности разработки присутствует необходимость в высокоуровневом языке.
5. *Кроссплатформенность.* Это возможность работы программы на различных платформах и в различных операционных системах с минимальными изменениями. В этой сфере можно выделить такие языки: *Java, C#, Flash, C++* с различными библиотеками, и другие, менее

используемые, языки. Java создавался с тем условием, что программы на данном языке должны работать на любой платформе, где есть *JVM — Java Virtual Machine*. Программы на Java вообще не требуют никаких изменений — после компиляции получается .jar файл, работающий и в операционной системе Windows, и в Mac OS, и в Unix (Linux), и др.

6. *Скорость внесения изменений, скорость тестирования.* Стремительное развитие проекта возможно, благодаря понятному синтаксису языка, простому, удобному и интуитивно понятному для человека. Такими характеристиками отличаются высокоуровневые языки программирования. Как известно, Kotlin является более высокоуровневым языком программирования, чем Java.

Для полного анализа ниже рассмотрим особенности языков программирования Java и Kotlin, их общие и отличительные черты [7]:

- ♦ Java и Kotlin являются языками со статической типизацией, что характеризует их как языки, проверка типов данных в которых выполняется в момент компиляции программы. При этом однозначно назвать Kotlin статически типизированным нельзя. Все же, в сравнении с Java, синтаксис языка позволяет реализовывать динамические конструкции.
- ♦ Оба языка распространяются свободно, как OpenSource (открытые ресурсы программного обеспечения), и являются бесплатными для пользователей.
- ♦ Эти языки компилируют высокоуровневый код, написанный разработчиком, в промежуточный байт-код, после чего происходит JIT-компиляция.

```

128 fun index(abc:ArrayList<Char>,listpart:Array<String>):ArrayList<Double>{
129     val listIndex = arrayListOf<Double>()
130     var count = 0.0
131     var indc = 0.0
132     for(k in 0 .. listpart.size-1){
133         for(i in 0 .. abc.size-1) {
134             for (j in 0 .. listpart[k].length - 1) {
135                 if (abc[i] == listpart[k][j]) {
136                     count += 1.0
137                 }
138             }
139             indc += count * (count - 1) / (listpart[k].length * (listpart[k].length - 1))//True 0.062 ~ 0.067
140             count = 0.0
141         }
142         listIndex.add(k, indc)
143         indc = 0.0
144     }
145     println(listIndex)
146     return listIndex
147 }

```

Рис. 2. Функция нахождения индекса совпадений в рамках криптографического анализа алгоритма Виженера, написанная на языке Kotlin

ция, в машинный код, исполняемый виртуальной Java машиной (JVM).

- ◆ Оба языка являются интероперабельными, что позволяет использовать файлы Java и Kotlin в одном проекте или пакете JAR.
- ◆ Как и Java, Kotlin является высокоуровневым и объектно-ориентированным языком программирования, что позволяет работать с кодом, как с объектом материального мира.
- ◆ Оба языка являются кроссплатформенными, а, значит, разработка программного обеспечения может проводиться на операционных системах Android, Windows, Linux и др.

Ниже перечислены отличительные особенности языков программирования Java и Kotlin [7]. В реализации этих языков можно выделить следующие различия:

- ◆ Язык Java был разработан компанией Sun Microsystems, активы которой в настоящее время принадлежат Oracle с 1995 года. Во многом, этот язык устарел.
- ◆ Язык Kotlin был представлен компанией JetBrains в 2011 году, выложен в открытый доступ в 2012 году, официально поддержан на ежегодном мероприятии разработчиков Google (Google I/O) в 2017 году, и быстро завоевал популярность в среде разработчиков [8, 9].
- ◆ Компания Google заявляет, что 70% из 1000 лучших приложений для Android на сегодня-

ний день разработаны на языке Kotlin, лицом которого он является. Многие приложения находятся в процессе переноса с Java на Kotlin, например, приложение Google Home еще не полностью переписано на Kotlin, но по состоянию на июнь 2020 года около 30% статистике кодовой базы на язык Java уже было переписано на Kotlin. Процесс миграции с Java на Kotlin еще не завершился, но компании активно переписывают свои программные продукты, написанные на Java, на язык Kotlin. Сейчас, при поддержке разработки под Android, компания Google придерживается стратегии «Kotlin прежде всего». Это в чём-то похоже на ситуацию с разработкой приложений под операционную систему iOS, где произошел аналогичный переход от языка Objective-C к языку Swift.

- ◆ Особенности версий: по состоянию на 9.06.2022 г. актуальной версией Kotlin является версия 1.7.0. Несмотря на выход версии Java 17, большой популярностью среди разработчиков до сих пор пользуется удачная версия языка Java 8 (или 1.8)
- ◆ Скорость: Java превосходит Kotlin на 12–15% для чистых сборок, иными словами, код на Kotlin компилируется медленнее, чем код, написанный на Java. Однако в случае частичныхборок с включенной инкрементной компиляцией, другими словами, с компиляцией только небольших

```

274
275 public static final ArrayList index(@NotNull ArrayList abc, @NotNull String[] listpart) {
276     Intrinsic.checkNotNullParameter(abc, paramName: "abc");
277     Intrinsic.checkNotNullParameter(listpart, paramName: "listpart");
278     ArrayList listIndex = new ArrayList();
279     double count = 0.0;
280     double inde = 0.0;
281     int k = 0;
282     for(int var8 = listpart.length; k < var8; ++k) {
283         int i = 0;
284         int var10 = abc.size() - 1;
285         if (i <= var10) {
286             while(true) {
287                 int j = 0;
288                 int var12 = listpart[k].length() - 1;
289                 if (j <= var12) {
290                     while(true) {
291                         Character var10000 = (Character)abc.get(i);
292                         char var13 = listpart[k].charAt(j);
293                         if (var10000 != null) {
294                             if (var10000 == var13) ++count;
295                         }
296                         if (j == var12) {break;}
297                         ++j;
298                     }
299                 }
300                 inde += count * (count - (double)1) / ((double)(listpart[k].length() * (listpart[k].length() - 1)));
301                 count = 0.0;
302                 if (i == var10) {
303                     break;
304                 }
305                 ++i;
306             }
307         }
308         listIndex.add(k, inde);
309         inde = 0.0;
310     }
311     System.out.println(listIndex);
312     return listIndex;
313 }

```

Рис. 3. Функция нахождения индекса совпадений на языке Java

изменений, Kotlin не уступает в скорости компиляции программного кода языку Java, а в некоторых случаях этот процесс происходит немного быстрее.

- ◆ Количество строк кода: код, написанный на языке Kotlin, выглядит намного лаконичнее, компактнее и понятнее, по сравнению с громоздким кодом, написанном на языке Java. Такая разница может достигать 50% и более. В теории, размер файлов приложений, написанных на языке Kotlin, можно уменьшить в 3 раза. Язык Java является объёмным и сложным, в понимании написанного

на нём кода, в то время как Kotlin представляется более современным и лаконичным языком программирования.

Для сравнения, на рис. 2 приведена функция нахождения индекса совпадений в рамках криптографического анализа алгоритма Виженера, написанная на языке Kotlin [10].

На рис. 3 продемонстрирована функция нахождения индекса совпадений, конвертируемая в программный код, написанный на языке Java.

```

1025 public final static index(Ljava/util/ArrayList;[Ljava/lang/String;)Ljava/util/ArrayList;
1026 @Lorg/jetbrains/annotations/NotNull;() // invisible
1027 // annotable parameter count: 2 (visible)
1028 // annotable parameter count: 2 (invisible)
1029 @Lorg/jetbrains/annotations/NotNull;() // invisible, parameter 0
1030 @Lorg/jetbrains/annotations/NotNull;() // invisible, parameter 1
1031 L0
1032 ALOAD 0
1033 LDC "abc"
1034 INVOKESTATIC kotlin/jvm/internal/Intrinsics.checkNotNullParameter (Ljava/lang/Object;Ljava/lang/String;)V
1035 ALOAD 1
1036 LDC "listpart"
1037 INVOKESTATIC kotlin/jvm/internal/Intrinsics.checkNotNullParameter (Ljava/lang/Object;Ljava/lang/String;)V
1038 L1
1039 LINENUMBER 129 L1
1040 L2
1041 NEW java/util/ArrayList
1042 DUP
1043 INVOKESPECIAL java/util/ArrayList.<init> ()V
1044 L3
1045 LINENUMBER 129 L3
1046 ASTORE 2
1047 L4
1048 LINENUMBER 130 L4
1049 DCONST_0

```

Рис. 4. Байт-код функции индекса совпадений

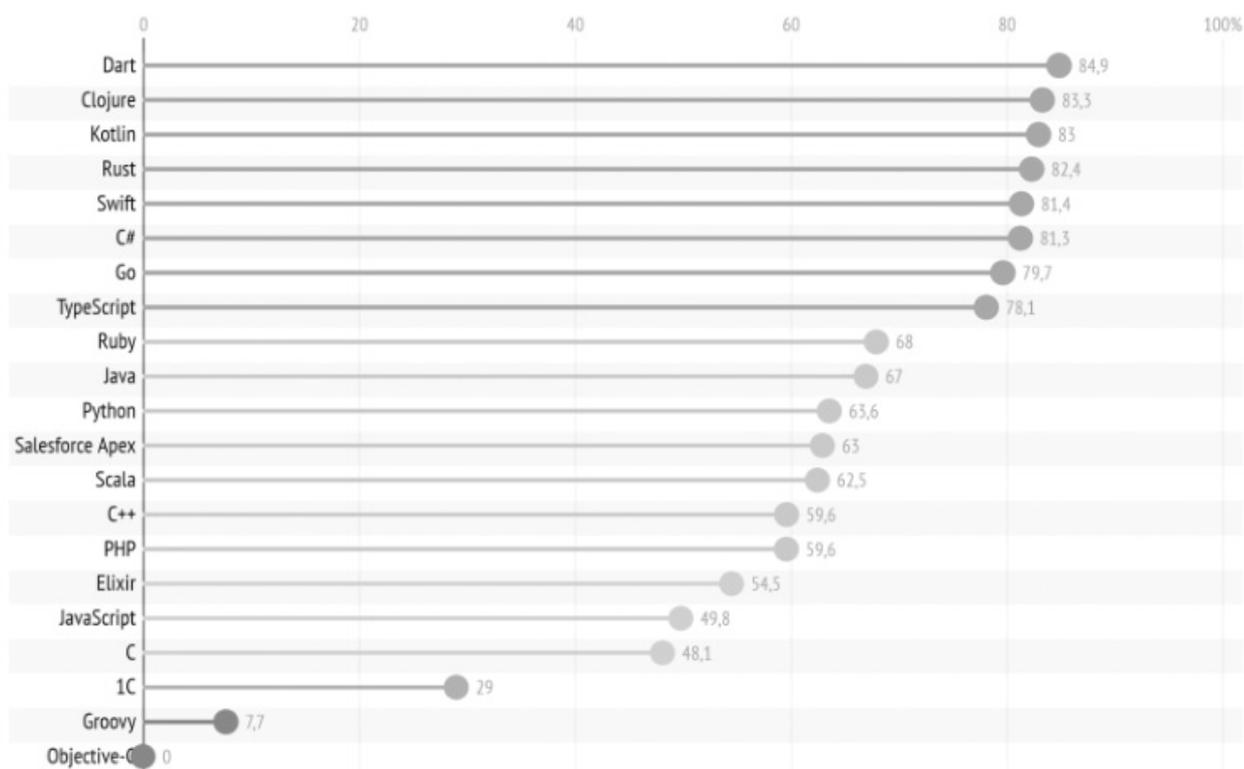


Рис. 5. Индекс предпочтения языков программирования ИТ-разработчиками

Таблица 1. Универсальность языков программирования Java и Kotlin

Области применения	Java,%	Kotlin,%	Остальные языки программирования,%
Back-end (Программно-аппаратная часть сервиса, набор средств реализации ПО)	29.4	0.9	69.7
GameDev (Разработка компьютерных игр)	0	0	100
Front-end (Пользовательский интерфейс)	0	0	100
Mobile (Разработка программных приложений для мобильных устройств)	4.9	31.3	63.8
Data Processing (Обработка данных)	4.1	0	95.9
Full Stack (разработка полного цикла ПО, включающая в себя и Front-end, и Back-end разработку, создание web-приложения с нуля)	8.2	0.2	91.6
Embedded (Встраиваемое в устройство ПО)	0	0	100
Desktop (программа на стороне клиента, запускаемая на устройстве пользователя)	0	0	100
DevOps (методология процесса разработки ПО, при которой программисты, тестировщики и системные администраторы разрабатывают программный продукт быстрее и эффективнее)	0	0	100

Таблица 2. Сравнительный анализ языков программирования Java и Kotlin

Критерии сравнения	Java	Kotlin
Кроссплатформенность	+	+
Читаемость кода	-	+
Универсальность	-	+
Скорость работы конечного продукта	+	-
Поддержка сообщества	-	+
Полнота и надежность кода	-	+

Результаты исследования и их обсуждение

Из рис. 2 и 3 очевидно, что одна и та же функция занимает на языке Kotlin всего 20 строк кода, а на языке Java — 39 строк кода — практически, в два раза больше. Однако здесь речь идёт именно о читаемости кода и об удобстве работы с ним, так как байт-код проекта будет для этих языков неразличимым. На рис. 4 приведена часть объявления той же функции в байт коде.

По данным опросов, разработчиков на языке Kotlin в настоящее время примерно в пять раз меньше, чем программистов, использующих Java. 8% разработчиков предпочитают Kotlin, а более чем 40% — привычный им язык Java [11]. Однако эти опросы также показывают, что Kotlin нравится знакомым с ним программистам, гораздо больше, чем Java, и быстро наращивает аудиторию. Типичным является сравнение Java с телегой, а Kotlin — с космической ракетой.

На рис. 5 представлены показатели индекса предпочтения ИТ-разработчиками языков программирования (ЯП) в 2022 году [12, 13].

Оценка универсальности целевых языков программирования приведена в таблице 1.

Из проведенной оценки видно, что язык программирования Java более универсален, чем Kotlin. Оценка языков программирования Java и Kotlin представлена в таблице 2.

Выводы и заключение

Исследования показали, что язык программирования Kotlin превосходит своего предшественника, язык Java по ряду показателей, и является хорошим решением при выборе языка разработки для больших программных проектов.

Язык программирования Java уступает языку программирования Kotlin в лаконичности, однако превосходит его по скорости выполнения программного кода, что

является существенным преимуществом, особенно, когда требуется разрабатывать программные средства, в которых скорость вычислений имеет приоритетное значение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Свейгарт Э. Автоматизация рутинных задач с помощью Python: практическое руководство для начинающих. Пер. с англ.— М.: Изд. «Вильямс», 2016.— 592 с.
2. Атенсио Л. Функциональное программирование на JavaScript: как улучшить код JavaScript–программ.— М.: Диалектика, 2018.— 304 с.
3. Блох Дж. Java: эффективное программирование.— М.: Диалектика, 2019.— 464 с.
4. Дашнер С. Изучаем Java EE. Современное программирование для больших предприятий.— СПб.: Питер, 2018.— 384 с.
5. Куценко С.М., Дубовиков И.И. Сравнительный анализ языков программирования // Учёные записки ИСГЗ.— 2019.— Т. 17.— № . 2.— С. 170–178.
6. Иванов С.О., Ильин Д.В., Большаков И.Ю. Сравнительное тестирование языков программирования // Вестник Чувашского университета.— 2017.— № . 3.— С. 222–227.
7. Зарипов А.Р., Сафиуллина Ф.Ф. Сравнительный анализ языков программирования Kotlin и Java // Сборник трудов молодых ученых УВО «Университет управления «ТИСБИ».— Казань. 2019.— С. 134–138.
8. Солонько М.К. Язык программирования Kotlin // Вестник науки и образования.— 2020.— № . 7–1 (85).— С. 25–27.
9. Кочешков М.А., Киришин И.И. Особенности и перспективы языка программирования Kotlin // Colloquium–journal.— 2019.— № . 10–2.— С. 113–115.
10. Прендота А.В., Балакшин П.В. Браузерная платформа для языка программирования Kotlin // Сборник трудов VII Конгресса молодых ученых.— 2018.— С. 181–183.
11. Вейлшери Л.С. Наиболее широко используемые языки программирования среди разработчиков по всему миру в 2022 г.— Режим доступа: <https://www.statista.com/statistics/793628/worldwide-developer-survey-most-used-languages/> (дата обращения 30.07.2022)
12. Чернов В.В. Исследование современного языка программирования Kotlin // С. 68.
13. Хакимова Т.В. Обзор информационных технологий, используемых в обучении программированию на языке Kotlin // Modern Science.— 2020.— № . 2–2.— С. 354–358.

© Черкесова Лариса Владимировна (chia2002@inbox.ru), Ревякина Елена Александровна (revyelena@yandex.ru),
 Енгибарян Ирина Алешаевна (eirina@live.ru), Ревякин Александр Иванович (pianonafromhell@gmail.com).
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОТРАБОТКА МОДЕЛИ ВЫСОКОТОЧНОГО БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО СЛЕДЯЩЕГО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ

DEVELOPMENT OF A MODEL OF A HIGH-PRECISION HIGH-SPEED TRACKING ELECTROMECHANICAL DRIVE AND ITS APPLICATION IN THE STEAM TURBINE CONTROL SYSTEM

**F. Chubarov
S. Plakhov
A. Nikitin
A. Golikov**

Summary. Research of the dynamics of the electrohydraulic speed control circuit of a low-power steam turbine rotor, built on the basis of a modern local high-precision high-speed electromechanical drive (EMD). The practical interest in this concern is caused by the fact that main part of the steam turbines of the Kaluga Turbine Plant have now switched to a complete set with an electrohydraulic control system, which have a number of operational advantages compared to the previous hydrodynamic system [8]. The high performance characteristics of such systems are due to the use of EMD based on a roller-screw pair in their design, the main authentic features of which are taken into account in the authentic mathematical model.

The model is based on traditional ideas about the dynamics of such systems, taking into account a number of essentially nonlinear elements.

Keywords: riding cut-off valve, roller screw drive, electromechanical transducer, steam turbine control system, electrohydraulic actuator.

Чубаров Федор Леонидович

К.т.н

Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева

Калужский филиал

fedor1966chub@yandex.ru

Плахов Сергей Александрович

К.т.н

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Калужский филиал

sa.plahov@yandex.ru

Никитин Алексей Валерьевич

К.п.н

Калужский технический колледж

anikitin74@yandex.ru

Голиков Андрей Сергеевич

Старший преподаватель Московский государственный технический университет имени

Н.Э. Баумана, Калужский филиал

gas@bmstu.ru

Аннотация. Исследование динамики электрогидравлического контура регулирования частоты вращения ротора паровой турбины малой мощности, построенного на основе современного отечественного высокоточного быстродействующего электромеханического привода (ЭМП). Практический интерес к данному вопросу вызван тем обстоятельством, что большинство паровых турбин Калужского турбинного завода в настоящее время перешло на комплектацию системой регулирования электрогидравлического типа, обладающих рядом эксплуатационных преимуществ по сравнению с прежней гидродинамической системой [8]. Высокие эксплуатационные характеристики таких систем обусловлены применением в их конструкции ЭМП на базе ролик-винтовой пары, основные особенности конструкции которой учтены в оригинальной математической модели.

Модель построена на базе традиционных представлений о динамике подобных систем с учётом ряда существенно нелинейных элементов.

Ключевые слова: отсечной золотник, ролик-винтовая передача, электро-механический преобразователь, система регулирования паровой турбины, следящий электрогидравлический привод.

Введение

Настоящая работа служит продолжением цикла, посвящённого исследованию быстродействующего прецизионного электромеханического привода, как исполнительного механизма системы регулирования частоты вращения паровой турбины.

В продолжение проработки вопросов применения электромеханических приводов (ЭМП) в управляющих контурах малоинерционных объектов регулирования [1,2] рассмотрены результаты моделирования в сравнении с результатами испытаний натурного ЭМП. Предложена совместная модель ЭМП и гидравлического блока регулирования в составе контура регулирования давления частоты вращения паровой турбины.

Постановка задачи

В рамках исследования динамических процессов в контуре системы автоматического регулирования паровой турбины ранее было выполнено:

- ♦ рассмотрены способы обеспечения высокоскоростных линейных перемещений с прецизионным позиционированием рабочего органа — паровпускного регулирующего клапана и выделены преимущества роliko-винтовой пары [1];
- ♦ предложена математическая модель следящего электромеханического привода, конструктивно способного с заданной скоростью и точностью управлять положением промежуточного усилительного элемента — отсечного золотника в составе исполнительного гидравлического механизма (блока регулирования) паровой турбины [2, 6].

Математическая модель

Математическая модель ЭМП, рассматриваемая далее, составлена по опытному образцу привода, спроектированному и изготовленному АО «Диаконт» (г. С.-Петербург) [4] для применения в системе регулирования частоты вращения одной из паровых турбин ПАО «Калужский турбинный завод» [4, 8]. Принципиальная схема такой системы показана на рис. 1.

Характерной особенностью её является применение гидравлического исполнительного механизма — гидромеханического блока регулирования, включающего в себя сам регулируемый паровпускной клапан, гидравлический сервомотор, отсечной золотник и электромеханический привод (преобразователь). Такой блок необходим для управления положением паровпускных регулируемых клапанов парораспреде-

ления турбины [4]. Функциональная схема контура регулирования показана на рис. 2.

Следящий привод отсечного золотника (СПОЗ) входит в состав блока регулирования системы автоматического регулирования паровой турбины (САР ПТ), предназначенного для преобразования электрического сигнала управления от электронной управляющей части (ЭУЧ) САР ПТ, в перемещение сервомоторов (СМ), создающих силу для перемещения регулируемых клапанов (РК).

Золотник отсечной (ОЗ) предназначен для изменения положения сервомоторов привода РК по сигналам управления от ЭУЧ системы регулирования через электрогидравлический преобразователь, а так же для перемещения СМ в сторону закрытия РК при срабатывании защиты.

СПОЗ включает в себя (см. рис. 3):

1. исполнительный элемент — синхронный электродвигатель переменного тока (СЭ ПТ);
2. роliko-винтовая передача (РВП);
3. преобразователь частоты (ПЧ), реализующий алгоритм широтно-импульсной модуляции (ШИМ) векторного управления СЭ ПТ;
4. датчик положения ОЗ.

Рассмотрим математическую модель и переходные процессы в электромеханическом преобразователе ОЗ. Функциональная схема следящего привода ОЗ представлена на рис. 3.

На рис. 3 введены следующие условные обозначения:

ШИМ — модуль реализующий алгоритм широтно-импульсной модуляции;
 ЭД ПТ — электрический двигатель переменного тока; РВП — роliko-винтовая передача;
 ОЗ — отсечной золотник;
 ДП — датчик положения ОЗ;
 ПЧ — преобразователь частоты.

Составим математическую модель СПОЗ согласно функциональной схеме. При построении математической модели синхронного двигателя с постоянными магнитами примем следующие допущения:

- ♦ отсутствует насыщение магнитной цепи, потери в стали, эффект вытеснения тока;
- ♦ обмотки статора симметричны;
- ♦ индуктивность рассеяния не зависит от положения ротора в пространстве.

Уравнения синхронной машины с постоянными магнитами также рассмотрим в ортогональной синхрон-

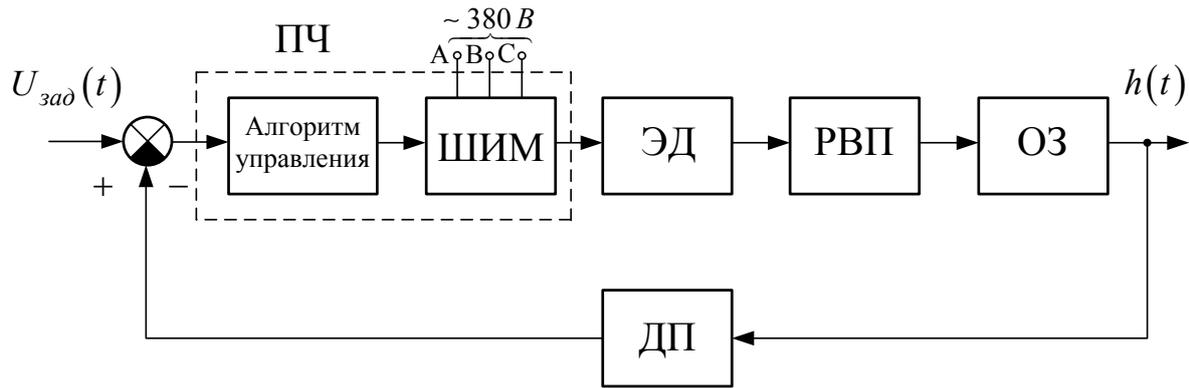


Рис. 3. Функциональная схема следящего привода отсечного золотника

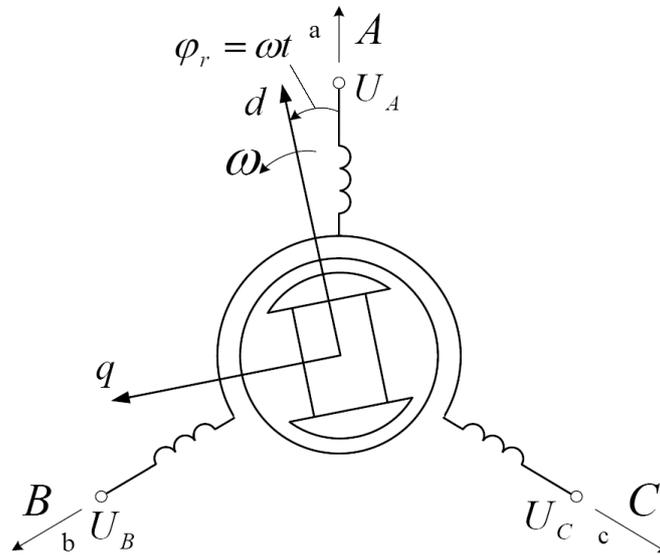


Рис. 4. Схематическое изображение синхронного двигателя с постоянными магнитами

ной системе координат (d, q) , ось d которой ориентирована по магнитной оси ротора (рис. 4).

В этом случае уравнения принимают следующий вид (модель Парка — Горева) [3]:

$$\begin{cases} \frac{d\varphi(t)}{dt} = \omega(t), \\ J_{дв} \frac{d\omega(t)}{dt} = M_{дв}(t) - M_c(t), \\ \frac{di_d(t)}{dt} = -\frac{R}{L}i_d(t) + p\omega(t)i_q(t) + \frac{1}{L}u_d(t), \\ \frac{di_q(t)}{dt} = -\frac{R}{L}i_q(t) - p\omega(t)i_d(t) - \frac{k_m}{L}\omega(t) + \frac{1}{L}u_q(t), \end{cases} \quad (0.1)$$

где

$I_d(t), I_q(t), U_d(t), U_q(t)$ — токи и напряжения статора по осям d и q ; электромагнитный момент на валу ЭД ПТ;

$M_{дв}(t)$ — электромагнитный момент на валу ЭД ПТ;

$M_c(t)$ — статический момент нагрузки;

$\omega(t)$ — угловая частота вращения ротора, рад/с;

J — момент инерции электропривода, приведенный к валу двигателя;

R и L — сопротивление и индуктивность статорных обмоток (для случая неявнополюсной конструкции ротора двигателя).

Рассмотрим более подробно второе уравнение системы, уравнение движения привода

$$J_{дв} \frac{d\omega(t)}{dt} = M_{дв}(t) - M_c(t) = c_m i_q(t) - M_c(t), \quad (0.2)$$

$$\begin{cases} \frac{d\varphi}{dt} = \omega, \\ M_{\text{ВЫХ}} = -c_m \frac{\sqrt{6}}{3} \sin(p\varphi) i_a + c_m \left[\frac{\sqrt{2}}{2} \cos(p\varphi) + \frac{\sqrt{6}}{6} \sin(p\varphi) \right] i_b + \\ + c_m \left[\frac{\sqrt{6}}{6} \sin(p\varphi) - \frac{\sqrt{2}}{2} \cos(p\varphi) \right] i_c - J_{\text{дв}} \frac{d}{dt} \omega - M_{\text{тр}} \text{sign}[\omega] \end{cases} \quad (0.9)$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} &= \frac{1}{L} \underbrace{\begin{bmatrix} -\frac{\sqrt{6}}{3} c_m \omega \sin(p\varphi) \\ -\left(\frac{\sqrt{6}}{6} \sin(p\varphi) + \frac{\sqrt{2}}{2} \cos(p\varphi) \right) c_m \omega \\ -\left(-\frac{\sqrt{6}}{6} \sin(p\varphi) + \frac{\sqrt{2}}{2} \cos(p\varphi) \right) c_m \omega \end{bmatrix}}_{\mathbf{A}} + \frac{R}{L} \underbrace{\begin{pmatrix} -\frac{2}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} & -\frac{2}{3} & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & -\frac{2}{3} \end{pmatrix}}_{\mathbf{A}_r} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \\ + \frac{1}{L} \underbrace{\begin{pmatrix} \frac{2}{3} & -\frac{1}{3} & -\frac{1}{3} \\ -\frac{1}{3} & \frac{2}{3} & -\frac{1}{3} \\ -\frac{1}{3} & -\frac{1}{3} & \frac{2}{3} \end{pmatrix}}_{\mathbf{A}_H} \begin{bmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \end{bmatrix} &= \frac{1}{L} \mathbf{A} + \frac{R}{L} \mathbf{A}_r \mathbf{I}^T + \frac{1}{L} \mathbf{A}_H \mathbf{U}^T \end{aligned} \quad (0.10)$$

где c_m — коэффициент момента электродвигателя.

Для преобразования вращения ротора электродвигателя в поступательное перемещение отсечного золотника применена роliko-винтовая передача (РВП). Для получения более полной модели СПОЗ необходимо модель дополнить математической моделью РВП. Уравнение движения привода с учетом РВП:

$$M_{\text{ВЫХ}}(t) = c_m i_q(t) - J_{\text{дв}} \frac{d}{dt} \omega(t) - M_{\text{тр}} \text{sign}[\omega(t)], \quad (0.3)$$

где $\dot{\omega}(t)$ — угловое ускорение электродвигателя;
 $M_{\text{мп}}$ — суммарный момент трения в двигателе и подшипниках ЭМП;
 $M_{\text{мп}}(t)$ — момент на валу ЭД ПТ.

Сила, приложенная со стороны электродвигателя, к отсечному золотнику [3]:

$$F(t) = \frac{2\pi}{H} \eta M_{\text{ВЫХ}}(t), \quad (0.4)$$

где H — величина шага РВП;

η — коэффициент полезного действия РВП.

Величина скорости перемещения отсечного золотника определяется из выражения [3]:

$$m \frac{d^2}{dt^2} h_{\text{зол}}(t) + K_{\text{вт}} \frac{d}{dt} h_{\text{зол}}(t) = F(t), \quad (0.5)$$

где m — суммарная масса отсечного золотника и винта, жестко с ним соединенного;

$K_{\text{вт}}$ — коэффициент вязкого трения в отсечном золотнике;

$\ddot{h}_{\text{зол}}(t)$ — ускорение отсечного золотника;

$\dot{h}_{\text{зол}}(t)$ — скорость отсечного золотника.

На вход системы электромеханического следящего привода поступает сигнал $u_{\text{зад}}(t)$, пропорциональный задаваемому значению отклонения отсечного золотника. Управление происходит непрерывным токовым сигналом в диапазоне 5÷20[мА] и входное сопротивление, установленное на входе АЦП преобразователя частоты, имеет значение 200[Ом], что эквивалентно изменению сигнала $u_{\text{зад}}(t)$ в диапазоне 1÷4[V].

Ошибка отработки сигнала

$$\Delta u(t) = u_{\text{зад}}(t) - u_{\text{зол}}(t), \quad (0.6)$$

где $u_{\text{зол}}$ — сигнал с выхода датчика линейного перемещения золотника:

$$u_{\text{зол}}(t) = K_{\text{дп}} h_{\text{зол}}(t), \quad (0.7)$$

где $K_{\text{дп}}$ — коэффициент датчика перемещения отсечного золотника.

Зависимость угловой скорости вала ЭД ПТ от величины перемещения вала РВП, определяется выражением:

$$\omega(t) = \frac{2\pi}{H} \frac{d}{dt} h_{\text{зол}}(t). \quad (0.8)$$

Тогда математическая модель СПОЗ в системе координат $a - b - c$ примет вид (0.9), где (см. (0.10),

где \mathbf{A}_T и \mathbf{A}_H матрицы разложения, справедливы для трехфазных симметричных машин переменного тока (используются в ШИМ); $\mathbf{I} = [i_a \ i_b \ i_c]$; $\mathbf{U} = [u_a \ u_b \ u_c]$.

Для управления СПОЗ, последний комплектуется преобразователем частоты (ПЧ), модель и алгоритм работы которого рассматривается в следующем пункте.

Таким образом, результирующее управление, поступающее на ПЧ ЭД ПТ имеет вид:

$$u_y(t) = u_{\text{зад}}(t) - u_{\text{зол}}(t) + u_{\text{ком}}(t), \quad (0.11)$$

где $u_{\text{ком}}(t)$ — сигнал, обеспечивающий уменьшение ошибки от воздействия осевой нагрузки на отсечной золотник;

$u_{\text{ком}} = 0$ при $-u_{\text{зол1}} \leq u_{\text{зол}} \leq u_{\text{зол1}}$;
 $u_{\text{ком}} = K_{\text{от}} (u_{\text{зол}} - u_{\text{зол1}})$ при $-u_{\text{зол1}} > u_{\text{зол}} > u_{\text{зол1}}$;
 $u_{\text{зол1}}$ — сигнал, пропорциональный значению отклонения отсечного золотника, до которого значение $u_{\text{ком}}$ равно нулю ($u_{\text{зол1}} = 2[\text{В}]$ — гидравлический ноль);
 $K_{\text{от}}$ — коэффициент компенсационного сигнала.

Видно, что обе математические модели и являются нелинейными, но математическая модель СПОЗ в системе координат $d - q$ значительно проще. Поэтому синтез управления для СПОЗ можно проводить в этой системе, а моделирование, ШИМ-регулирование напряжения на обмотках статора в системе $a - b - c$.

ЛИТЕРАТУРА

- Сизов А.Н., Мусатов Е.А., Чубаров Ф.Л., Гусев И.В. Применение высокоточных быстродействующих следящих электромеханических приводов в электрогидравлических системах регулирования частоты вращения паровых турбин. Теоретические и прикладные аспекты современной науки: сборник научных трудов по материалам V Международной научно-практической конференции 30 ноября 2014 г.: в 6 ч. / Под общ. ред. М.Г. Петровой. — Белгород: ИП Петрова М.Г., 2014. — Часть III. — с. 133–139.
- Сизов А.Н., Чубаров Ф.Л., Гусев И.В. Разработка модели высокоточного, быстродействующего следящего электромеханического привода. «Современные проблемы науки и образования». — 2015. — № 1–1. с. 444.
- Кирюхин В.И., Тараненко Н.М., Огурцова Е.П. и др. Паровые турбины малой мощности КТЗ. — М.: Энергоатомиздат, 1987.
- Программа и методика предварительных испытаний ЭМП, рег. № А17/30–632, ЗАО «Диаконт», 2011 г.
- Сизов А.Н., Чубаров Ф.Л., Быков А.И. Отработка модели высокоточного быстродействующего следящего электромеханического привода и её применение к системе регулирования паровой турбины. «Фундаментальные исследования». — 2016. — № 9–1. — с. 91–95
- Ильдияров Е.Н., Сизов А.Н., Чубаров Ф.Л. Исследование электрогидравлического контура регулирования частоты вращения ротора паровой турбины на базе следящего электромеханического привода «Современные наукоемкие технологии» — 2018. — № 4; 44–48 с.
- Dmitriy Akimenko1, Alexandr Sizov, Fedor Chubarov, Aleksey Nikitin and Lusía del Sokorro. A discrete control algorithm synthesis for the live-steam-line heating system. MATEC Web Conf. Vol. 329, 2020. (ICMTMTE2020). Art. num. 03074, published online 26 November 2020. https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2020/25/mateconf_icmtmte2020_03074/mateconf_icmtmte2020_03074.html
- Сизов А.Н., Мусатов Е.А., Баглаев П.В. Следящий электромеханический привод отсечного золотника в электрогидравлической системе регулирования частоты вращения паровой турбины // Научноёмкие технологии в приборостроении и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе: материалы региональной научно-технической конференции. — Калуга: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. — Т. 2. — С. 123–130.
- ГОСТ Р 55890–2013. Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Оперативно-диспетчерское управление. Регулирование частоты и перетоков активной мощности. Нормы и требования. — М.: Стандартиформ, 2014–20 с.
- СТО 59012820.27.100.002–2013. Нормы участия энергоблоков тепловых электростанций в нормированном первичном регулировании частоты и автоматическом вторичном регулировании частоты и перетоков активной мощности. — М.: Изд-во стандартов, 2013. — 18 с.
- Булкин А.Е. Автоматическое регулирование энергоустановок: пособие для вузов / А.Е. Булкин. — М.: Издательский дом МЭИ, 2009. — 507 с.
- Шавлович З.А. Совершенствование конструкций и режимов работы гидравлических приводов в системах регулирования гидротурбин: автореф. дис. канд. тех. наук. — Санкт-Петербург, 2004. — 22 с.

13. Пупков К.А. Методы инженерного синтеза сложных систем управления: аналитический аппарат, алгоритмы приложения в технике. Часть II. Вычислительно-аналитический эксперимент: аппарат матричных операторов и вычислительные технологии / К.А. Пупков, Н.Д. Егупов. — М.: МГТУ им Н.Э. Баумана, 2012. — 416 с.
14. Новосёлов В.Б. Разработка методов исследования и совершенствования электрогидравлической системы регулирования и защиты паровых теплофикационных турбин и их элементов: автореф. дис. док. техн. наук. — Екатеринбург, 2014. — 47 с.
15. Жмудь В.А. О методах расчета ПИД-регуляторов // Автоматика и программная инженерия. — 2013. — № 2(4). — С. 118–124.

© Чубаров Федор Леонидович (fedor1966chub@yandex.ru), Плахов Сергей Александрович (sa.plahov@yandex.ru),
Никитин Алексей Валерьевич (anikitin74@yandex.ru), Голиков Андрей Сергеевич (gas@bmstu.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ПЕРЕВОД НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ВЕКТОРНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ

TRANSLATION OF A NEURAL NETWORK INTO A VECTOR REPRESENTATION

V. Shalamov
V. Efimova
A. Filchenkov

Summary. Recently, deep learning models, in particular neural networks, have been widely used in the world. Many neural network architectures are created manually by humans, which does not allow achieving optimal results. There are neural network architecture search algorithms that allow you to automate the process of searching and creating neural network architecture. Recent studies have shown that if you use a vector representation of a neural network, you can reduce the search for neural network architecture. An algorithm is proposed that converts a neural network into a graph vector representation and vice versa, which minimizes information loss during conversion. Three compression models were considered: an auto-encoder, a variational auto-encoder, and a sequence-in-sequence. The variations of the proposed model were compared with each other and with well-known models based on a variational auto-encoder: D-VAE and DVAE-EMB by compression losses and by the Kullback-Leibler divergence. The results of the work of neural networks compressed and decompressed using the proposed method remain no worse than those of existing methods, while the proposed solution allows achieving a smaller dimension of the hidden space using the graph structure and encoding attributes separately from the vertices of the graph.

Keywords: neural network architecture search, vector representation, variational auto-encoder, graphs with attributes.

Шаламов Вячеслав Владимирович

Аспирант

Университет ИТМО

Россия, г. Санкт-Петербург

sslavian812@yandex.ru

Ефимова Валерия Александровна

Аспирант

Университет ИТМО

Россия, г. Санкт-Петербург

valeryefimova@gmail.com

Фильченков Андрей Александрович

К.ф.-м.н.

Университет ИТМО

Санкт-Петербург

afilchenkov@itmo.ru

Аннотация. В последнее время в мире широко применяются модели глубокого обучения, в частности нейронные сети. Многие архитектуры нейронных сетей создаются человеком вручную, что не позволяет достичь оптимальных результатов. Существуют алгоритмы поиска архитектуры нейронных сетей, которые позволяют автоматизировать процесс поиска и создания архитектуры нейронных сетей. В недавних исследованиях было показано, что если использовать векторное представление нейронной сети, то можно сократить поиск архитектуры нейронной сети. Предложен алгоритм, переводящий нейронную сеть в графовое векторное представление и обратно, который минимизирует потери информации при конвертации. Были рассмотрены три модели для сжатия: автокодировщик, вариационный автокодировщик и последовательность-в-последовательность. Было проведено сравнение вариаций предложенной модели между собой и с известными моделями на основе вариационного автокодировщика: D-VAE и DVAE-EMB по потерям при сжатии и по расхождению Кульбака-Лейблера. Результаты работы сжатых и разжатых с помощью предложенного метода нейронных сетей остаются не хуже, чем у существующих методов, при этом предложенное решение позволяет достичь меньшую размерность скрытого пространства, используя структуру графа и кодируя атрибуты отдельно от вершин графа.

Ключевые слова: поиск архитектуры нейронной сети, векторное представление, вариационный автокодировщик, графы с атрибутами.

Введение

В последнее время во многих сферах информационной индустрии применяются глубокие нейронные сети: для перевода текста, распознавания объектов и текста на изображении, предсказания и анализа событий. До сих пор многие архитектуры нейронных сетей создаются человеком вручную, что не позволяет достичь оптимальных результатов. Поэтому появились алгоритмы и модели для поиска ар-

хитектуры нейронных сетей, которые позволяют автоматизировать процесс поиска и создания архитектуры нейронных сетей [1]. Важная часть таких алгоритмов — правильный выбор пространства для поиска архитектуры: оно выбирается под конкретную задачу и тем самым существенно ограничивает возможные варианты получаемых архитектур.

В недавних исследованиях было показано, что можно уменьшить пространство поиска архитектуры ней-

ронной сети, используя векторное представление нейронных сетей как графов [2, 3]. Однако, в слоях нейронной сети содержится дополнительная информация — их атрибуты, а чтобы представить вершину графа, данные методы используют лишь тип слоя, что ограничивает пространство поиска.

Обращаясь к существующим решениям CAN [4] и SAT [5], можно заметить, что архитектура нейронной сети представляется в виде вектора не полностью: сохраняется только тип слоя, не позволяя получать дополнительные параметры в виде атрибутов вершины, либо невозможно представить в виде вектора ориентированные ациклические графы, которыми являются нейронные сети.

Целью данной работы является представление нейронной сети в виде вектора, построенного на основе графа вычислений с атрибутами слоев. В данной работе рассматриваются сверточные нейронные сети, однако этот метод, может быть обобщает на другие нейронные сети, если поддерживать весь необходимый набор операций и атрибутов.

Метод

Сначала рассмотрим **прямое преобразование нейронной сети в векторное представление**. Сперва необходимо представить архитектуру нейронной сети в виде графа. Для этого каждый слой или операция нейронной сети представляется как вершина графа, а связь между слоями — как ребра графа. Список поддерживаемых слоев и операций: Conv, LeakyRelu, MaxPool, Flatten, Linear, Sigmoid, BatchNorm, Relu, Add, GlobalAveragePool, AveragePool, Concat, Pad, ReduceMean, Tanh, ConvTranspose, Slice, Elu, Reshape, Mul [6]. В вершине графа содержится дополнительная информация о слое — его атрибуты. Список поддерживаемых атрибутов: alpha, axes, axis, dilations, ends, epsilon, group, keepdims, kernel_shape, mode, momentum, op, output_shape, pads, starts, steps, strides, value, perm [6]. Операция нейронной сети представляет собой функцию над входными данными, например, сложение выходов нескольких слоев, срез или конкатенация. Такие операции позволяют создавать более сложные и разнообразные архитектуры, находить наиболее эффективные структуры, в отличие от решений, где используются только слои сети.

Получившийся граф будет связным, ориентированным и ациклическим, иметь один исток — входной слой, а также один сток — выходной слой. Такой граф может не представлять собой простую структуру из связанных последовательно вершин, в связи с существованием пропускных соединений [7] (англ. skip-connections),

которые обеспечивают разветвление последовательности слоев, а также решают проблему исчезающего градиента.

Граф представляет собой достаточно сложную структуру, однако его можно представить в виде матрицы смежности либо списка смежности, то есть в виде набора векторов, где каждой вершине соответствует свой вектор с набором смежных вершин. Набором векторов является и матрица атрибутов: каждой вершине соответствует свой вектор атрибутов. Выбранное представление графа — в виде набора векторов — подходит больше, потому что для единого вектора нет способов восстановить граф целиком, а только предсказать, какие существующие подграфы наиболее вероятно принадлежат данному графу.

Такое векторное представление графа является достаточно большим, поэтому необходимо его сжать с помощью нейросетевых методов сжатия: автокодировщика, последовательность-в-последовательность, вариационного автокодировщика (VAE), вариационного автокодировщика для ориентированных ациклических графов (D-VAE) [2] и его модифицированной версии DVAE-EMB [3]. При обучении данные модели создают скрытое пространство, которое является эмбедингом нейронной сети, и в дальнейшем используется при восстановлении векторного представления графа с помощью декодировщика.

Рассмотрим **обратное преобразование векторного представления в нейронную сеть**. Имея модель, позволяющую сжимать векторное представление графа в скрытое пространство меньшей размерности, можно производить обратное преобразование из сжатого векторного представления в исходное. Обратное преобразование происходит аналогичным образом, что и прямое: для сжатых структуры графа и атрибутов (из скрытого пространства) получаем полную версию (из исходного пространства) с помощью декодирования в блоке декодировщика; объединяем данные для модели, таким же способом, которым данные были разделены; восстанавливаем матрицу смежности и атрибуты каждой.

Данные восстанавливаются из скрытого пространства меньшей размерности, а значит при восстановлении возникают потери информации, которые могут быть существенными, поэтому граф, полученный на выходе, может не соответствовать исходному графу. Поэтому необходимо дополнительно обработать полученный результат, чтобы структура графа была корректной.

На шаге **преобразования графа в нейросеть**, на вход поступает граф в виде матрицы смежности

Таблица 1. Точность моделей ResNet18 и AlexNet

Модель	Точность (%)	Корректность (%)
D-VAE	99,96	100
DVAE-EMB	99,99	100
Предложенная модель	99,99	100

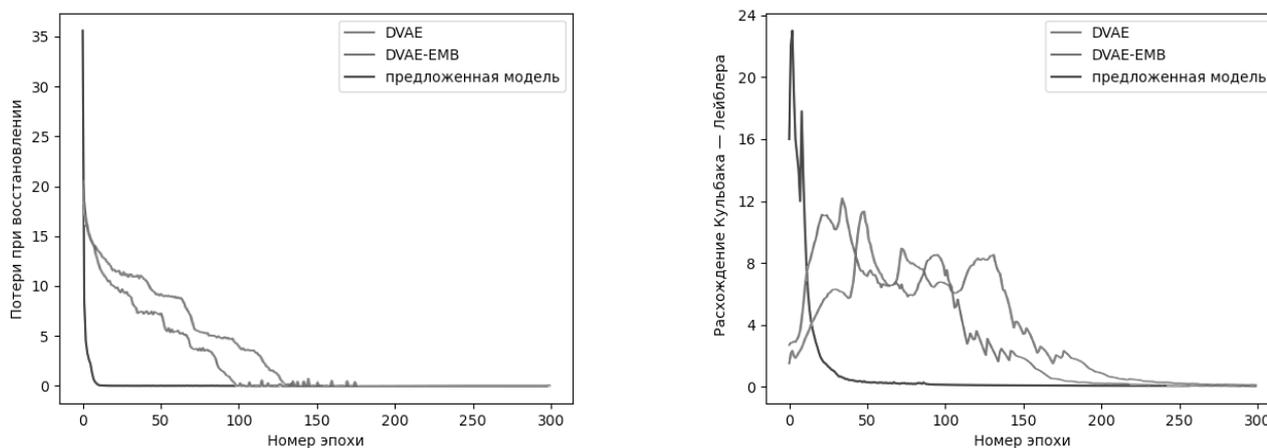


Рис. 1. Графики потерь при восстановлении (слева) и расхождения Кульбака — Лейблера (справа) во время обучения моделей DVAE, DVAE-EMB и предложенной модели

и атрибутов, затем для каждой вершины создается соответствующий ей слой или операция с атрибутами, образуя набор векторов, каждый вектор которого состоит из последовательно идущих друг за другом слоев. Одной из основных проблем восстановления является то, что при преобразовании данных в скрытое пространство происходит потеря части информации. Из-за этого велик риск того, что нейронная сеть, полученная итоговым способом, окажется неработоспособной. Поэтому требуется дополнительно обрабатывать полученную нейронную сеть с помощью правил.

Результаты

Тестирование проводилось на наборе данных из 1500 архитектур сверточных нейронных сетей, которые классифицируют изображения, включающих в себя перечисленные выше операции и атрибуты. Для данного набора данных максимальное число вершин графа было 3000, а максимальное число ребер из одной вершины достигало 62.

Сравнение вариационного автокодировщика для ориентированных ациклических графов, его модификации и предложенной модели представлены на рисунке 1. Сравнение производится на наборе данных, состоящих из архитектур нейронных сетей, в каждой

по 8 вершин, а также каждая вершина содержит один из восьми типов слоев. Красным цветом обозначена модель D-VAE, DVAE-EMB обозначена зеленым, а синим обозначена предложенная модель. Для обучения в функции потерь применяется сжатие через сумму, а не через среднее значение. На рисунке 1 слева приведено сравнение потерь при восстановлении графа, справа — расхождение Кульбака-Лейблера [8].

Предложенная модель восстанавливает отдельно матрицу смежности и тип операции. Предложенное решение показывает результаты не хуже, а размер скрытого пространства меньше: 56 для существующих решений и 4 для списка смежности предложенной модели, а также 2 для типа операции. Однако предложенная модель не объединяет пространства атрибутов и структуры графа.

В таблице 1 приведены результаты сравнения предложенной модели и существующих решений. Точность обозначает процент правильно восстановленных архитектур, а корректность — процент работающих архитектур, полученных из скрытого пространства.

В таблице 2 приведено сравнение точности моделей ResNet18 и AlexNet после обучения в течение 50 эпох. Для ResNet18 видно, что модель со сжатием обучает-

Таблица 2. Точность моделей ResNet18 и AlexNet

ResNet18		AlexNet	
Модель	Точность (%)	Модель	Точность (%)
Без сжатия	78,99 ± 0,39	Без сжатия	70,46 ± 0,50
Со сжатием	79,17 ± 0,23	Со сжатием	60,44 ± 0,39
Оригинальная	78,99 ± 0,39	Оригинальная	71,54 ± 0,42

ся быстрее и имеет более высокую точность, однако это происходит из-за того, что оригинальная модель не обучилась до конца, это видно на рисунке 5 слева. Для AlexNet видно, что оригинальная модель имеет высокую точность, а остальные модели меньшую, так как при преобразовании нейронная сеть теряет часть информации, а при сжатии и восстановлении потеря информации становится больше.

Выводы

В данной работе был предложен метод, позволяющий трансформировать нейронную сеть в векторное представление ее графа и обратно. Было предложено и исследовано несколько вариантов сжатия векторного представления графа в скрытое пространство. Модель для сжатия скрытого пространства использует не только тип операции, как в существующих решениях, но также и дополнительные параметры слоев и опе-

раций нейронной сети, позволяющие расширить возможности представления скрытого пространства.

Сравнение предложенного способа представления нейронной сети как графа показало, что при прямом и обратном преобразовании предложенным способом результаты работы нейронных сетей не хуже, чем у существующих методов. При этом предложенное решение позволяет достичь меньшую размерность скрытого пространства, используя структуру графа и кодируя атрибуты отдельно от вершин графа. Следует, однако, подчеркнуть, что из-за сжатия пространства и, как следствие, потери части информации, точность оригинальной модели остается несколько выше, чем в преобразованных.

В дальнейшем предложенный метод можно развивать за счет использования новых моделей векторизации графа, что может улучшить результаты по сравнению с полученными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Elsken T., Metzen J.H., Hutter F. Neural architecture search: A survey //The Journal of Machine Learning Research. — 2019. — Т. 20. — № 1. — С. 1997–2017.
2. Zhang M. et al. D-vae: A variational autoencoder for directed acyclic graphs //Advances in Neural Information Processing Systems. — 2019. — Т. 32.
3. Chatzianastasis M. et al. Graph-based Neural Architecture Search with Operation Embeddings //Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision. — 2021. — С. 393–402.
4. Meng Z. et al. Co-embedding attributed networks //Proceedings of the twelfth ACM international conference on web search and data mining. — 2019. — С. 393–401.
5. Chen X. et al. Learning on attribute-missing graphs //IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. — 2020.
6. Jin T. et al. Compiling ONNX neural network models using MLIR //arXiv preprint arXiv:2008.08272. — 2020.
7. Adaloglou N. Intuitive explanation of skip connections in deep learning //AI Summer. — 2020.
8. Kullback-Leibler Divergence Explained [Электронный ресурс]. — 2017. — URL: <https://www.countbayesie.com/blog/2017/5/9/kullback-leibler-divergence-explained>.

© Шаламов Вячеслав Владимирович (sslavian812@yandex.ru),

Ефимова Валерия Александровна (valeryefimova@gmail.com), Фильченков Андрей Александрович (afillchenkov@itmo.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ

VULNERABILITY ANALYSIS OF THE INTERNET OF THINGS

V. Shutov
M. Sholeninov
I. Kotilevets
L. Kashurin
E. Bogadelshchikova
V. Shishov

Summary. This article focuses on the security aspects of the Internet of things. The Internet of Things (IoT — internet of things) is a relatively new technology that connects many “smart” devices into a network, allowing them to collect, analyze, process and transmit data to each other. This industry develops rapidly, but there are some difficulties: vulnerability to cyber attacks, lack of secure update mechanisms, use of insecure or outdated components and other vulnerabilities. This article examined and structured the current vulnerabilities of the Internet of things, leading to disruption of device performance, leakage, hacking and loss of important, confidential information due to the implementation of various types of threats. Also analysis of vulnerabilities and their sources was performed, methods for their prevention were described. A list of recommendations for security of smart devices was also compiled.

Keywords: information security, information technology, Internet of Things, vulnerability of the Internet of things.

Шутов Василий Александрович

Аспирант, ассистент

Российский технологический университет МИРЭА

shutov@mirea.ru]

Шоленинов Михаил Владимирович

Российский технологический университет МИРЭА

medvedsholeninov@gmail.com

Котилевец Игорь Денисович

Старший преподаватель

Российский технологический университет МИРЭА

ikotilevets@gmail.com

Кашурин Лев Вячеславович

Российский технологический университет МИРЭА

OtSpec17L10@outlook.com

Богадельщикова Евгения Владимировна

Российский технологический университет МИРЭА

bogadelshikova@list.ru

Шишов Валерий Дмитриевич

Российский технологический университет МИРЭА

shishov265@gmail.com]

Аннотация. Данная статья посвящена аспектам безопасности интернет вещей. Интернет вещи (IoT — internet of things) — относительно новая технология, объединяющая множество «умных» устройств в сеть, позволяющая им собирать, анализировать, обрабатывать и передавать друг другу данные. Эта отрасль стремительно развивается, однако на пути ее развития встречаются трудности: уязвимость к кибератакам, отсутствие безопасных механизмов обновления, использование небезопасных или устаревших компонентов и другие уязвимости. В данной статье были рассмотрены и структурированы актуальные уязвимости интернет вещей, приводящие к нарушению работоспособности устройств, утечки, взлому и потере важной, конфиденциальной информации вследствие реализаций различных видов угроз. Также был выполнен анализ уязвимостей и их источников и описаны методы их предотвращения. Также был составлен список рекомендаций по обеспечению безопасности умных устройств.

Ключевые слова: информационная безопасность, информационные технологии, Internet of Things, уязвимость интернет вещей.

Введение

В настоящее время большую популярность набирает тема интернет вещей и одной из приоритетных является тематика умного дома. С каждым годом рынок интернет вещей наполняется новыми предложениями со стороны производителей интернет вещей, например, умные колонки, лампочки, розетки, телевизоры.

Интернет вещи упрощают жизнь, ускоряя бытовые и рутинные процессы, тем самым позволяя грамотно распределять время. IoT позволяют людям автоматизировать и контролировать необходимые функции жилых площадей, транспорта, здравоохранения и сервисов для населения, такие как поддержка работы экстренных служб и мониторинг общественной безопасности. Согласно статье «АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ» В ИНДИВИДУАЛЬНОМ ЖИЛОМ ДОМЕ»,

благодаря вышеуказанной автоматизации популярность и актуальность умного дома будет расти [5].

Учитывая рост количества Интернет вещей в жизни, немаловажным становится обеспечение безопасности данных устройств. Несмотря на удобство, существуют риски утечки информации, взлома и кражи, хранящихся данных, так как технология умных вещей появилась совсем недавно.

Основная часть

По данным исследований Microsoft Security 35% участников столкнулись с реализацией угроз на их устройствах IoT [4]. Это связано с определенными уязвимостями. Первой из которых является использование устаревших или небезопасных программных компонентов или библиотек, которые могут позволить скомпрометировать устройство, например, небезопасная настройка платформ операционной системы и использование сторонних программных или аппаратных компонентов из небезопасной цепочки поставок. Чтобы избежать данной уязвимости, целесообразно выполнять следующее действие — необходимо следить за выходом программных средств, дополнений безопасности, иначе рекомендуется сменить производителя.

Следующая уязвимость связана с отсутствием возможности безопасного обновления устройства. Данная уязвимость включает в себя недостаток валидации встроенного программного обеспечения на устройстве, безопасной доставки. Которая должна быть реализована согласно ГОСТу Р 51898–2002 «Аспекты безопасности. Руководящие указания по включению их в стандарты», без шифрования при передаче, механизмов предотвращения отката и отсутствие уведомлений об изменениях безопасности из-за обновлений [3]. Отсутствие возможности обновления устройства само по себе является слабым местом безопасности. Невозможность установить обновление означает, что устройства в течение неопределенного времени остаются уязвимыми. Решение данной проблемы на стороне производителя. Также возможно самостоятельно проверить, способно ли ваше устройство обновляться. Необходимо убедиться, что файлы обновления загружаются с проверенного сервера по зашифрованному каналу и что устройство использует безопасную архитектуру установки обновления.

К одному из вариантов решения проблемы данной уязвимости можно отнести использование сетевого устройства. Через него все IoT имеют доступ к интернету, с помощью которого поддерживаются безопасные протоколы передачи данных, для того чтобы через него получать обновления.

Устройства или системы IoT поставляются с небезопасными настройками по умолчанию или не имеют возможности сделать систему более безопасной, ограничивая пользователей в изменении конфигурации. Чтобы избежать данной проблемы следует изменять настройки «по умолчанию» при возможности. Если отсутствует такая возможность, рекомендуется отказаться от производителя устройств IoT.

Немаловажной уязвимостью интернет вещей является недостаточная защита конфиденциальности. К недостаточной защите конфиденциальности относится личная информация пользователя, хранящаяся на устройстве или в экосистеме, которая используется небезопасно, ненадлежащим образом или без разрешения. IoT-устройства собирают информацию об окружающей среде и пользователях. Украденные или неправильно обработанные данные о пользователе могут ненамеренно дискредитировать человека. Чтобы избежать последствий данной незащищенности интернет вещей необходимо знать, какие данные собираются устройством IoT, мобильным приложением и облачными интерфейсами. Следует убедиться, что собираются только необходимые для функционирования устройства данные, проверить, есть ли разрешение на хранение персональных данных и защищены ли они, а также прописаны ли политики хранения данных. Иначе, при несоблюдении этих условий, у пользователя могут возникнуть проблемы с законодательными органами.

Существуют и другие проблемы уязвимости интернет вещей, связанные с оборудованием и программным обеспечением. Одна из наиболее распространенных — это ограниченность памяти. Поскольку в IoT устройствах используется оперативная память и жесткий диск, устройства IoT имеют ограниченную память. Данные устройства используют операционную систему реального времени (RTOS) или операционную систему общего назначения (GPOS) облегченной версии. Следовательно, схемы безопасности IoT также должны быть эффективными с точки зрения памяти. Поэтому необходимо выбирать продукции надежного производителя, который учел данный недостаток.

Немаловажной уязвимостью также является недостаточная физическая безопасность и наличие бэкдоров. Первая проблема безопасности экосистемы IoT заключается в том, что ее компоненты распределены в пространстве и часто устанавливаются в публичных или незащищенных местах. Это дает возможность злоумышленникам получить доступ к устройству и взять его под контроль локально или использовать для доступа к остальной сети. Данный недостаток исправляется усложнением физического доступа к устройствам. Их можно устанавливать на защищенных площадках,

на высоте или использовать антивандальные защищенные шкафы.

Следующая уязвимость — это ограниченность встроенного программного обеспечения. Устройства IoT используют операционные системы реального времени, которые встроены в эти устройства, поэтому IoT имеют очень маленький стек сетевых протоколов, что приводит к отсутствию большого количества модулей безопасности. Как меру предотвращения используют надежный и отказоустойчивый модуль безопасности с небольшим стеком протоколов.

Другие уязвимости связаны с проблемами сети и их данных, например, небезопасная передача и хранение данных, и отсутствие возможности управлять устройством. К данным недостаткам интернет вещей можно отнести отсутствие поддержки безопасности на устройствах, развернутых в производстве, включая управление активами, обновлениями, безопасный вывод из эксплуатации, мониторинг систем и реагирование, также недостаток шифрования или контроля доступа к конфиденциальным данным в любом месте экосистемы, в том числе при хранении, передаче или во время обработки. Устройства интернет вещей собирают и хранят данные об окружающей среде, в том числе различную персональную информацию. Чтобы избежать приведенные выше уязвимости обычно используют специализированное ПО для управления устройствами интернет вещей, например, облачные решения AWS, Google, IBM, помимо этого пользователю рекомендуется использовать безопасные каналы связи для передачи данных, а шифрованием хранимых паролей, биометрических и других важных данных должен заниматься производитель устройств.

Рекомендации по безопасности IoT

Согласно ГОСТу Р 50922–2006 и ГОСТ Р 51275–2006 можно выделить некоторые рекомендации по обеспечению безопасности IoT:

1. одной из основных задач безопасности, является устранение неоднородности IoT, вариантов решения может быть несколько вот некоторые из них: использование устройств только от одного производителя, использование защищенного приложения для контроля и настройки устройств. Данные действия помогают контролировать все IoT и также позволяют следить за их состоянием;
2. немаловажным также является планирование сети IoT, то как устройства соединены и как в ней действуют. И чтобы избежать проблем, связанных с тем что устройство при взломе будет узлом для атаки персональных вещей. Крайне рекомендуется использовать для интернет вещей отдельную

сеть, чтобы персональные данные были всегда в безопасности;

3. необходимо использовать устройства, которые вышли недавно, так как поддержка их ПО только началась, то есть, новое программное обеспечение создавалось с учетом существующих ошибок, или же покупать устройства, которые до сих пор получают поддержку от производителя в виде обновлений ПО. Таким образом можно будет избежать реализации угрозы использования уязвимостей старых обновлений;
4. активация двухфакторной аутентификации или использование возможностей биометрической аутентификации. Данная система значительно усложняет доступ к конфиденциальным данным пользователя и устраняет недостатки парольной системы. Также аутентификацию можно усложнить с помощью голосовой идентификации, SecureID, USB-ключей, а также генераторов кодов [1], [2].
5. Усложнение физического доступа к устройствам.
6. Использование шифрования хранимых паролей.

Заключение

В настоящее время IoT является довольно молодой технологией, которая стремится сделать те или иные задачи более доступными для человека, и вследствие чего имеет недостатки, связанные с информационной безопасностью.

Для их устранения необходимо подробно ознакомиться с соответствующими рекомендациями; необходимо обращать особое внимание на стадии проектирования сети интернет вещей. По этой причине одной из главных задач при применении IoT технологий является обеспечение защиты информации, путем применения комплексов средств защиты.

В данной статье были рассмотрены теоретические и практически установленные недостатки и уязвимости IoT устройств, свойственные продукции различных производителей. На их основании было проведено исследование возможных способов решения, которые, в соответствии с государственными стандартами, приводятся в тексте статьи.

Как уже было сказано выше, технологии интернета вещей еще довольно молоды. По этой причине еще не удается в полной мере охватить возможные проблемы, которые могут возникнуть в ходе эксплуатации. Однако, опираясь на уже имеющиеся данные и знания в области информационной безопасности, в ходе написания статьи был получен набор правил и рекомендаций, который уже готов к применению.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 50922–2006 «Основные термины и определения»
2. ГОСТ Р 51275–2006 — «Объект информатизации. Факторы, воздействующие на информацию»
3. ГОСТ Р 51898–2002 — «Аспекты безопасности»
4. Chris Hallum Senior Product Marketing Manager “New research shows IoT and OT innovation is critical to business but comes with significant risks” URL: <https://www.microsoft.com/security/blog/2021/12/08/new-research-shows-iot-and-ot-innovation-is-critical-to-business-but-comes-with-significant-risks/> (дата обращения: 17.04.2022).
5. Полищук Е.И. АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ» В ИНДИВИДУАЛЬНОМ ЖИЛОМ ДОМЕ // Материалы XI Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2019/article/2018015646> (дата обращения: 17.04.2022).

© Шутов Василий Александрович (shutov@mirea.ru), Шоленинов Михаил Владимирович (medvedsholeninov@gmail.com),
Котилевец Игорь Денисович (ikotilevets@gmail.com), Кашурин Лев Вячеславович (ОтSpec17L10@outlook.com),
Богдельщикова Евгения Владимировна (bogadelshikova@list.ru), Шишов Валерий Дмитриевич (shishov265@gmail.com).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ВЫЯВЛЕНИЕ ФАКТОРОВ РИСКА АЛЛЕРГИЧЕСКОГО РИНИТА У ДЕТЕЙ РАЗНОГО ВОЗРАСТА, ПРОЖИВАЮЩИХ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

IDENTIFICATION OF RISK FACTORS FOR ALLERGIC RHINITIS IN CHILDREN OF DIFFERENT AGES LIVING IN THE CENTRAL FEDERAL DISTRICT

P. Berezanskiy

Summary. Allergic pathologies of various nature occur in 25–30% of children. Allergic rhinitis (AR) is one of the most common diseases in children. The study was conducted in five independent territories in the Central Federal District. The total population of children was 361281 children, and the number of children diagnosed with AR was 6757 people. Epidemiological parameters were assessed including relative risk and odds ratio. According to the highest chance of the risk factor realization, the age differentiation of the population into four age groups was carried out: children from birth to 5 years old, children 6–7 years old, 8–12 years old and children over 13 years old. In each specific area, an increase in AR occurs under the influence of various risk factors specific to a particular area, ignorance of which leads to an increase in the total number of patients with AR, the number of children with late diagnoses, as well as a decrease in the quality of life of patients and their families, which has significant socio-economic consequences.

Keywords: аллергический ринит, факторы риска, аллергия, относительный риск, отношение шансов, эпидемиологический анализ.

Бережанский Павел Вячеславович

Кандидат медицинских наук
ГБУЗ «Морозовская ДГКБ ДЗМ» г. Москва
p.berezhanskiy@mail.ru

Аннотация. Аллергические патологии различного характера встречаются у 25–30% детей. Аллергический ринит (АР) является одним из наиболее распространенных заболеваний у детей. Исследование было проведено на пяти независимых территориях в Центральном федеральном округе. Общая популяция детей составила 361281 ребенок, а количество детей с установленным диагнозом АР составило 6757 человек. Были оценены эпидемиологические показатели включая относительный риск и отношение шансов. По наибольшему шансу реализации фактора риска была проведена возрастная дифференцировка популяции на четыре возрастных группы: дети с рождения до 5 лет, дети 6–7 лет, 8–12 лет и дети старше 13 лет. В каждой конкретной области увеличение АР происходит под воздействием разных факторов риска, специфичных для отдельно взятой области, незнание которых приводит к увеличению общего количества пациентов с АР, количества детей с поздно установленными диагнозами, а так же снижению качества жизни пациентов и их семей, что имеет значимые социально-экономические последствия.

Ключевые слова: аллергический ринит, факторы риска, аллергия, относительный риск, отношение шансов, эпидемиологический анализ.

Введение

Аллергический ринит (АР) представляет одну из наиболее актуальных проблем аллергологии и иммунологии, так как, несмотря на улучшение лечебно-диагностических подходов, число больных остается весьма значительным. Аллергические патологии различного характера встречаются у 25–30% детей [1–3]. Ряд исследователей полагают, что влияние АР на качество жизни более значимо, чем при бронхиальной астме [4].

Как известно АР представляет собой многофакторное заболевание, в развитии которого играют роль многие факторы. АР чаще встречается среди мальчиков, чем среди девочек в возрасте от 6 до 7 лет, в то время как, в возрасте 13–14 лет отмечается противоположная тенденция [5].

В настоящее время первым и одним из самых доминирующих факторов риска является наличие наследственной отягощенности по аллергическим заболеваниям. Предполагаемая наследуемость АР по первой линии родства составляет от 70% до 80% [6].

Активное и пассивное курение так же является важным фактором риска развития АР [7].

Многие авторы отмечают, что социально-экономические показатели являются доминирующими факторами риска в развитии АР, который был выявлен в начале 19 века и до настоящего времени сохранил свою актуальность [8]. Grabenhenrich L.B. отмечает, что низкий социально-экономический статус является важным фактором риска для всех детей родившихся после 1990 года в Европе [9].

В то же время Lee K.S. et al. отмечают, что высокий достаток семьи является значимым фактором риска развития АР у подростков [10]. Strachan D.P. et al. в своем метаанализе подтвердил, что прямая связь между количеством братьев и сестер и распространенностью АР очень сильная, особенно в более богатых странах [11].

Учитывая, что АР является многофакторным заболеванием, развитие которого зависит от взаимосвязи большого количества патогенетических механизмов, а так же возможность реализации одного фактора риска или сочетание различных факторов риска в разные возрастные промежутки, необходимо провести комплексный анализ всех клинических проявлений АР, а так же факторов риска, влияющих на реализацию АР у детей в различные возрастные промежутки. Это позволит прогнозировать развитие заболевания и разработать персонализированные мероприятия по эффективной профилактической работе.

Цель

Установить наличие известных факторов риска развития аллергического ринита, определить их относительные риски и отношение шансов их реализации у детей, проживающих в Центральном федеральном округе за 2017–2021 года в различных возрастных группах.

Материалы и методы

Исследование было проведено на базах ГБУЗ МО «Одинцовская областная больница» г. Одинцово, ГБУЗ ЯО «Областной детской клинической больницы» г. Ярославль, ГБУЗ ТО «Городская детская клиническая больница» г. Твери, ГБУЗ ВО «Областная детская клиническая больница» г. Владимира, ГБУЗ ВО «Вологодская детская городская поликлиника». Протокол текущего исследования одобрен на заседании локального этического комитета при ГБУЗ «Морозовской ДГКБ ДЗМ» (№ 5 от 23 декабря 2021 г.).

Данные для проведения анализа были получены из основных годовых статистических отчетов по форме № 030-ПО/о-17 («Сведения о профилактических медицинских осмотрах несовершеннолетних», Приказ Минздрава России от 10.08.2017 г. № 514) и формы № 030-Д/с/о-13 («Сведения о диспансеризации несовершеннолетних», Приказ Минздрава России от 15.02.2013 г. № 72н, приложение 3) анализа базы данных из амбулаторных карт всех пациентов; 4) анализа зафиксированных и оцененных факторов риска, а так же их экспозиции за 2017–2021 гг.

Критерии включения в исследование:

1. Наличие полных ретроспективных независимых данных по пяти независимым областям ЦФО, в которых непосредственно фигурировали факторы риска АР.
2. Наличие статистической отчетности за 2017–2021 гг., то есть период наблюдения составил 5 лет.

На основании представленных данных была произведена оценка однородности изучаемых популяций по возрастному и временному критерию, проводился анализ факторов риска развития АР, зафиксированных педиатром у пациентов с установленным диагнозом с кодом по Международной классификации болезней 10 пересмотра — J30.1, J30.2, J30.3, J30.4.

При оценке доказательной базы эффективности нашего исследования выполнялся анализ и синтез информации в каждом временном диапазоне, который был выполнен у 100% пациентов с АР. Анализ включает отбор, рассмотрение результатов и оценку методологического качества. Синтез полученных данных заключался в объединении результатов за каждый год наблюдения и получения обобщающей оценки факторов риска в различных возрастных периодах в изучаемой популяции [12].

Оценка качества исследований производилась на основании полноты представленных данных двумя независимыми рецензентами с расчетом риска системной ошибки, оценки распределения и независимого сравнения результатов. Разногласий не возникло.

В ходе работы определялись и анализировались все имеющиеся факторы риска за исследуемый период времени. Далее все выявленные факторы риска были объединены в одну базу данных для дальнейшего анализа значимости эффекта воздействия и определение наиболее значимых факторов риска [13]. Учитывая факт того, что изучаемые популяции были неоднородны, то было принято решение провести анализ факторов риска по возрастным различиям согласно международным рекомендациям [14]. В предыдущем исследовании были оценены: добавочный риск, добавочный популяционный риск, добавочная доля популяционного риска, атрибутивная фракция. Полученные данные мы взяли для настоящего исследования, в котором оценивали относительный риск (OR, relative risk — RR) по формуле:

$RR = RF+ / RF-$, где RF+ — инцидентность в группе детей, подвергшихся экспозиции фактора риска, RF- инцидентность в группе детей, не подвергшихся экспозиции фактора риска.

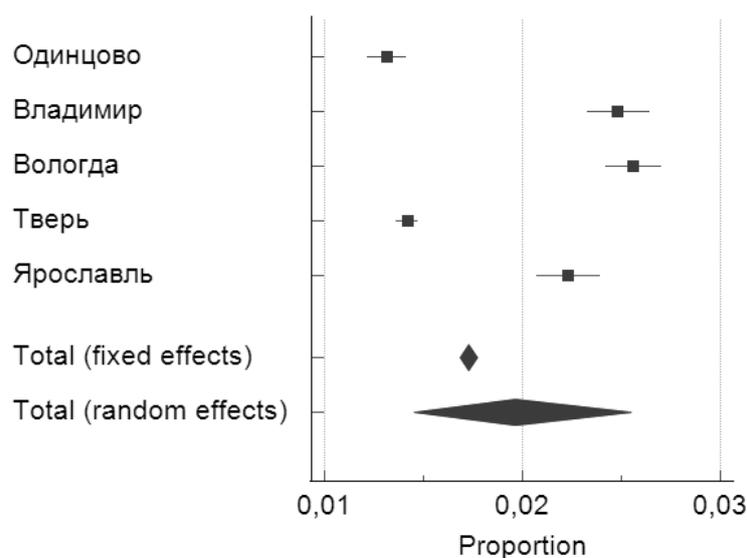


Рис. 1. Forest plot распространенности АР

Отношение шансов (ОШ, OR — odds ratio) реализации АР равняется числу наступивших событий, отнесенных к числу не наступивших событий при воздействии фактора риска. Расчет осуществлялся по формуле:

ОШ= a/b : c/d = (a*d)/(b*c), где a — инцидентность в группе детей с АР, имеющих фактор риска, b — инцидентность в группе детей с АР, не имеющих фактор риска, c — количество детей без АР, имеющих фактор риска, d — количество детей без АР не имеющих фактор риска.

Для каждого показателя были оценены доверительные интервалы. Оценка риска является одновременно качественной и количественной характеристикой вероятности реализации АР под воздействием конкретного фактора риска [15].

На основании сформированных баз данных проведен статистический анализ посредством пакета компьютерных программ Stata/MP 14.0 for Windows (StataCorpLP, USA) <https://www.stata.com>

Результаты

По результатам проведенного анализа выявлено, за 2017–2021 гг. на всех изучаемых территориях отмечается неуклонный рост общей детской популяции, при этом на всех территориях отмечается увеличение количества роста пациентов с рождения до 17 лет с аллергическим ринитом, в некоторых регионах, таких как г. Одинцово и г. Тверь частота АР растет в геометрической прогрессии. Общая популяция детей составила

361281 ребенок на IV квартал 2021 г, а количество детей с установленным диагнозом АР составило 6757 человек (получено свидетельство о регистрации базы данных № 2022621831 от 09.07.2022 г.).

По результатам проведенного анализа выявлено, что АР является распространенным аллергическим заболеванием верхних дыхательных путей у детей, проживающих в Московской, Ярославской, Тверской, Вологодской и Владимирской областях, с истинно установленной по статистической отчетности медицинских организаций частотой встречаемости в 2021 г. от 1,472% до 2,684% (средний случайный эффект 2,143 с ДИ: 1,599–2,763).

На графике forest plot (рис. 1) видно, что регионы, данные по которым расположены правее общего суммационного эффекта, имеют более неблагоприятную ситуацию по распространенности АР среди детского населения. При оценке качества распределения относительно среднего фиксированного эффекта выявлено, что все исследования соответствуют нормальному распределению и стандартная ошибка в данных исследованиях меньше 0,03.

По данным forest plot и проведенного мета-анализа выявлена не одинаковая частота встречаемости АР среди детского населения. Гетерогенность выборок, находящихся левее или правее среднего эффекта, не случайна и говорит о том, что есть отдельные факторы, влияющие на частоту АР в этих регионах. Например, в Одинцово и Твери эти факторы более близки, чем в других регионах, и наоборот.

Таблица 1. Относительный риск и отношение шансов в группе неуправляемых факторов риска у детей до 5 лет

№	Фактор риска	ОР	-95% CI	+95% CI	ОШ	-95% CI	+95% CI
1 (I)	Отягощенная наследственность	4,024	2,089	7,146	4,9526	2,571	9,589
2 (I)	Национальность	3,657	1,886	6,124	4,5009	1,245	8,218
3 (I)	Отягощенный собственный аллергоанамнез	1,664	1,084	5,863	2,048	0,141	7,867
4 (I)	Пол женский	0,286	0,067	0,384	0,352	0,009	0,515
5 (I)	Родился зима/лето	2,757	1,061	6,631	3,3932	0,138	8,898
6 (I)	Пол мужской	0,121	0,033	0,798	0,1489	0,004	0,603

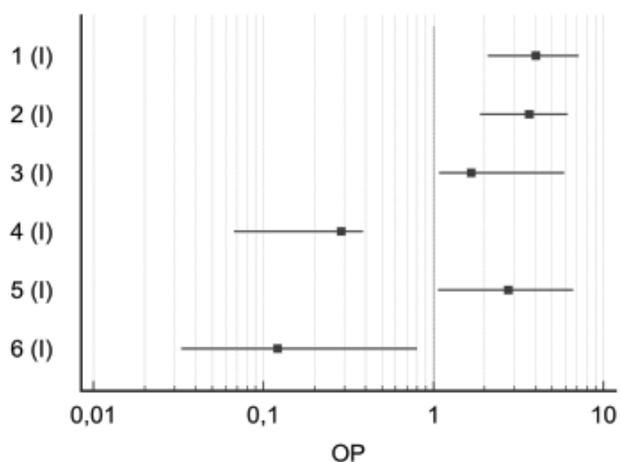


Рис. 2. Относительные риски неуправляемых факторов риска в группе детей до 5 лет

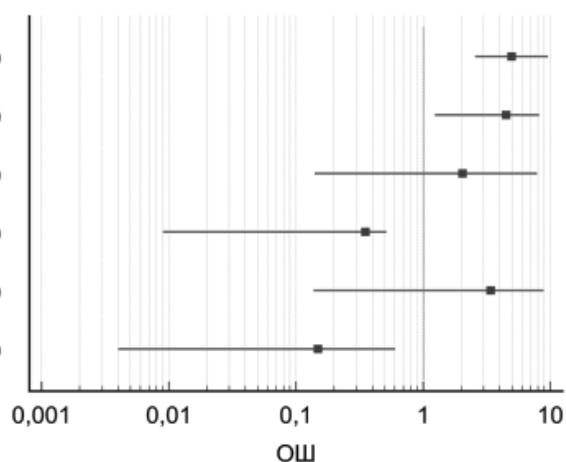


Рис. 3. Отношение шансов неуправляемых факторов риска в группе детей до 5 лет

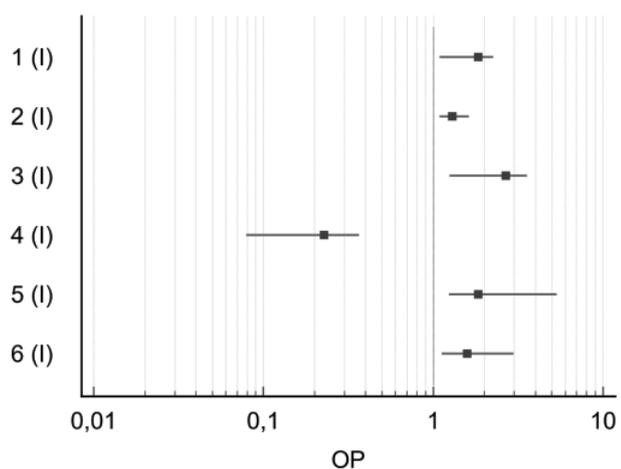


Рис. 4. Относительные риски неуправляемых факторов риска в группе детей 6–7 лет

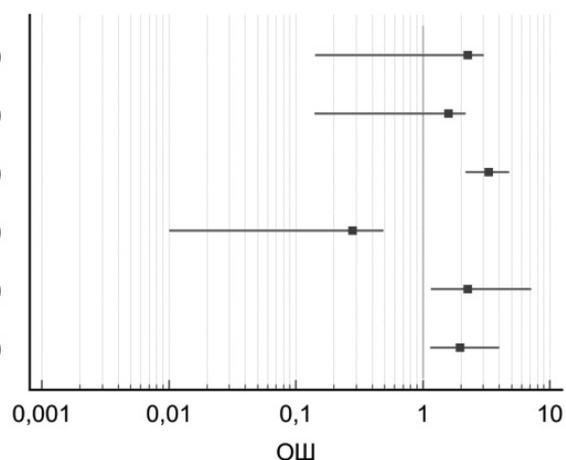


Рис. 5. Отношение шансов неуправляемых факторов риска в группе детей 6–7 лет

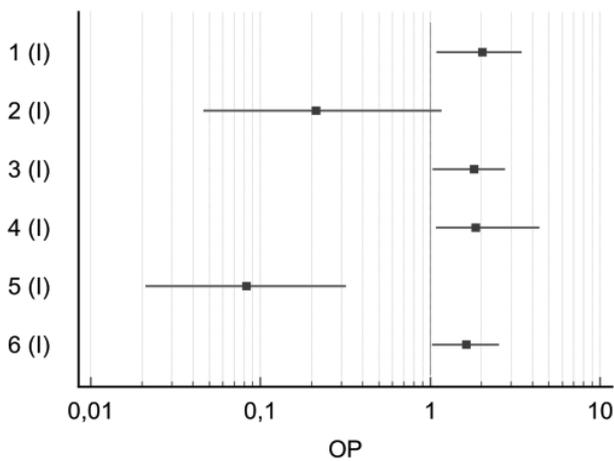


Рис. 6. Относительные риски неуправляемых факторов риска в группе детей 8–17 лет

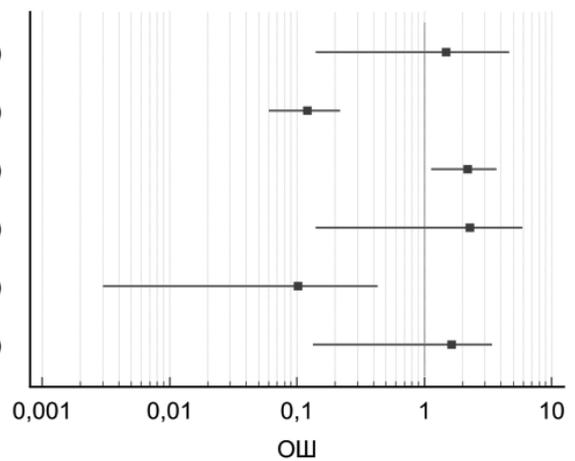


Рис. 7. Отношение шансов неуправляемых факторов риска в группе детей 8–12 лет

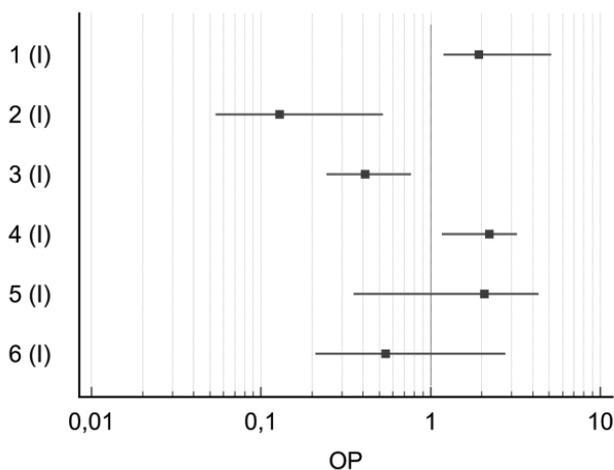


Рис. 8. Относительные риски неуправляемых факторов риска в группе детей 13 лет и старше

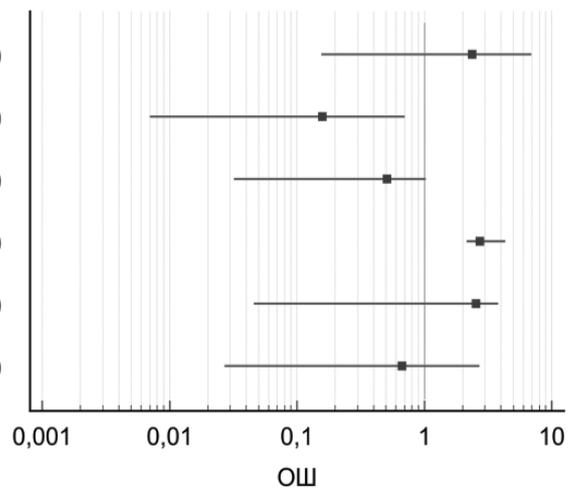


Рис. 9. Отношение шансов неуправляемых факторов риска в группе детей 13 лет и старше

При анализе данных за 5 лет выявлено постепенное смещение общего случайного эффекта правее от среднего фиксированного эффекта, а также смещение регионов в правую сторону, что говорит об ухудшении здоровья детского населения, связанного с АР.

Полученные результаты мета-анализа по каждой области включенной в исследование, позволяют утверждать, что в каждой конкретной области увеличение АР происходит под воздействием разных факторов риска, специфичных для отдельно взятой области, незнание которых приводит к увеличению общего количества

пациентов с АР, количества детей с поздно установленными диагнозами, а так же снижению качества жизни пациентов и их семей, что имеет значимые социально-экономические последствия.

Для выявления факторов риска и определения их ОР и ОШ было решено провести полный разбор и анализ на примере г. Одинцово, Московской области. Данные об инцидентности и превалентности в данном регионе указаны в статье Бережанский П.В., Шубин Л.Б., Чуприкова Н.П. Распространенность аллергического ринита среди детей, проживающих на территории Одинцов-

ского городского округа Московской области // Медико-фармацевтический журнал "Пульс".— 2022.— Т. 24. № 5.— С. 5–12. Doi: <http://dx.doi.org/10.26787/nydha-2686-6838-2022-24-5-5-12>.

На момент ретроспективного анализа — IV квартал 2021 года, к ГБУЗ МО Одинцовской областной больнице (ООБ) было прикреплено 61204 детей в возрасте от 0 до 17 лет.

В ходе работы была сформирована база данных (Свидетельство о регистрации № 2022620939 от 13.04.2022 г.) факторов риска. Все факторы риска развития АР и по возможности воздействия на них и снижения их эффекта, они были разделены на 3 группы: неконтролируемые, частично контролируемые и контролируемые.

Важным показателем, который помогает оценить во сколько раз выше заболеваемость среди лиц, подвергшихся, чем среди не подвергшихся воздействию фактора риска, является ОР. При этом оценка ОР не может являться абсолютным критерием важности фактора риска без оценки отношения шансов реализации, так как даже при высоком относительном риске шанс реализации фактора риска в изучаемой популяции может быть низким.

Учитывая высокую гетерогенность выборки и длительный период наблюдения, а также проведенный расчет ОР и ОШ все дети были распределены на 4 группы: с рождения до 5 лет, 6–7 лет, 8–12 лет и старше 13 лет. Именно такая возрастная дифференцировка позволяет оценить вклад каждого фактора риска в развитие АР.

В группе неуправляемых факторов риска выявлено, что у детей до 5 лет важными факторами риска, оказывающими наибольший эффект, являются отягощенная наследственность (ОР – 4,024, ДИ: 2,089–7,146; ОШ 4,9526, ДИ: 2,571–9,589) и национальность (ОР – 3,657, ДИ: 1,886–6,124; ОШ 4,5009, ДИ: 1,245–8,218) (Рис. 2). Такие факторы риска, как рождение зимой/летом и отягощенный собственный аллергоанамнез так же имеют ОР выше 1 (Таб. 1), но при оценке ОШ факторов риска достоверно оказывающими эффект в данной возрастной группе являются только отягощенная наследственность и национальность (Рис. 3). Национальность имеет более широкий размах, но фиксированное значение реализации смещено от среднего показателя и находится левее, чем при отягощенной наследственности. Таким образом, такой фактор риска, как отягощенная наследственность является самым значимым в данной группе. Другие факторы риска не оказывают доказанного эффекта на реализацию АР в данном возрасте.

Во второй возрастной группе — 6–7 лет среди неуправляемых факторов риска пять из шести имеют высокий ОР, который выше 1. При оценке ОШ выявлено, что в данной возрастной группе оказывают эффект такие факторы риска, как (в порядке ослабления эффекта): отягощенный собственный аллергоанамнез (ОР – 2,684, ДИ: 1,246–3,563; ОШ 3,3034, ДИ: 2,216–4,781), рождение зима/лето (ОР – 1,837, ДИ: 1,232–5,319; ОШ 2,2609, ДИ: 1,160–7,137) и мужской пол (ОР – 1,589, ДИ: 1,121–2,978; ОШ 1,9557, ДИ: 1,145–3,996). (Рис. 4,5)

В группе детей от 8 до 12 лет среди неуправляемых факторов риска было выявлено, что достоверно высокий ОР имеют 4 фактора: отягощенная наследственность, отягощенный собственный аллергоанамнез, женский и мужской полы (Рис. 6). При расчете ОШ выявлено, что действительно доказанный эффект на реализацию АР имеет отягощенный собственный аллергоанамнез (ОР – 1,811, ДИ: 1,036–2,752; ОШ 2,192, ДИ: 1,134–3,693) (Рис. 7).

В подростковой группе (старше 13 лет) выявлен высокий ОР у таких факторов риска, как отягощенная наследственность (ОР – 1,924, ДИ: 1,193–5,152) и женский пол (ОР – 2,223, ДИ: 1,168–3,236), однако при расчете ОШ выявлено, что отягощенная наследственность не является достоверным фактором риска в данной возрастной категории, так как вариационный размах пересекает 1 и составляет ОШ — 2,368, ДИ: 0,155–6,913. Единственным достоверным фактором риска в данной группе является женский пол (ОШ – 2,736, ДИ: 2,151–4,342) (Рис. 8,9)

Таким образом, в группе неуправляемых факторов риска достоверно реализуются в выделенных нами возрастных категориях разные факторы риска: в группе до 5 лет — отягощенная наследственность и национальность, в группе 6–7 лет — отягощенный собственный аллергоанамнез, рождение зима/лето и мужской пол, в группе 8–12 лет — отягощенный собственный аллергоанамнез и в группе старше 13 лет — женский пол. Выявленные достоверные ОР и ОШ служат доказательством важности возрастной дифференцировки при расчете факторов риска и избирательного воздействия факторов риска при реализации АР.

К частично управляемым факторам риска относятся факторы, на которые можно оказать воздействие, уменьшив их вклад в реализацию АР в популяции, но при этом нельзя полностью нивелировать оказываемый ими эффект. Данная группа факторов риска представляет собой совокупность социально-биологических и социально-экономических факторов риска. Общее количество частично управляемых факторов рисков, выявленных в популяции, составило 10 факторов: грудное вскармли-

Таблица 2. Относительный риск и отношение шансов в группе частично управляемых факторов риска у детей до 5 лет.

№	Фактор риска	ОР	-95% CI	+95% CI	ОШ	-95% CI	+95% CI
1 (II)	Грудное вскармливание менее 2 месяцев	3,126	2,302	3,898	4,139	2,537	5,520
2 (II)	Высшее образование у родителей	0,847	0,422	2,708	0,122	0,098	3,834
3 (II)	Частые ОРВИ (более 5 раз старше 7 лет, более 10 раз с 3 лет)	3,356	1,939	5,962	4,444	0,452	8,443
4 (II)	Наличие перинатальных поражений центральной нервной системы	1,962	1,680	3,670	2,598	1,392	5,196
5 (II)	Высокий уровень стресса	0,985	0,857	2,603	0,230	0,120	2,686
6 (II)	Срок гестации (менее 35 недель)	1,961	1,089	4,244	2,596	1,254	6,010
7 (II)	Социально-экономический уровень семьи высокий	1,813	1,119	2,743	2,400	1,261	3,884
8 (II)	Размер семьи (более 5 человек)	1,740	1,197	2,723	2,303	1,279	3,856
9 (II)	Кесарево сечение	2,816	1,035	4,248	2,670	1,654	6,015
10 (II)	Социально-экономический уровень семьи низкий	0,526	0,193	1,913	0,697	0,045	0,971

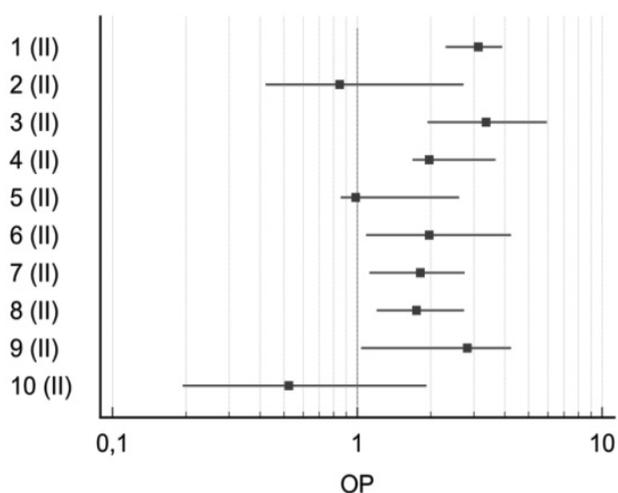


Рис. 10. Относительные риски частично управляемых факторов риска в группе детей до 5 лет

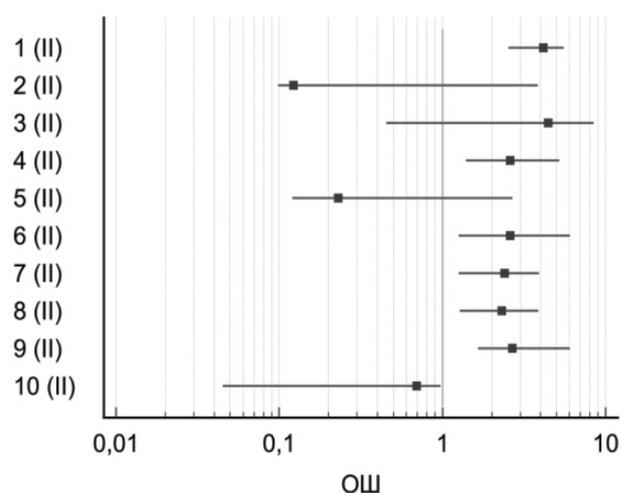


Рис. 11. Отношение шансов частично управляемых факторов риска в группе детей до 5 лет

вание менее 2 месяцев, высшее образование у родителей, частые ОРВИ (более 5 раз старше 7 лет, более 10 раз с 3 лет), наличие перинатальных поражений центральной нервной системы (ППЦНС), высокий уровень стресса, срок гестации (менее 35 недель), социально-экономический уровень семьи высокий, размер семьи (более 5 человек), кесарево сечение и социально-экономический уровень семьи низкий. ОР и ОШ были рассчитаны для каждой возрастной группы (Таб.2).

В группе детей до 5 лет семь из десяти факторов риска имели достоверный относительный риск, наиболее

высокие показатель были у таких факторов риска, как частые ОРВИ (более 5 раз старше 7 лет, более 10 раз с 3 лет) (ОР – 3,356, ДИ:1,939–5,962) и грудное вскармливание менее 2 месяцев (ОР – 3,126, ДИ: 2,302–3,898), но при этом при оценке отношения шансов реализации фактора риска было выявлено, что частые ОРВИ (ОШ – 4,444, ДИ:0,452–8,443) не являются достоверным фактором риска AP в данной возрастной группе. Достоверными факторами риска с высоким шансом реализации в данной популяции являются: кесарево сечение (ОР – 2,816, ДИ: 1,035–4,248; ОШ — 2,670, ДИ: 1,654–6,615), срок гестации менее 35 недель (ОР – 1,961; ДИ: 1,089–4,244, ОШ — 2,596,

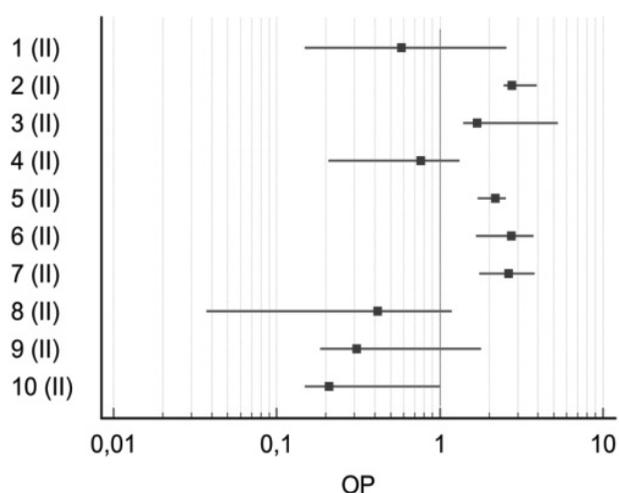


Рис. 12. Относительные риски частично управляемых факторов риска в группе детей 6–7 лет

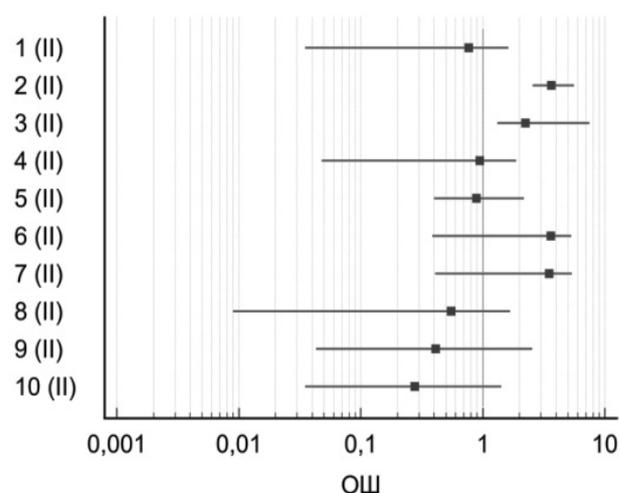


Рис. 13. Отношение шансов частично управляемых факторов риска в группе детей 6–7 лет

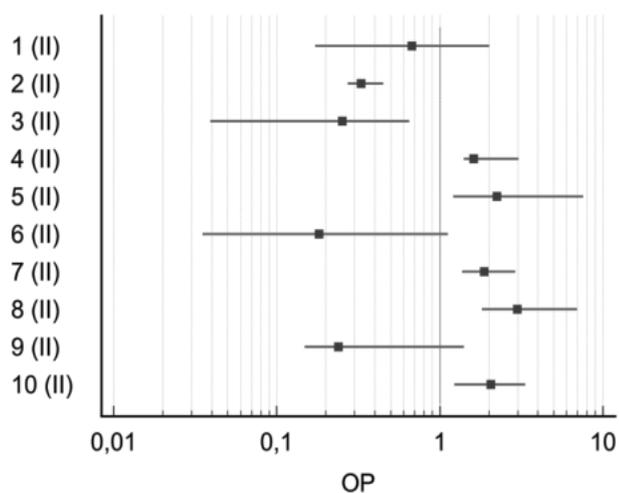


Рис. 14. Относительные риски частично управляемых факторов риска в группе детей 8–12 лет

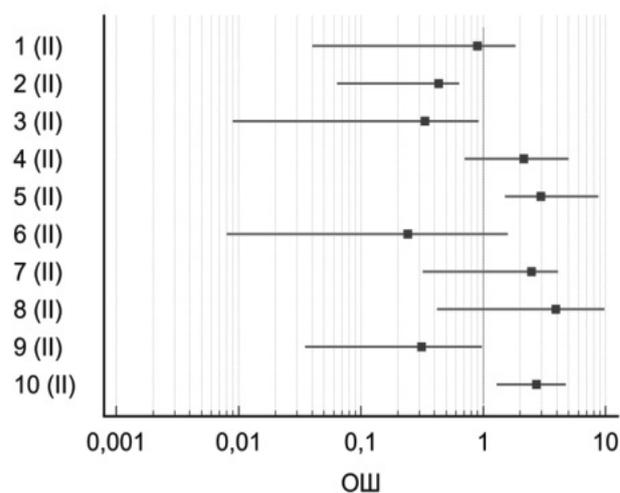


Рис. 15. Отношение шансов частично управляемых факторов риска в группе детей 8–12 лет

ДИ: 1,254–6,010) и наличие ППЦНС (ОР – 1,962, ДИ:1,680–3,670; ОШ — 2,598, ДИ: 1,392–5,196) (Рис. 10,11).

Во второй возрастной группе среди частично управляемых факторов риска пять факторов имеют показатель ОР выше 1 (Рис. 12), при этом достоверно оказывают эффект в изучаемой популяции два фактора: высшее образование у родителей (ОР – 2,755, ДИ: 2,466–3,930; ОШ — 3,340, ДИ: 2,575–5,564), который и оказывает максимально высокий эффект в данном возрасте, и частые ОРВИ (более 5 раз старше 7 лет, более 10 раз с 3 лет

(ОР –1,695, ДИ: 1,389–5,282; ОШ –2,245, ДИ: 1,324–7,479), (Рис. 13) Такой фактор риска, как частые ОРВИ в группе детей до 5 лет имеет более высокие показатели ОР и ОШ, а так же более широкий вариационный размах (Таб. 1), чем в группе дошкольников, но при этом является недостоверным при реализации АР, что подтверждает значимость отдельных факторов риска в определенных возрастных категориях.

У детей в возрасте 8–12 лет среди частично управляемых факторов риска значимый эффект оказывают

Таблица 3. Относительный риск и отношение шансов в группе управляемых факторов риска у детей до 5 лет.

№	Фактор риска	ОР	мин	маж	ОШ	мин	Мах
1 (III)	Использование компьютера более 2 часов в день	0,407	0,177	1,602	0,583	0,057	1,440
2 (III)	Прием парацетамола и антибиотиков в первые 12 месяцев жизни	3,020	2,399	5,746	4,325	2,770	8,752
3 (III)	Избыток массы тела и ожирение	0,303	0,158	1,763	0,433	0,051	0,846
4 (III)	Низкий уровень витамина Д — ниже 30 нг/мл	0,137	0,040	1,634	0,196	0,013	0,488
5 (III)	Проживание в городской среде	3,265	1,951	8,682	4,675	0,626	13,222
6 (III)	Проживание возле автомагистралей	1,626	1,095	8,875	2,328	0,351	13,516
7 (III)	Наличие животных дома и домашней пыли	2,972	1,512	6,864	4,256	0,485	10,454
8 (III)	Пассивное курение	0,456	0,382	1,863	0,654	0,123	1,837
9 (III)	Вредные привычки	0,246	0,035	0,744	0,352	0,011	1,134
10 (III)	Позднее введение прикормов	2,923	2,173	4,661	4,186	0,697	7,099
11 (III)	Материнская депрессия	2,652	1,254	6,764	3,797	2,403	10,302
12 (III)	Наличие плесени и грибка	0,330	0,135	1,805	0,472	0,043	1,749

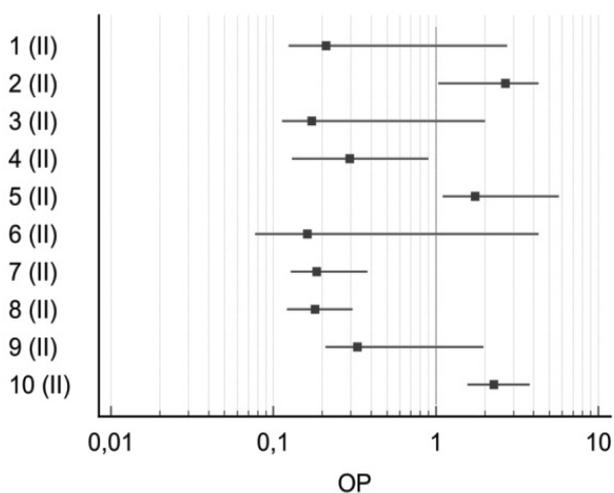


Рис. 16. Относительные риски частично управляемых факторов риска в группе детей старше 13 лет

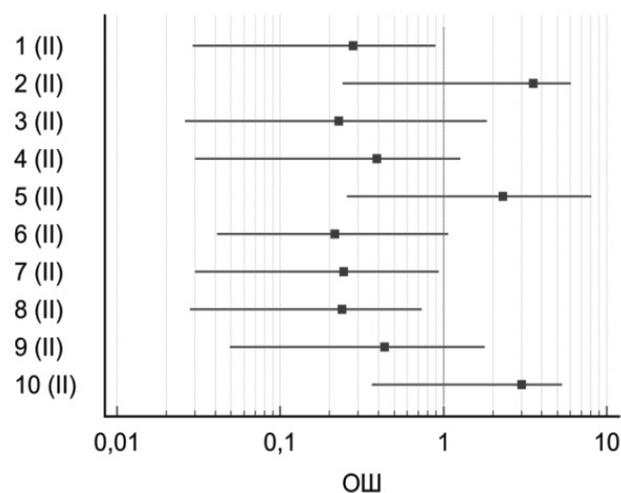


Рис. 17. Отношение шансов частично управляемых факторов риска в группе детей старше 13 лет

два социальных фактора: высокий уровень стресса (ОР –2,240 ДИ: 1,209–7,572; ОШ –2,966, ДИ: 1,515–8,722) и низкий социально экономический уровень семьи (ОР –2,062 ДИ: 1,252–3,342; ОШ –2,730, ДИ: 1,287–4,733) при достоверно высоких шансах реализации (Рис. 14,15). При этом высокий уровень стресса является более значимым и имеет более широкий вариационный размах. По международным данным более 50% пациентов с АР и бронхиальной астмой испытывают острый и хронический стресс, что делает данный фактор риска еще более актуальным, но при этом данный

фактор риска нельзя перенести в группу управляемых факторов.

Среди подростков достоверно высокую силу связи между воздействием и заболеванием, на основании оценки ОР, имеют такие факторы риска, как высшее образование родителей (ОР –2,678 ДИ: 1,034–4,261; ОШ –3,546 ДИ: 0,241–6,034), высокий уровень стресса (ОР –1,740 ДИ: 1,103–5,689; ОШ –2,304, ДИ: 0,257–8,055) и низкий социально-экономический уровень семьи (ОР –2,275 ДИ: 1,562–3,763; ОШ –3,012, ДИ: 0,364–5,328)

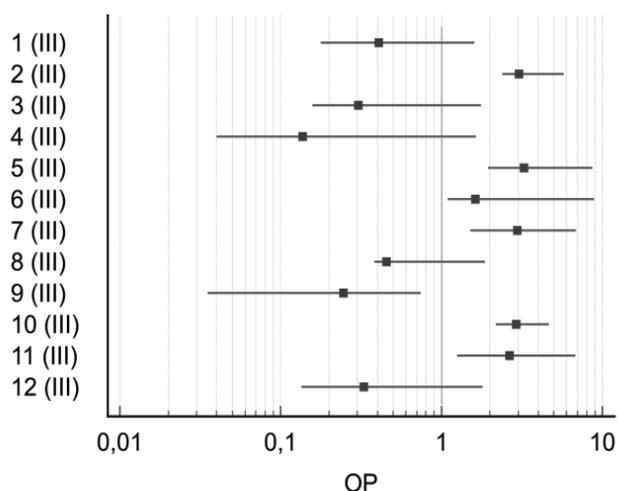


Рис. 18. Относительные риски управляемых факторов риска в группе детей до 5 лет

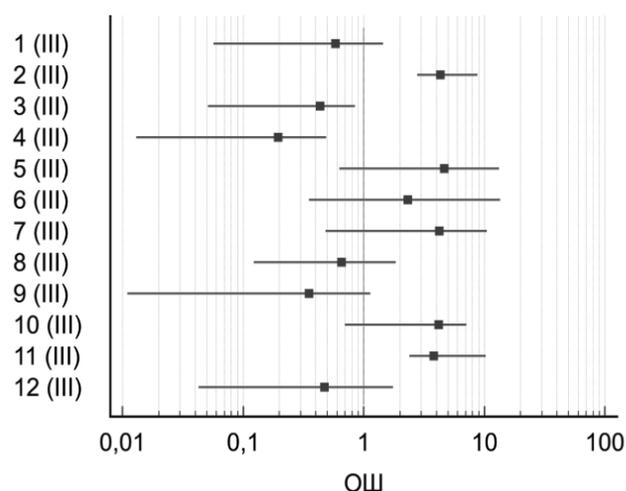


Рис. 19. Отношение шансов управляемых факторов риска в группе детей до 5 лет

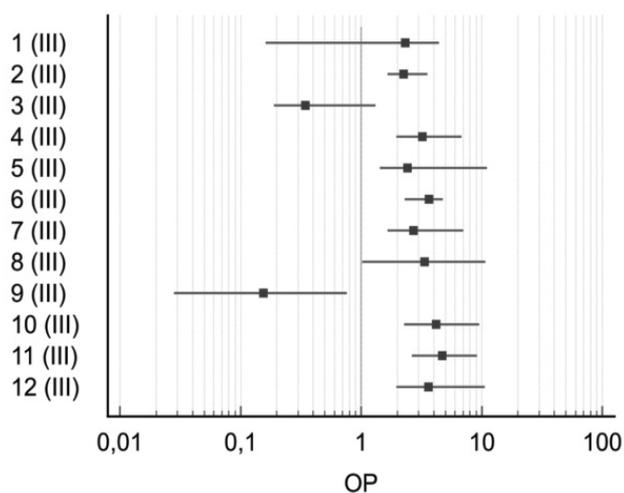


Рис. 20. Относительные риски управляемых факторов риска в группе детей 6–7 лет

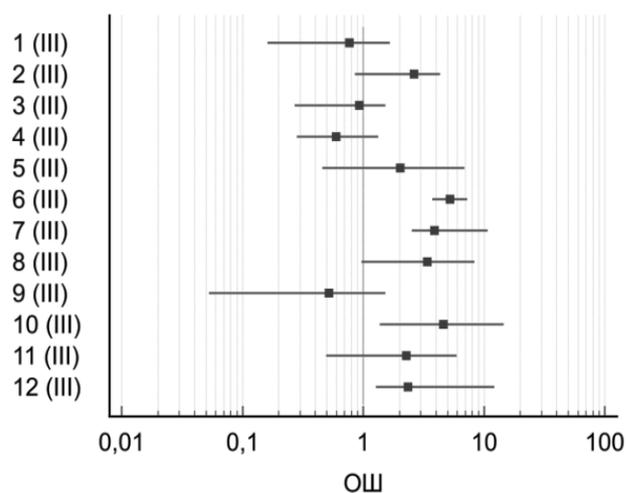


Рис. 21. Отношение шансов управляемых факторов риска в группе детей 6–7 лет

(Рис. 16,17). При этом отношение шансов реализации каждого из выявленных факторов меньше 1, что говорит об отсутствии достоверных факторов риска развития АР среди частично управляемых в данной возрастной группе.

Самая многочисленная группа среди факторов риска (12 факторов) — управляемые факторы риска, то есть факторы риска, на которые могут повлиять сами пациенты, их родственники и медицинские работники и полностью исключить их у конкретного пациента,

тем самым полностью исключить из участия в реализации АР. Данная группа является самой перспективной по реализации профилактических и организационных мероприятий. Все выявленные факторы в данной группе являются медико-социальными.

В группе до 5 лет половина факторов обладают высоким ОР (Таб.3, Рис. 18). При оценке ОШ выявленных факторов в изучаемой популяции только два фактора риска, которые можно отнести к медицинским факторам, показывают достоверный эффект: прием пара-

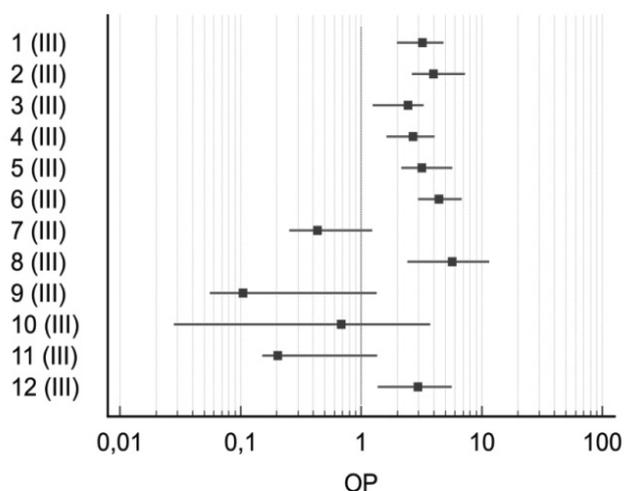


Рис. 22. Относительные риски управляемых факторов риска в группе детей 8–12 лет

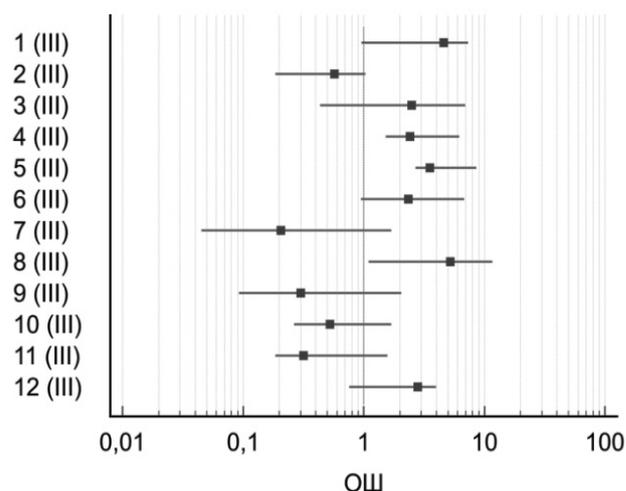


Рис. 23. Отношение шансов управляемых факторов риска в группе детей 8–12 лет

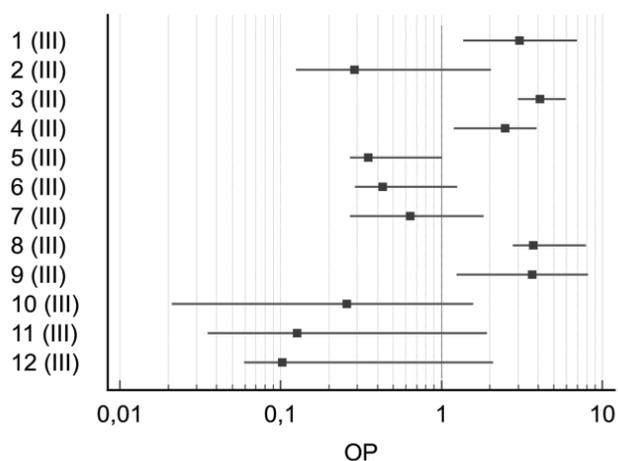


Рис. 24. Относительные риски управляемых факторов риска в группе детей 13 лет и старше

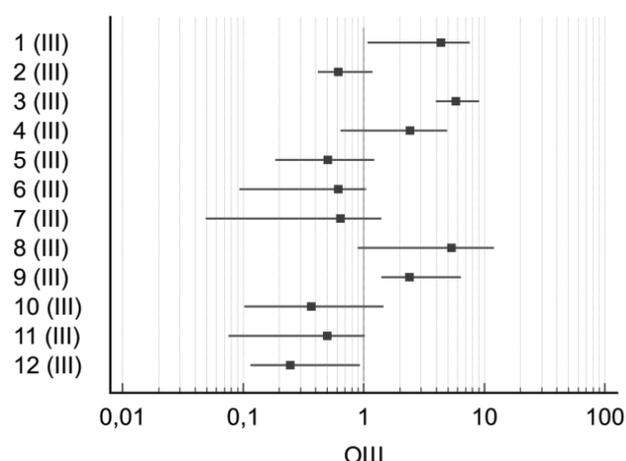


Рис. 25. Отношение шансов управляемых факторов риска в группе детей 13 лет и старше

цетамола и антибиотиков в первые 12 месяцев жизни (ОР – 3,020 ДИ: 2,399–5,746; ОШ – 4,325 ДИ: 2,770–8, 752) и материнская депрессия (ОР – 2,652 ДИ: 1,254–6,764; ОШ – 3,797 ДИ: 2,403–10,302). Наиболее значимым фактором риска в данной возрастной группе является прием парацетамола и антибиотиков (Рис. 19).

У дошкольников среди управляемых факторов риска выявлено 9 факторов из 12 имеющих ОР выше 1 и в данной возрастной группе выявлены самые широкие доверительные интервалы ОР (Рис. 20). Фактор,

как пассивное курение имеет широкий доверительный интервал (ОР – 3,376, ДИ: 1,025–10,702), наличие плесени и грибка (ОР – 3,633, ДИ: 1,971–10,582) и проживание в городской среде (ОР – 2,416, ДИ: 1,433–11,071). При оценке ОШ выявлено, что из 9 факторов имеющих высокий ОР только 4 фактора (Рис. 21) оказывают достоверный эффект при реализации АР: проживание возле автомагистрали (ОШ – 5,245, ДИ: 3,739–7,273), наличие животных и домашней пыли (ОШ – 3,901, ДИ: 2,533–10,732), позднее введение прикормов (ОШ – 4,593, ДИ: 1,375–14,552) и наличие грибка и плесени

Таблица 4. Возрастная дифференцировка факторов риска в зависимости от возможности управления и регулирования данными факторами риска в г. Одинцово и г. Твери.

Группа факторов риска	Фактор риска	Возраст			
		до 5 лет	6–7 лет	8–12 лет	13 лет и старше
Не управляемые	Отягощенная наследственность	Да			
	Национальность	Да		нет	Нет
	Отягощенный собственный аллергоanamнез		да	да	Нет
	Пол женский	Нет	нет		Да
	Родился зима/лето		да	нет	Нет
	Пол мужской	Нет	да		Нет
Частично управляемые	Грудное вскармливание менее 2 месяцев	Да	нет	нет	Нет
	Высшее образование у родителей	Нет	да	нет	
	Частые ОРВИ (более 5 раз старше 7 лет, более 10 раз с 3 лет)		да	нет	Нет
	Наличие перинатальных поражений центральной нервной системы	Да	нет		Нет
	Высокий уровень стресса	Нет	нет	да	
	Срок гестации (менее 35 недель)	Да		нет	Нет
	Социально-экономический уровень семьи высокий	Да			Нет
	Размер семьи (более 5 человек)	Да	нет		Нет
	Кесарево сечение	Да	нет	нет	Нет
	Социально-экономический уровень семьи низкий	Нет	нет	да	
Управляемые	Использование компьютера более 2 часов в день	Нет	нет		Да
	Прием парацетамола и антибиотиков в первые 12 месяцев жизни	Да		нет	Нет
	Избыток массы тела и ожирение	Нет	нет		Да
	Низкий уровень витамина Д — ниже 30 нг/мл	Нет	нет	Да	
	Проживание в городской среде			Да	Нет
	Проживание возле автомагистралей		да		Нет
	Наличие животных дома и домашней пыли		да	Нет	Нет
	Пассивное курение	Нет		Да	
	Вредные привычки	Нет	нет	Нет	Да
	Позднее введение прикормов		да	Нет	Нет
	Материнская депрессия	Да		Нет	Нет
	Наличие плесени и грибка	Нет	да		Нет

в доме (ОШ – 2,339, ДИ: 1,275–12,117). Наиболее значимыми факторами риска в данной группе являются проживание около автомагистралей и позднее введение прикормов.

Все факторы риска, имеющие высокий показатель ОР, более 1, в группе детей от 8 до 12 лет относятся к медицинским и социальным факторам: использование компьютера более 2 часов в день, избыток массы тела и ожирение, проживание возле автомагистралей, низкий уровень витамина Д — ниже 30 нг/мл, проживание в городской среде, наличие плесени и грибка и пассивное курение (Рис. 22). Однако, только три фактора из семи имеют высокий уровень достоверности: низкий уровень витамина Д — ниже 30 нг/мл (ОР - 2,688, ДИ: 1,619–4,060; ОШ-2,418, ДИ: 1,520–6,184) проживание в городской среде (ОР - 3,184, ДИ: 2,155–5,664; ОШ — 3,560, ДИ: 2,692–8,626) и пассивное курение (ОР - 5,664, ДИ: 2,414–11,585; ОШ — 5,247, ДИ: 1,096–11,645). Пассивное курение является наиболее значимым фактором риска в данной группе (Рис. 23).

В группе детей 13 лет и старше все факторы риска, имеющие достоверный ОР, являются социальными и напрямую связаны со здоровым образом жизни — использование компьютера более 2 часов в день (ОР – 3,047, ДИ: 1,360–6,942), избыток массы тела и ожирение (ОР - 4,078, ДИ: 2,990–5,950), низкий уровень витамина Д — ниже 30 нг/мл (ОР – 2,488, ДИ: 1,194–3,903), пассивное курение (ОР – 3,737, ДИ: 2,771–7,916) и вредные привычки (ОР – 3,672, ДИ: 1,246–8,129) (Рис. 24). Положительный шанс реализации на основе оценки ОШ (Рис. 25), в данной возрастной категории имеют только 3 фактора риска: использование компьютера более 2 часов в день (ОШ – 4,364, ДИ: 1,078–7,526), избыток массы тела и ожирение (ОШ – 5,840, ДИ: 3,960–9,062) и вредные привычки (ОШ – 2,395, ДИ: 1,400–6,381)

В результате синтеза полученных данных с обобщающей оценкой эффекта воздействия была выявлена высокая гетерогенность в общей популяции исследования, что связано с половозрастными и территориальными особенностями. Было выявлено, что факторы риска в каждой возрастной группе, влияющие на частоту АР в г. Одинцово и г. Твери идентичны, в то время как во Владимире, Вологде и Ярославле были выявлены сочетания других факторов риска, но так же идентичных на этих трех территориях.

Таким образом, в ходе работы мы смогли определить у каждого выявленного нами фактора риска — относительный риск и отношение шансов его реализации в зависимости от возраста. Сводные данные по факторам риска актуальным в г. Одинцово и г. Тверь представлены в таблице 3. В группе детей до 5 лет однознач-

но оказывают эффект на реализацию АР 10 факторов риска (2 не управляемых, 6 частично управляемых, 2 управляемых) и 11 однозначно не оказывают эффект ($p < 0,05$). В группе детей с 6 до 7 лет достоверный эффект оказывают влияние на формирование 9 факторов (3 не управляемых, 2 частично управляемых, 4 управляемых) и 11 не оказывают в данном возрасте ни какого воздействия ($p < 0,05$). В группе детей 8–12 лет 6 факторов риска (1 не управляемых, 2 частично управляемых, 3 управляемых) имеют высокий уровень шанса реализации и 12 никакого эффекта не оказывают ($p < 0,05$). В подростковой группе всего 4 фактора риска (1 не управляемых, 0 частично управляемых, 2 управляемых) являются важными в формировании АР и 18 факторов риска не обладают доказанным эффектом при реализации АР ($p < 0,05$).

При оценке факторов риска и их возрастного эффекта в г. Ярославль, г. Владимир и г. Вологда было выявлено особенности, которые представлены в таблице 4. В группе детей до 5 лет достоверно оказывают эффект на реализацию АР 12 факторов риска (2 не управляемых, 7 частично управляемых, 3 управляемых) и 11 однозначно не оказывают эффект ($p < 0,05$). В группе детей с 6 до 7 лет достоверный эффект оказывают влияние на формирование АР 10 факторов (3 не управляемых, 2 частично управляемых, 5 управляемых) и 9 не оказывают в данном возрасте никакого воздействия ($p < 0,05$). В группе детей 8–12 лет 8 факторов риска (1 не управляемых, 2 частично управляемых, 5 управляемых) имеют высокий показатель отношения шанса реализации и 11 никакого эффекта не оказывают ($p < 0,05$). В подростковой группе всего 5 фактора риска (1 неуправляемый, 2 частично управляемых, 2 управляемых) являются важными в формировании АР и 18 факторов риска не обладают доказанным эффектом при реализации АР ($p < 0,05$). Проведенный анализ позволил выявить достоверную закономерность оказываемого эффекта факторов риска в различных возрастных группах на 5 независимых территориях ЦФО, при этом были выявлены территории со схожими факторами риска и по данному признаку они были проанализированы вместе.

В двух изучаемых популяциях, сформированных по возрастному эффекту воздействия факторов риска, был выявлен ряд тенденций, во-первых, с увеличением возраста ребенка количество факторов риска, которые могут повлиять на заболеваемость АР, уменьшается. Во-вторых, наибольшее количество факторов риска относится к группе детей до 5 лет и детям до школьного возраста. В-третьих, большинство факторов, влияющих на возрастную дифференцировку и оказывающих достоверный эффект при реализации АР являются управляемыми и частично управляемыми.

Таблица 5. Возрастная дифференцировка факторов риска в зависимости от возможности управления и регулирования данными факторами риска в г. Владимир, г. Вологда и г. Ярославль.

Группа факторов риска	Фактор риска	Возраст			
		до 5 лет	6–7 лет	8–12 лет	13 лет и старше
Не управляемые	Отягощенная наследственность	да			
	Национальность	да	да	нет	нет
	Отягощенный собственный аллергоanamнез		да		нет
	Пол женский	нет	нет		да
	Родился зима/лето		да	нет	нет
	Пол мужской	нет		да	нет
Частично управляемые	Грудное вскармливание менее 2 месяцев	да	нет	нет	нет
	Высшее образование у родителей		да	нет	да
	Частые ОРВИ (более 5 раз старше 7 лет, более 10 раз с 3 лет)	да	нет	нет	нет
	Наличие перинатальных поражений центральной нервной системы	да			нет
	Высокий уровень стресса	нет		да	
	Срок гестации (менее 35 недель)	да	нет		нет
	Социально-экономический уровень семьи высокий	да	да		нет
	Размер семьи (более 5 человек)	да		да	нет
	Кесарево сечение	да		нет	нет
	Социально-экономический уровень семьи низкий	нет			да
Управляемые	Использование компьютера более 2 часов в день	нет	нет		да
	Прием парацетамола и антибиотиков в первые 12 месяцев жизни	да	да	нет	нет
	Избыток массы тела и ожирение	нет	нет	да	
	Низкий уровень витамина Д — ниже 30 нг/мл	нет		да	нет
	Проживание в городской среде	нет	да		нет
	Проживание возле автомагистралей		нет	да	нет
	Наличие животных дома и домашней пыли		да	нет	нет
	Пассивное курение	нет	да	да	
	Вредные привычки	нет	нет	нет	да
	Позднее введение прикормов	да	нет	нет	нет
	Материнская депрессия	да		нет	нет
	Наличие плесени и грибка	нет	да	да	

Знание факторов риска и возраста, в котором они оказывают максимальный эффект на реализацию АР, поможет модифицировать и разработать новые лечебно-диагностические подходы, а также разработать систему скринингового каскада для ранней диагностики АР.

Заключение

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что АР является распространенным заболеванием, а проведенное впервые многоцентровое исследование обеспечивает высокое качество доказательства наличия конкретных факторов риска, влияющих на заболеваемость АР на пяти независимых территориях ЦФО в различных возрастных группах. По результатам исследования выявлены 28 факторов риска, оказывающих достоверный эффект на реализацию АР на данных территориях.

По возможности воздействия на выявленные факторы риска и их коррекции все факторы риска были распределены на три группы, по возможности влияние и нивелирования их эффекта: неуправляемые (6 факторов), частично управляемые (10 факторов) и управляемые (12 факторов). Большинство из управляемых факторов риска относятся к социально-биологическим и медицинским, из группы частично управляемых к медицинским и социально-экономическим, что позволяет комплексно оценить многофакторность природы АР и определить направления профилактической работы.

В результате проведенного эпидемиологического анализа был выявлен широкий доверительный интервал атрибутивного риска и относительной доли популяционного риска, на основании которых было принято решение провести оценку относительного риска и отношение шансов в зависимости от возраста. При оценке было выявлено, что воздействие факторов ри-

ска оказывается не равномерно в различные возрастные периоды, а также не одинаково на разных территориях. По наибольшему шансу реализации фактора риска была проведена возрастная дифференцировка популяции на четыре возрастных группы: дети с рождения до 5 лет, дети 6–7 лет, 8–12 лет и дети старше 13 лет.

Гетерогенность общей выборки отражает значительную истинную изменчивость данных и позволила выявить особенности эффектов факторов риска и шансов их реализации на каждой территории в каждый возрастной период.

В каждой конкретной области увеличение АР происходит под воздействием разных факторов риска, специфичных для отдельно взятой области, незнание которых приводит к увеличению общего количества пациентов с АР, количества детей с поздно установленными диагнозами, а так же снижению качества жизни пациентов и их семей, что имеет значимые социально-экономические последствия.

В результате проведенной работы выявлено, что в г. Одинцово и в г. Твери факторы риска развития АР идентичны во всех возрастных группах, а также одинаковыми являются факторы риска реализации АР в г. Владимир, г. Вологда и г. Ярославль. Учитывая выявленные особенности и результаты проведенного мета-анализа мы можем утверждать, что по результатам работы разработан алгоритм выявления факторов риска АР в различных возрастных группах вне зависимости от места проживания ребенка.

Таким образом, понимание эпидемиологической обстановки и знание факторов риска реализации АР в различные возрастные периоды на конкретных территориях позволит сформировать систему скринингового каскада для раннего выявления аллергического ринита у детей разных возрастных категорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tataurshchikova N.S. Modern aspects of the use of antihistamines in the practice of a General practitioner. Pharmateca 2011, 11, P. 46–50.
2. Akdis C.A., Hellings P.W., Agache I. Global atlas of allergic rhinitis and chronic rhinosinusitis. 2015, p.422.
3. Tham E.H., Lee A.J., Bever H.V. Aeroallergen sensitization and allergic disease phenotypes in Asia. Asian Pac J Allergy Immunol. 2016, 34(3), P.181–189.
4. Meltzer E.O., Nathan R., Derebery J. et al. Sleep, quality of life, and productivity impact of nasal symptoms in the United States: findings from the Burden of Rhinitis in America survey. Allergy Asthma Proc. 2009, 30 (3), P. 244–54.
5. Mallol J., Crane J., von Mutius E. et al. The International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC) phase three: a global synthesis. Allergol Immunopathol (Madr). 2013, 41, P. 73–85.
6. Yang L., Fu J., Zhou Y. Research Progress in Atopic March. FrontImmunol. 2020,11, P. 19–27. doi: 10.3389/fimmu.2020.01907
7. Yang H.J. Impact of perinatal environmental tobacco smoke on the development of childhood allergic diseases. Korean J Pediatr. 2016, 59, P. 319–327.
8. Waite K.J. Black ley and the development of hay fever as a disease of civilization in then ineteenth century. MedHist. 1995;39:186–196.
9. Grabenhenrich L.B., Keil T., Reich A. et al. Prediction and prevention of allergic rhinitis: a birth cohort study of 20 years. J Allergy Clin Immunol. 2015,136, P. 932–940.

10. Lee K.S., Rha Y.H., Oh I.H., Choi Y.S., Choi S.H. Socioeconomic and sociodemographic factors related to allergic diseases in Korean adolescents based on the Seventh Korea Youth Risk Behavior Web-based Survey: a cross-sectional study. *BMC Pediatr.* 2016, 16, P. 19
11. Strachan D.P., Ait-Khaled N., Foliaki S. et al. Siblings, asthma, rhinoconjunctivitis and eczema: a world-wide perspective from the International Study of Asthma and Allergies in Childhood. *Clin Exp Allergy.* 2015, 45, P. 126–136
12. Chatkin J., Correa L., Santos U. External Environmental Pollution as a Risk Factor for Asthma, *Clinical Reviews in Allergy & Immunology*, 2021, 62, P. 72–89.
13. Реброва, О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ Statistica / О.Ю. Реброва. — М.: МедиаСфера, 2002. — 312 с.
14. Julian P.T., Douglas G. Altman, David Moher et al. The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trial. *BMJ* 2011, 343, P. 5928 doi: 10.1136/bmj.d5928
15. Handbook of U.S. Labor Statistics 2007: Employment, Earnings, Prices, Productivity, and Other Labor Data (Handbook of Us Labor Statistics), 2007. p.499.

© Бережанский Павел Вячеславович (p.berezhanskiy@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ХАРАКТЕР РЕАЛИЗАЦИИ РЕПРОДУКТИВНОЙ ФУНКЦИИ ЖЕНЩИН СЕЛА И ГОРОДА РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН

THE NATURE OF THE REALIZATION OF THE REPRODUCTIVE FUNCTION OF WOMEN IN THE VILLAGE AND TOWNS OF THE DAGESTAN REPUBLIC

G. Gatina

Summary. The purpose of the study is to study the peculiarities of the realization of the reproductive function of women of the Republic of Dagestan, depending on their residence in rural or urban areas. **Material and methods.** The study included data from 445 pregnant women hospitalized in maternity hospital No. 2 in Makhachkala in 2021. **Results.** In the early fertile period (up to 35 years), 88.3% of rural and 87.9% of urban women of the Republic of Dagestan realize their reproductive potential, in the late reproductive period (35 years and older) — 11.7% and 12.1%, respectively. The peak of the realization of the reproductive function of rural and urban women of Dagestan falls on the age of 18–34 years. Only 42.8% of urban women and 29.4% of rural women have normal body weight. Overweight and obesity were found in 67.0% of rural women and 52.9% of urban women, underweight in 3.5% and 4.3%, respectively. Due to deviations in body weight, both upward and downward, 69.5% of rural women and 57.2% of urban women were included in the group of increased risk of obstetric complications during pregnancy and childbirth. The distribution of various ethnic groups in rural and urban areas, their employment, the realization of reproductive potential, complicated pregnancy, the number of medical abortions, spontaneous miscarriages, extragenital diseases, children, married and unmarried do not depend on the place of residence. **Conclusion.** The absence of differences in the realization of reproductive potential among rural and urban women of the Republic of Dagestan indicates that the state of women's reproductive health does not depend on the place of residence.

Keywords: pregnancy, abortion, pregnancy complications, reproductive function, village, city.

Гатина Гузель Амировна

Кандидат медицинских наук

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный
медицинский университет» Минздрава России,

Махачкала

guzel-gatina@list.ru

Аннотация. Цель исследования — изучение особенностей реализации репродуктивной функции женщин Республики Дагестан в зависимости от проживания в сельской или городской местности. **Материал и методы.** В исследование вошли данные 445 беременных женщин, госпитализированных в роддом № 2 г. Махачкалы в 2021 году. **Результаты исследования.** В раннем фертильном периоде (до 35 лет) реализуют свой репродуктивный потенциал 88,3% сельских и 87,9% городских жительниц Республики Дагестан, в позднем репродуктивном периоде (35 лет и старше) — 11,7% и 12,1% соответственно. Пик реализации репродуктивной функции сельских и городских женщин Дагестана приходится на возраст 18–34 года. Нормальную массу тела имеют только 42,8% городских жительниц и 29,4% сельских. Избыточную массу тела и ожирение выявили у 67,0% женщин села и у 52,9% женщин города, дефицит массы тела у 3,5% и 4,3% соответственно. Из-за отклонений массы тела, как в сторону увеличения, так и в сторону снижения в группу повышенного риска развития акушерских осложнений во время беременности и родов вошли 69,5% сельских жительниц и 57,2% городских. Распределение различных этносов по сельской и городской местности, их занятость, реализация репродуктивного потенциала, осложненное течение беременности, число медицинских аборт, самопроизвольных выкидышей, экстрагенитальных заболеваний, детей, замужних и незамужних не зависят от места жительства. **Заключение.** Отсутствие различий в реализации репродуктивного потенциала у сельских и городских женщин Республики Дагестан свидетельствует о том, что состояние репродуктивного здоровья женщин не зависит от места проживания.

Ключевые слова: беременность, аборт, осложнения беременности, репродуктивная функция, село, город.

Введение

Здоровье современного человека, одной из важнейших составляющих которого является здоровье репродуктивное, его репродуктивные возможности, как свидетельствует растущее число научных исследований и обзоров, находятся под напряжением. Эти исследования сообщают об увеличении числа репродуктивных заболеваний и снижении репродуктивной функции с середины 20^{-го} века среди

определенных местностей и населения [8, 12, 14]. Согласно данным демографического ежегодника России, демографические события в сельских семьях происходят значительно чаще и раньше, чем в городских, при этом рождение первых детей наблюдается в более молодом возрасте. Сельские территории, обеспечивают за счет самых молодых возрастных групп (до 25 лет) более высокий уровень рождаемости, чем городские [1, 4]. В Республике Дагестан по переписи 2022 года сельское население составляет 57,3%. В этой связи

Таблица 1. Описание показателей обследованных женщин по месту жительства [n (%)]

Показатели	Категории	Место жительства		p
		Село	Город	
Возрастная группа, лет	15–17	2 (2,1)	5 (1,1)	0,683
	18–24	38 (40,4)	148 (33,3)	
	25–29	26 (27,7)	141 (31,7)	
	30–34	17 (18,1)	97 (21,8)	
	35–39	8 (8,5)	44 (9,9)	
	40 и старше	3 (3,2)	10 (2,2)	
Индекс массы тела, кг/м ²	<18,5	3 (3,5)	18 (4,3)	0,040*
	18,5–24,9	25 (29,4)	177 (42,8)	
	25–29,5	29 (34,1)	135 (32,6)	
	>30	28 (32,9)	84 (20,3)	
Этнос	Аварский	41 (46,1)	159 (38,8)	0,424
	Даргинский	17 (19,1)	70 (17,1)	
	Кумыкский	17 (19,1)	63 (15,4)	
	Лакский	6 (6,7)	31 (7,6)	
	Лезгинский	5 (5,6)	52 (12,7)	
	Русский	1 (1,1)	6 (1,5)	
	Рутульский	0 (0,0)	6 (1,5)	
	Табасаранский	1 (1,1)	9 (2,2)	
Прочие	1 (1,1)	14 (3,4)		
Занятость	Рабочие	3 (33,3)	5 (12,8)	0,176
	Служащие	2 (22,2)	10 (25,6)	
	Медики	1 (11,1)	8 (20,5)	
	Преподаватели	0 (0,0)	4 (10,3)	
	Обучающиеся	2 (22,2)	12 (30,8)	
	Инвалиды	1 (11,1)	0 (0,0)	
Семейное положение	Замужем	84 (89,4)	372 (83,6)	0,159
	Незамужем	10 (10,6)	73 (16,4)	

* — различия показателей статистически значимы (p < 0,05)

представляет научно- практический интерес изучение реализации репродуктивной функции у сельских и городских женщин в Республике Дагестан.

Цель исследования

Изучить особенности реализации репродуктивной функции женщин Республики Дагестан в зависимости от места проживания: в селе или городе.

Материал и методы исследования

В исследование включены данные 445 беременных женщин, госпитализированных в роддом № 2 г. Махачкалы 2021 г. Из них в сельской местности проживали — 94, в городской — 351 женщины.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы StatTech v. 2.6.5 (Россия).

На предмет соответствия нормальному распределению количественные показатели оценивались с помощью критерия Шапиро-Уилка (при числе исследуемых менее 50) или критерия Колмогорова-Смирнова (при числе исследуемых более 50). С помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1-Q3). количественные данные описывались в случае отсутствия нормального распределения. С указанием абсолютных значений и процентных долей описывались категориальные данные. По количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, сравнение двух групп выполнялось с помощью U-критерия Манна-Уитни. При анализе четырехпольных таблиц сопряженности сравнение процентных долей выполнялось с помощью критерия хи-квадрат Пирсона (при значениях ожидаемого явления более 10). При анализе многопольных таблиц сопряженности сравнение процентных долей выполнялось с помощью критерия хи-квадрат Пирсона.

Результаты и их обсуждение

Основной контингент обследуемых женщин села и города был представлен возрастными группами от 18 до 34 лет. Среди обследованных в сельской и городской местности преобладали женщины в возрасте 18–24 лет и 25–29 лет, суммарно составляя 68,0%, 65,0% всех обследуемых. В раннем репродуктивном периоде (до 35 лет) реализовали свой репродуктивный потенциал 88,3% сельских и 87,9% городских женщин, в позднем репродуктивном периоде (35 лет и старше) — 11,7% и 12,1% соответственно. Сопоставительный анализ возрастных групп сельских и городских женщин показал, что женщины села и города различных возрастных групп реализуют свое истинное предназначение примерно в одинаковом проценте ($p = 0,683$) в каждой возрастной группе. Данные показывают, что пик реализации репродуктивной функции городских и сельских женщин Дагестана приходится на возраст 18–34 года ($p = 0,683$) (табл. 1).

При оценке возрастных групп по территориальной принадлежности, не удалось выявить статистически достоверных различий ($p = 0,683$; *Хи-квадрат Пирсона*).

Из общего числа обследуемых нормальную массу тела, которую определяли с помощью индекса массы тела (ИМТ), имели только 42,8% городских и 29,4% сельских женщин. Избыточную массу тела и ожирение выявили у 67,0% жительниц села и у 52,9% города. Недостаточную массу тела, т.е. дефицит массы тела (ДМТ), имели примерно одинаковое количество сельских жительниц (3,5%) и городских (4,3%) женщин (табл. 1).

В селе оказалось гораздо больше женщин (32,9%), чем в городе (20,3%), страдающих ожирением ($p = 0,040$), а в городе было больше женщин с нормальной массой тела (42,8%) ($p = 0,040$). Суммарно, отклонения массы тела, как в сторону увеличения, так и в сторону снижения имели 69,5% сельских и 57,2% горожанок (табл. 1).

Согласно научным изысканиям, течение беременности и родов могут определить изменения массы тела беременной в любую сторону. Так, если индекс массы тела исходно низкий или при увеличении рекомендованного веса за беременность, увеличивается риск родить ребенка с низкой массой [13]. Кроме того, в первой половине беременности у женщин с недостаточной массой тела увеличивается вероятность ее прерывания на 8,5%, а во второй половине — на 8,0%. У женщин с ожирением риск прерывания беременности в первой половине выше на 4,35% и родоразрешение с помощью кесарева сечения проводится в 2 и более раз

чаще. Как правило, у женщин с ДМТ и ожирением беременность и роды осложняются анемией, ранним токсикозом, преэклампсией, угрозой преждевременных родов, слабостью родовой деятельности, кровотечением в последовом и раннем послеродовом периодах, а также увеличивается частота родоразрешения путем операции кесарева сечения [2].

Поскольку отклонения массы тела, как в сторону увеличения, так и снижения имели 69,5% сельских и 57,2% горожанок, можно прийти к выводу, что большая часть сельских и городских женщин входит в группу повышенного риска на развитие акушерских осложнений во время беременности и родов.

В результате оценки ИМТ по территориальной принадлежности были выявлены статистически значимые различия ($p = 0,040$; *Хи-квадрат Пирсона*).

Многочисленная из всех народностей Дагестана — аварцы. По нашему мнению, поэтому среди обследуемых жительниц села и города из всех народностей Дагестана оказалось больше женщин аварской национальности: 46,1% в селе и 38,8% в городе. В два с лишним раза реже встречались даргинки и кумычки, меньше чем в шесть раз встречались лачки и лезгинки, а представительниц других этносов было еще гораздо меньше, чем всех женщин, выше перечисленных национальностей Дагестана. Статистическая обработка данных распределения представительниц различных этносов по городской и сельской местности выявила, что нет никаких достоверных различий распределения представительниц различных национальностей по городской и сельской местности ($p = 0,424$) (табл. 1).

При анализе этноса по территориальной принадлежности не установлены статистически значимые различия ($p = 0,424$; *Хи-квадрат Пирсона*).

При изучении занятости женщин села и города оказалось, что в сельской местности рабочие специальности были более востребованы (33,3%), чем в городе (12,8%), но достоверных различий обнаружено не было ($p = 0,176$). В селе оказалось значительно больше женщин, имеющих инвалидность (11,1%), а в городе женщин — преподавателей (10,3%), хотя статистически значимые различия не были получены ($p = 0,176$). Таким образом, можно сделать заключение, что занятость женщин села и города не зависит от места жительства (табл. 1).

При анализе занятости по территориальной принадлежности не выявлены статистически значимые различия.

Таблица 2. Количество беременностей у женщин по территориальной принадлежности

Показатель	Экозона	Me	Q ₁ -Q ₃	n	p
Беременности	Сельская местность	2,0	1,0–3,0	91	0,397
	Город	2,0	1,0–3,0	415	
Роды	Сельская местность	2,0	1,0–2,0	71	0,816
	Город	1,0	1,0–2,0	321	
Аборты	Сельская местность	1,0	1,0–1,0	7	0,150
	Город	1,0	1,0–2,0	42	
Выкидыши	Сельская местность	1,0	1,0–1,0	17	0,464
	Город	1,0	1,0–2,0	78	
Дети	Сельская местность	1,0	1,0–2,0	40	0,837
	Город	1,0	1,0–2,0	172	

Анализируя реализацию репродуктивной функции дагестанских женщин, обнаружили, что количество беременностей женщин села и города, колебалось от 1 до 3 с медианой 2 с недостоверной разницей ($p = 0,397$). Полученные данные убеждают, что реализация репродуктивного потенциала не зависит от места жительства женщины (табл. 2).

Согласно данным демографического ежегодника России, более высокий уровень рождаемости обеспечивают сельские территории, чем городские [1, 4]. При анализе количества родов женщин села и города было определено, что женщины села и города Дагестана имеют одинаковое количество родов, что говорит о том, что место жительства дагестанских женщин на количество родов не влияет ($p = 0,816$) (табл. 2).

При сопоставлении количества родов по территориальной принадлежности нам не удалось установить статистически значимых различий ($p = 0,816$; *U-критерий Манна-Уитни*).

Изучение частоты искусственных прерываний беременностей у сельских и городских жительниц показало, что количество медицинских абортов в селе и в городе находится в равнозначных пределах ($p = 0,150$) (табл. 2), что свидетельствует об эффективности работы по планированию семьи в сельской и городской местности.

При сопоставлении абортов по территориальной принадлежности не удалось установить статистически значимых различий ($p = 0,150$; *U-критерий Манна-Уитни*).

Одним из наиболее распространенных неблагоприятных исходов беременности является самопроизвольный выкидыш, распространенность которого составляет 12–24% среди клинически признанных беременностей [6, 10].

Ряда исследователей утверждают, что женщины с самопроизвольным выкидышем в анамнезе имеют больший риск развития сердечно-сосудистых заболеваний [7, 9, 11] и диабета 2 типа [9].

При сопоставлении частоты самопроизвольных выкидышей в селе и в городе статистически значимых различий выявить не удалось, следовательно, можно предположить, что риск заболеваемости женщин села и города с самопроизвольным прерыванием беременности в анамнезе сердечно-сосудистыми заболеваниями и диабетом 2 типа равнозначный ($p = 0,464$) (табл. 2).

При анализе выкидышей в зависимости по территориальной принадлежности не выявлены статистически значимые различия ($p = 0,464$; *U-критерий Манна-Уитни*).

Культурные традиции населения, уклад жизни влияют на репродуктивное поведение женщин. Основным социальным институтом народов Дагестана была и остается семья. Дагестанцы традиционно ориентированы на большое количество детей в семье, особенно в сельской местности. Но при сопоставлении количества детей у женщин в зависимости от места жительства, мы пришли к убеждению, что количество детей у сельских женщин не отличается от такового у женщин города ($p = 0,837$) (табл. 2).

При сопоставлении количества детей по территориальной принадлежности, нам не удалось выявить значимых различий ($p = 0,837$; *U-критерий Манна-Уитни*).

Наиболее ярко традиции народов Дагестана сохранились сегодня в сельской местности, где приветствуется раннее замужество. Проанализировав число замужних и незамужних женщин села и города, мы пришли к заключению, что число замужних и незамужних не за-

Таблица 3. Осложнения беременности, угроза прерывания беременности и сопутствующие заболевания по территориальной принадлежности [n (%)]

Показатель	Категории	Место жительства		p
		Сельская местность	Города	
Осложнения беременности	Ранний токсикоз	2 (9,1)	3 (2,8)	0,581
	Преэклампсия	9 (40,9)	42 (39,3)	
	Кровотечение	0 (0,0)	2 (1,9)	
	Узкий таз	0 (0,0)	3 (2,8)	
	Многоводие	5 (22,7)	15 (14,0)	
	Маловодие	1 (4,5)	1 (0,9)	
	Крупный плод	1 (4,5)	6 (5,6)	
	Неправильное положение плода	1 (4,5)	7 (6,5)	
	Отягощенный анамнез	1 (4,5)	20 (18,7)	
	Фетоплацентарная нед-ть	0 (0,0)	2 (1,9)	
	Изосенсибилизация Rh и АВ0	2 (9,1)	6 (5,6)	
Угроза прерывания беременности	Выкидыш	15 (17,6)	132 (32,5)	0,007*
	Отслойка плаценты	1 (1,2)	2 (0,5)	
	Преждевременные роды	44 (51,8)	208 (51,1)	
Сопутствующие заболевания	БСК	3 (33,3)	12 (25,0)	0,863
	БОД	0 (0,0)	2 (4,2)	
	Эндокринные болезни	1 (11,1)	6 (12,5)	
	БОП	3 (33,3)	9 (18,8)	
	БМПС	2 (22,2)	13 (27,1)	
	Болезни крови	0 (0,0)	3 (6,2)	
	БНС	0 (0,0)	3 (6,2)	

висит от места жительства ($p = 0,159$). Национальные традиции и по сей день, по-видимому, одинаково чтут в селе и городе. Однако, шансы незамужних в городе найти себе пару были в 1,648 раза выше, чем в сельской местности, хотя различия шансов не были статистически значимыми (95% ДИ: 0,817–3,326) (табл. 1).

При оценке количества замужних по территориальной принадлежности нам не удалось выявить достоверных различий ($p = 0,159$; *Хи-квадрат Пирсона*).

Шансы незамужних в группе городов были выше в 1,648 раза, по сравнению с группой сельской местности, различия шансов не были статистически значимыми (95% ДИ: 0,817–3,326).

Сравнительный анализ наличия различных осложнений течения беременности у сельских и городских женщин позволил сделать вывод, что многообразие акушерских осложнений, представленных в таблице 3, примерно с равной частотой встречалось как у сельских, так и у городских женщин ($p = 0,581$).

При оценке количества осложнений по территориальной принадлежности не выявлены достоверные различия ($p = 0,581$; *Хи-квадрат Пирсона*).

Лишь угроза прерывания беременности достоверно чаще встречалась у горожанок ($p = 0,007$) (табл. 3). Угроза прерывания беременности у городских жительниц чаще заканчивалась самопроизвольным выкидышем, а в селении родами. Наступившие в результате угрозы прерывания беременности преждевременные роды с равной частотой наблюдались в сельской и городской местности ($p = 0,007$) (табл. 3).

Согласно полученным данным, при оценке угрозы по территориальной принадлежности, были выявлены существенные различия ($p = 0,007$; *Хи-квадрат Пирсона*).

За последние 5 лет отмечена тенденция увеличения общей заболеваемости взрослого населения. В связи с чем, у беременных возросла частота развития экстрагенитальной патологии (ЭГП) на 28,3% [3]. Хронические экстрагенитальные заболевания среди 1000 беременных женщин, находящихся на диспансерном учете в женской консультации, были у 61,8%, болезни внутренних органов наблюдались у 51,9%, болезни других органов и систем (хирургические, офтальмологические, неврологические и т. д.) у 9,9%. Во время беременности у 85,9% женщин развились острые заболевания. Среди хронических болезней преобладали ожирение,

вегетососудистая дистония, болезни органов пищеварения и пиелонефрит; среди острых — анемия, респираторные заболевания и пиелонефрит [5].

Изучение соматического анамнеза обследуемых показало, что чаще всего у них встречались болезни системы кровообращения (БСК), болезни органов пищеварения (БОП), болезни мочеполовой системы (БМПС) и эндокринные болезни. Однако, в частоте встречаемости сопутствующих болезней не обнаружено существенных различий среди женщин села и города ($p = 0,863$; *Хи-квадрат Пирсона*) (табл. 3).

При оценке сопутствующих болезней по территориальной принадлежности, нам не удалось выявить значимых различий ($p = 0,863$; *Хи-квадрат Пирсона*).

Выводы

1. В раннем фертильном периоде (до 35 лет) реализуют свой репродуктивный потенциал 88,3% сельских и 87,9% городских жительниц Республики Дагестан, в позднем репродуктивном периоде (35 лет и старше) — 11,7% и 12,1% соответственно. Пик реализации репродуктивной

функции сельских и городских женщин Дагестана приходится на возраст 18–34 года.

2. Нормальную массу тела имеют только 42,8% городских жительниц и 29,4% сельских. Избыточную массу тела и ожирение выявили у 67,0% женщин села и у 52,9% женщин города, дефицит массы тела у 3,5% и 4,3% соответственно. Из-за отклонений массы тела, как в сторону увеличения, так и в сторону снижения в группу повышенного риска развития акушерских осложнений во время беременности и родов вошли 69,5% сельских жительниц и 57,2% городских.
3. Распределение различных этносов по сельской и городской местности, их занятость, реализация репродуктивного потенциала, осложненное течение беременности, число медицинских аборт, самопроизвольных выкидышей, экстрагенитальных заболеваний, детей, замужних и незамужних не зависят от места жительства.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование осуществлено при финансовой поддержке гранта Главы РД, полученного в 2021 году.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демографический ежегодник России. 2017: Стат. сб. М., Росстат. 2017. С. 59–60.
2. Клименко Г.Я., Стародубов В.И., Говоров С.В. и др. Исследование качества жизни как новый интегральный показатель оценки состояния их здоровья. Успехи современного естествознания. 2010; (9):131–133.
3. Кривцова Е.В., Верткин А.Л. Некоторые вопросы плановой и экстренной терапии экстрагенитальных заболеваний у беременных. Акушерство и гинекология. 2010; (4): 37–40.
4. Шадриков А.В. Репродуктивные установки молодых сельских женщин Республики Татарстан. Регионология. 2019;27(1):122–137. DOI: <https://doi.org/10.15507/2413-1407.106.027.201901.122-137>.
5. Шехтман М.М. Руководство по экстрагенитальной патологии у беременных. Издание четвертое. М.: Триада-Х, 2007; 816.
6. Ammon Avalos L, Galindo C, Li DK. A systematic review to calculate background miscarriage rates using life table analysis. Birth Defects Res A Clin Mol Teratol. 2012; 94: 417–23. DOI: 10.1002/bdra.23014.
7. Asgharvahedi F, Gholizadeh L, Siabani S. The risk of cardiovascular disease in women with a history of miscarriage and/or stillbirth. Health Care Women Int. 2019; 40:1117–31. DOI: 10.1080/07399332.2019.1566332.
8. Colborn T, Dumanoski D, Myers JP. Our Stolen Future: Penguin Books USA, Inc; 1996.
9. Horn J, Tanz LJ, Stuart JJ, et al. Early or late pregnancy loss and development of clinical cardiovascular disease risk factors: a prospective cohort study. BJOG 2019; 126: 33–42. . 10.1111/1471-0528.15452.
10. Robinson GE. Pregnancy loss. Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol. 2014; 28:169–78. 10.1016/j.bpobgyn.2013.08.012.
11. Smith GC, Pell JP, Walsh D. Spontaneous loss of early pregnancy and risk of ischaemic heart disease in later life: retrospective cohort study. BMJ. 2003; 326: 423–4. . 10.1136/bmj.326.7386.423.
12. Schettler T, Solomon G, Valenti M, et al. Generations at Risk. Reproductive Health and the Environment. Cambridge, MA: MIT Press; 1999.
13. Utako M., Kyoko N., Michiko K. et al. Pre-pregnancy body mass index as a predictor of low birth weight infants in Japan. Asia Pac. J. Clin. Nutr. 2017; 26 (3):434–437.
14. Woodruff TJ, Carlson A, Schwartz JM, et al. Proceedings of the Summit on Environmental Challenges to Reproductive Health and Fertility: Executive summary. Fertil Steril 2008;89: e1–e20.

КЛИНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РОДОВ, ИНДУЦИРОВАННЫХ АМНИОТОМИЕЙ

CLINICAL ANALYSIS OF LABOR INDUCED BY AMNIOTOMY

D. Emelyanova
S. Dvoryansky
R. Lagosha
E. Becker
E. Ospischeva

Summary. In the article the clinical analysis of labor induced by amniotomy. Induction of labor is one of the most common aids in childbirth. The average term of delivery is 39–40 weeks. The main indications for the induction of labor are gestational diabetes mellitus, prolongation of pregnancy, fetal macrosomia. The most common complication in childbirth after amniotomy is perineal rupture. Fewer than 10% of women were required caesarean section after induction of labor by amniotomy.

Keywords: induction of labor, amniotomy, prolongation of pregnancy, perineal rupture.

Емельянова Дарья Игоревна

К.м.н., Кировский ГМУ Минздрава России

Emelyanova.Darja@yandex.ru

Дворянский Сергей Афанасьевич

Д.м.н., профессор, Кировский ГМУ Минздрава России

kf1@kirovgma.ru

Лагоша Роман Юрьевич

Кировский ГМУ Минздрава России

kf1@kirovgma.ru

Беккер Екатерина Дмитриевна

Кировский ГМУ Минздрава России

katrinshisha@mail.ru

Оспищева Евгения Александровна

Кировский ГМУ Минздрава России

eva.aleksandrovna.1999@mail.ru

Аннотация. В статье приведен клинический анализ родов, индуцированных амниотомией. Индукция родов является одним из самых распространенных пособий в родах. Средний срок родоразрешения — 39–40 недель. Основными показаниями для индукции родов являются гестационный сахарный диабет, перенашивание беременности, макросомия плода. Наиболее частое осложнение в родах после амниотомии — разрывы промежности. Кесарево сечение требуется менее, чем 10% женщин после индукции родов амниотомией.

Ключевые слова: индукция родов, амниотомия, перенашивание беременности, разрывы промежности.

Введение

Родовозбуждение (индукция родов) — индукция родовой деятельности при достижении зрелости родовых путей с целью родоразрешения через естественные родовые пути [5].

Индукция родов является одним из самых распространенных пособий в родах: до 24,5% родов в США и до 33% в Европе [3, 5].

Всемирная организация здравоохранения в своем руководстве предлагают правила для максимальной эффективности и безопасности индукции родов: проводить только при наличии четких медицинских показаний, когда ожидаемый положительный эффект превосходит потенциальные риски; необходимо учитывать фактическое состояние, пожелания и предпочтения каждой женщины, особенности анамнеза; индукцию родов проводить с осторожностью, так как данная процедура сопряжена с риском гиперстимуляции, разрыва

матки, дистресс-синдрома плода; обеспечить условия и средства для оценки состояния плода в режиме реального времени; проводить в тех лечебных учреждениях, где возможно выполнение экстренного кесарева сечения [4].

В российской практике индукцию родов выполняют в ситуациях, когда результат применения индуцированных родов для матери и плода будет выше, чем неоднозначность выжидательной позиции, а также когда вагинальное родоразрешение имеет обоснованные преимущества перед оперативным вмешательством [3, 5].

Амниотомия — обязательный элемент родовозбуждения на зрелой шейке матки [3, 4, 5]. Для благоприятного исхода родов должен произойти последовательный запуск физиологического механизма с каскадным выбросом модуляторов контрактильности, активацией лизосомального аппарата миоцитов при разрыве плодных оболочек [1, 2].

Целью нашего исследования стало изучение особенностей родов, индуцированных амниотомией.

Для статистического анализа был использован программный пакет Microsoft Excel. Статистические данные представлены в виде: «среднее арифметическое \pm стандартное отклонение».

Материалы и методы

Нами проведен ретроспективный анализ 50 историй родов женщин, которым была проведена амниотомия с целью индукции родов на базе КОГБУЗ «Кировский областной клинический перинатальный центр» в 2021 году.

Результаты и их обсуждение

Социально-экономические показатели. Средний возраст пациенток составил $31,52 \pm 5,12$ года. Распределение женщин по месту проживания: 58% (29) жительниц сельской местности, 42% (21) — города Кирова и районных центров. В зарегистрированном браке состояли 82% (41) рожениц и 18% (9) — в гражданском.

Антропометрические показатели: рост — $164,31 \pm 6,18$ см, вес на момент родов — $82,70 \pm 15,23$ кг. Окружность живота — $107,28 \pm 9,49$ см, высота дна матки — $36,68 \pm 2,69$ см. Тазиоизмерение: dist. spinarum — $25,62 \pm 1,16$ см, dist. cristarum — $29,12 \pm 1,64$ см, dist. trochanterica — $32,76 \pm 2,13$ см, con. externa — $21,60 \pm 1,40$ см.

Гинекологический анамнез. Возраст наступления менструаций — $13,60 \pm 1,59$ года, продолжительность менструального кровотечения — $4,96 \pm 1,01$ день, продолжительность менструального цикла — $28,23 \pm 2,28$ дня.

У 68% (34) женщин имелся отягощенный акушерско-гинекологический анамнез. У 42% (21) в анамнезе имелась патология шейки матки, у 20% (10) — перенесенный кольпит различной этиологии, по 10% (5) — синдром поликистозных яичников и миома матки, у 6% (3) — нарушения менструального цикла неуточненного характера, по 4% (2) — эндометриоз, носительство ВПЧ и полипы эндометрия. По 1 случаю (2%) — перенесенный трихомониаз, бактериальный вагиноз, сифилис, генитальный герпес, хламидиоз, уреаплазмоз, эндометрит. Таким образом, на одну женщину с отягощенным акушерским анамнезом приходится 1,69 гинекологических заболеваний.

Среднее количество беременностей у одной женщины — $3,26 \pm 2,02$, родов — $2,12 \pm 1,08$. У 48% (24) жен-

щин в анамнезе имеется от 1 до 5 медицинских абортов, среднее количество абортов на 1 женщину — 2,38.

Показаниями для индукции родов стали: гестационный сахарный диабет — 58% (29); перенашивание беременности — 36% (18); макросомия плода — 16% (8); гестационная артериальная гипертензия — 14% (7); преэклампсия средней степени на фоне хронической артериальной гипертензии — 10% (5); гипертоническая болезнь — 6% (3). Ряд женщин имели сочетанные показания к амниотомии, поэтому общее количество в распределении превышает 100%.

Среди прочих осложнений гестации выявлены: отеки, вызванные беременностью — 6% (3); гестационный гипотиреоз — 18% (9); кольпит — 30% (15); хроническая гипоксия плода легкой степени — 18% (9); задержка роста плода — 2% (1); многоводие — 12% (6); нарушения маточно-плацентарного кровотока — 36% (18); угроза невынашивания — 10% (5).

Маловодие было выявлено у 10% (5) женщин, индукция родов при маловодии по сравнению с выжидательной тактикой снижает риск кесарева сечения и имеет более благоприятные исходы для новорожденного [5].

Перинатальный риск в большинстве случаев оценен как средний и составил $15,78 \pm 7,22$ баллов.

Средний срок родоразрешения — $39,89 \pm 1,05$ недель; что согласуется с данными клинических рекомендаций о нежелательности в группах риска продолжения беременности более 40 недель, так как частота неблагоприятных материнских и перинатальных исходов возрастает при увеличении срока беременности более 39–40 нед. [5].

У беременных с отсутствием готовности шейки матки к родам, рекомендовано провести мероприятия по ее подготовке [5]. В нашем исследовании 6% (3) женщин была проведена подготовка шейки матки палочками ламинарий до проведения амниотомии. Механическое растяжение способно стимулировать клетки иммунной системы к синтезу необходимых ферментов и созреванию шейки матки [1].

Средняя продолжительность первого периода родов — $405,66 \pm 194,07$ мин, второго периода родов — $28,89 \pm 11,81$ мин, третьего периода родов — $24,20 \pm 6,76$ мин. Кровопотеря в родах составила $335,56 \pm 230,88$ мл.

Клиническими рекомендациями регламентировано проведение кардиотокографии плода перед началом и в процессе индукции родов для своевременной диагностики нарушений его состояния [5]. В ходе

исследования кардиографии в родах была оценена на $7,80 \pm 0,81$ балл по Фишеру.

В родах отмечены следующие осложнения: разрыв промежности I–II степени — 34% (17); разрыв шейки матки I–II степени в 8% (4); обвитие пуповиной шеи плода — 16% (8); мекониальное окрашивание задних вод — 16% (8); задержка частей последа, потребовавшая операции ручного отделения и выделения части последа — 2% (1); острая гипоксия плода во II периоде, роды завершились путем операции вакуум-экстракции — 2% (1).

Кесаревым сечением роды завершились у 4 женщин (8%). В 75% (3 случая) показанием стала упорная слабость родовой деятельности, у 25% (1) — формирование клинически узкого таза.

Общая характеристика новорожденных. В результате индукции родов родилось 28 девочек (56%) и 22 мальчика (44%). Средний вес новорожденных составил $3570,16 \pm 453,54$ г., рост — $53,00 \pm 1,93$ см, окружность головы — $34,28 \pm 1,11$ см, окружность груди — $33,56 \pm 1,31$ см. Оценка по шкале Апгар на первой ми-

нуте составила $7,90 \pm 0,36$ баллов, на пятой минуте — $8,06 \pm 0,49$ баллов.

У 14 новорожденных (28%) были выставлены следующие диагнозы: маловесный для срока гестации — 4% (2), крупновесный для срока гестации — 4% (2), врожденный порок сердца (мышечный дефект межжелудочковой перегородки, добавочная верхняя полая вена) — 4% (2), гипоксико-геморрагическое поражение ЦНС (внутрижелудочковое кровоизлияние, субэпендимальное кровоизлияние) — 4% (2), кефалогематома — 6% (3), новая коронавирусная инфекция — 6% (3).

Заключение

1. Основными показаниями для индукции родов являются гестационный сахарный диабет (58%), перенашивание беременности (36%), макросомия плода (16%).
2. Наиболее частое осложнение в родах после амниотомии — разрывы промежности I–II степени (34%).
3. Кесарево сечение потребовалось 8% женщин после индукции родов амниотомией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радзинский В.Е., Маклецова С.А., Богдасhevская О.В. Созревание шейки матки в родах: от понимания механизмов к способам управления и программированным родам // StatusPraesens. Гинекология, акушерство, бесплодный брак. — 2017. — № 3 (39). — С. 139–147.
2. Smyth R.M., Markham C. Downswell amniotomy for shortening spontaneous labour // Cochrane Database Syst. Rev. 2013. № 6. Art. № CD006167. [PMID23780653]
3. Фаткуллин И.Ф., Фаткуллина Л.С. Индукция родов: устоявшиеся представления и новые перспективы // StatusPraesens. Гинекология, акушерство, бесплодный брак. — 2022. — № 2 (86). — С. 61–64.
4. Рекомендации ВОЗ по индукции родов. — URL: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44531/9789244501153_rus.pdf
5. Клинические рекомендации «Неудачная попытка стимуляции родов (подготовка шейки матки к родам и родовозбуждение). 2021. — 61 с.

© Емельянова Дарья Игоревна (Emelyanova.Darja@yandex.ru), Дворянский Сергей Афанасьевич (kf1@kirovgma.ru),
Лагоша Роман Юрьевич (kf1@kirovgma.ru), Беккер Екатерина Дмитриевна (katrinshisha@mail.ru),
Оспищева Евгения Александровна (eva.aleksandrovna.1999@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОВРЕМЕННАЯ ТАКТИКА ВЕДЕНИЯ ЖЕНЩИН С ГЕНИТОУРИНАРНЫМ СИНДРОМОМ

MODERN MANAGEMENT TACTICS FOR WOMEN WITH GENITOURINARY SYNDROME

**L. Ziganshina
E. Zulkarneeva**

Summary. This article discusses the modern tactics of managing women with genitourinary syndrome (HUS) to improve the quality of life of patients in menopausal age. Due to the increase in the number of working and active women in menopause, HUS is a medical and social problem. The article analyzes the examination data of patients at menopausal age, on the basis of which the question of choosing systemic or local therapy was decided, the effectiveness of each type of therapy depending on the complaints of patients was considered.

Keywords: menopausal age, genitourinary syndrome, estrogens, vulvovaginitis.

Зиганшина Лиана Замировна

«Башкирский государственный медицинский университет» Россия, г. Уфа
lz.ziganshina85@mail.ru

Зулкарнеева Эльмира Маратовна

Кандидат медицинских наук, «Башкирский государственный медицинский университет» Россия, г. Уфа

zulkarneeva.elmira@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрена современная тактика ведения женщин с генитоуринарным синдромом (ГУС), для повышения качества жизни пациенток в менопаузальном возрасте. В связи с повышением количества работающих и ведущих активный образ жизни женщин в менопаузе, ГУС является медико-социальной проблемой. В статье проанализированы данные обследования пациенток в менопаузальном возрасте, на основании которых решался вопрос о выборе системной или местной терапией, рассмотрена эффективность каждого вида терапии в зависимости от жалоб пациенток.

Ключевые слова: менопаузальном возрасте, генитоуринарный синдром, эстрогены, вульвовагинит.

Согласно демографическим прогнозам, к 2030 году 1,2 млрд. женщин доживут до менопаузы. В нашей стране, по данным всероссийской переписи населения 2020г, более 39% женщин менопаузального возраста продолжают работать, из этого количества 50% — женщины 55–59 лет [1].

В связи с этим, особое медико-социальное значение приобретают факторы, которые определяют качество жизни женщин этого возраста. К их числу относятся проблемы, связанные с профилактикой, диагностикой и лечением патологических состояний, одним из существенных звеньев патогенеза которых является дефицит эстрогенов вследствие возрастного угасания функции яичников. Климактерический период хотя и является закономерным этапом жизни женщины, не всегда протекает физиологически. По данным литературы, различные проявления климактерических расстройств наблюдаются у 40%–70% женщин старше 45 лет. С другой стороны, к возрасту менопаузы у женщин накапливается целый «букет» экстрагенитальной патологии, которая со своей стороны обуславливает отрицательное влияние на качество жизни и усугубляет клиническое течение менопаузы. Наиболее значимым проявлением менопаузального синдрома,

обусловленное дефицитом эстрогенов у женщин перименопаузального возраста, является атрофический вульвовагинит [2]. При этом частота встречаемости, выраженность патологических изменений и клиническое течение заболевания зависят от длительности менопаузы. Так, через 7–8 лет после прекращения менструаций, атрофические изменения наблюдаются почти у 50% женщин, а с течением времени его частота возрастает до 73–75% [4]. Тогда как около 70% женщин с симптомами вагинальной атрофии не обращаются к врачам, считая это естественным состоянием. В первые годы менопаузы физиологические инволютивные изменения слизистой влагалища без клинических проявлений не нуждаются в медикаментозной коррекции. Только у 10% женщин в период перименопаузы отмечаются такие симптомы как сухость, зуд, жжение, обусловленные генитоуринарным синдромом, требующие медикаментозной коррекции. Остается весьма актуальным вопрос менопаузальной гормональной терапии ГУС, так как нейровегетативные, вазомоторные расстройства имеют тенденцию к улучшению без специфической терапии, а симптомы ГУС прогрессируют, вызывая множество жалоб. Пациентки ощущают сухость и жжение во влагалище, дискомфорт и кровянистые выделения при половой жизни, учащенное, бо-

лезненное мочеиспускание, недержание мочи, возникающее в различных жизненных ситуациях [3].

Диагностика ГУС происходит на основании жалоб пациентки, анамнеза, данных осмотра, расширенной кольпо- и вульвоскопии. При необходимости определяют Ph влагалищного содержимого, значение зрелости вагинального эпителия (ЗВЭ) и проводят комплексное микробиологическое исследование вагинального отделяемого. Для определения интенсивности симптомов вагинальной атрофии используют шкалу по D. Barlow, где 0 — отсутствие симптомов, 5 — симптомы тяжелой степени [4].

По мере нарастания эстрогенного дефицита, примерно через 3–5 лет после последней менструации, в слизистой влагалища, вульвы и других структурах уrogenитального тракта развиваются дистрофические и атрофические изменения, требующие лечения: через 3 года менопаузы уже около 40% женщин предъявляют жалобы, характерные для атрофического вульвовагинита, а более 50% пациенток отмечают, что вагинальный дискомфорт отрицательно влияет на качество их жизни.

Несмотря на вышесказанное, у некоторых женщин симптомы атрофии прогрессируют вскоре после наступления менопаузы, а у других они не возникают даже в более поздние годы [3]. Некоторые авторы считают, что после менопаузы у женщин с более высоким уровнем андрогенов, которые поддерживают сексуальную активность, отмечено меньше изменений, связанных с атрофией. Вагинальная атрофия наблюдается чаще у женщин, которые никогда не рожали через естественные родовые пути.

В настоящее время актуальной проблемой является рациональное ведение пациенток с явлениями гипоэстрогении, улучшение качества жизни женщин менопаузального возраста [5].

Для лечения менопаузального атрофического вагинита было предложено множество методов, включающих различные половые гормоны, негормональные препараты и физиотерапевтические процедуры, однако их эффективность оказалась недостаточной [3]. Эффективность негормональных методов лечения, таких как увлажняющие средства, лубриканты, физиотерапия, расширители, гиалуроновая кислота и лазерная терапия не доказана [10].

В качестве препаратов первой линии для терапии ГУС рекомендуют препараты, содержащие натуральные эстрогены. Данные медикаменты, по-прежнему, остаются в числе немногих оригинальных средств

в линейке менопаузальной гормональной терапии, выпускаются во многих лекарственных формах: в виде таблеток, свечей и кремов. В силу своих составляющих характеристик используются мультимодально: как системно, так и местно [6].

Согласно данным обследований пациенток в менопаузальном возрасте, решение вопроса о выборе системной или местной менопаузальной гормональной терапии в каждом случае решается индивидуально, с учётом качества жизни и приоритетов здоровья, зависит от многих факторов: жалоб, возраста, продолжительности менопаузального периода, необходимости профилактики и терапии системных и местных проявлений климактерия, с учётом всевозможных рисков: венозной тромбозной, инсульта, ИБС, фоновых и онкологических заболеваний [7].

Установлено, что комбинированная гормональная терапия назначается при выраженной атрофии: на фоне проводимой местной гормональной терапии рекомендуется применение системного менопаузального гормонального лечения. При этом частота назначения комбинированной гормональной терапии составляет 20–22% у пациенток, получающих системную менопаузальную гормональную терапию [3]. Исследования показали, что при лёгкой степени генитоуринарного синдрома в сочетании с системной менопаузальной гормональной терапией, препарат с эстриолом целесообразно применять местно кратностью до двух раз в неделю. При средней тяжести проявлений уrogenитальных расстройств рекомендуется ежедневный приём препарата эстрогена локально, в составе менопаузальной гормональной терапии в течение 2–3 недель, с переходом на поддерживающую терапию 2 раза в неделю [8].

В случае выраженных симптомов генитоуринарного синдрома рекомендуют сочетание местной и системной менопаузальной гормональной терапии до 6 месяцев, с решением вопроса о типе пролонгируемой терапии [9].

Потребность в пролонгировании лечения, как и наличие показаний и противопоказаний для менопаузальной гормональной терапии, должны периодически пересматриваться [10].

Заключение

Генитоуринарный менопаузальный синдром — это уникальный набор симптомов и признаков, с которыми сталкиваются более 50% женщин в постменопаузе. Симптомы его хорошо известны, как и их влияние на качество жизни, при этом по-прежнему проблемой

остается своевременное обращение женщин за помощью, в первую очередь из-за психологических преград. ГУС продолжает оставаться в зоне активного изучения и дискуссий о предпочтительности тех или иных способов лечения [11], новые методики требуют объектив-

ного анализа как эффективности, так и безопасности. По всей видимости, будущее за комбинированными способами лечения при учете индивидуальных особенностей пациентки с активным вовлечением ее в лечебный процесс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аполихина, И.А. Современный подход к терапии генитоуринарного менопаузального синдрома / И.А. Аполихина, А.Н. Сенча, А.С. Саидова // Медицинский оппонент. — 2020. — № 3 (11). — С. 27–31.
2. Балан, В.Е. Генитоуринарный менопаузальный синдром (обзор современных клинических рекомендаций) / В.Е. Балан, Т.В. Ловыгина // Женская клиника. — 2021. — № 2. — С. 53–64.
3. Ермакова, Е.И. Ведение пациенток с генитоуринарным менопаузальным синдромом и эстроген-зависимыми онкозаболеваниями репродуктивной системы в анамнезе / Е.И. Ермакова // Акушерство и гинекология. Новости. Мнения. Обучение. — 2020. — Т. 8, № 2 (28). — С. 75–79.
4. Ермакова, Е.И. Генитоуринарный менопаузальный синдром: диагностика и принципы лечения / Е.И. Ермакова // Медицинский совет. — 2019. — № 13. — С. 106–111.
5. Мазитова, М.И. Генитоуринарный менопаузальный синдром: современный подход к лечению / М.И. Мазитова, Р.Р. Мардиева // Гинекология. — 2020. — Т. 22, № 6. — С. 16–20.
6. Новые аспекты патогенеза генитоуринарного менопаузального синдрома / Г.О. Гречканев [и др.] // Российский вестник акушера-гинеколога. — 2021. — Т. 21, № 6. — С. 27–31.
7. Патогенез и патогенетическое лечение менопаузального генитоуринарного синдрома (обзор литературы) / Г.О. Гречканев [и др.] // Медицинский альманах. — 2020. — № 3 (64). — С. 6–14.
8. Структурно-функциональные основы генитоуринарного синдрома в менопаузе / А.К. Пичигина [и др.] // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. — 2019. — Т. 168, № 7. — С. 127–132.
9. Тихомирова, Е.В. Методы лечения генитоуринарного синдрома на современном этапе / Е.В. Тихомирова, В.Е. Балан, О.С. Фомина-Нилова // Медицинский совет. — 2020. — № 13. — С. 91–96.
10. Трехкомпонентная локальная терапия генитоуринарного менопаузального синдрома у женщин с хирургической коррекцией пролапса гениталий / А.А. Михельсон [и др.] // Российский вестник акушера-гинеколога. — 2019. — Т. 19, № 2. — С. 76–82.
11. Genitourinary Syndrome of Menopause / A.L.R. Valadares [et al.] // Rev. Bras. Ginecol. Obstet. — 2022. — Vol. 44, № 3. — P. 319–324.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФАБОМОТИЗОЛА У БОЛЬНЫХ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ С МЕТЕОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ АКТИВНОСТИ РЕГУЛЯТОРНЫХ СИСТЕМ

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF FABOMOTIZOL IN PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION WITH METEOSENSITIVITY BY INDICATORS OF ACTIVITY OF REGULATORY SYSTEMS

**R. Kildebekova
G. Bikkinina
A. Vardikyan**

Summary. The article presents the dynamics of indicators of the activity of regulatory systems and the psycho-emotional state of patients with arterial hypertension with meteosensitivity against the background of additional intake of fabomotizol. The study included patients with AH with meteosensitivity (n=102) and AH not meteosensitive (n=96). The IA subgroup on the background of hypotensive therapy received fabomotizol 50 mg/day. 3 days before the change in weather factors, IB — fabomotizol 30 mg/day. 3 days before the change in weather factors, and group II received basic hypotensive therapy. The indicator of activity of regulatory systems (PARS) was evaluated by the sum of the modules of evaluation criteria with accounts of sympathetic and parasympathetic activity. The psychoemotional state of patients with AH with meteosensitivity was assessed on the HADS scale. The results of the study showed that the additional use of fabomotizol in a daily dose of 50 mg/day. 3 days before the change in weather conditions in patients with hypertension with meteosensitivity helps to reduce anxiety levels, improve compensatory and adaptive mechanisms of the body.

Keywords: arterial hypertension, meteosensitivity, compensatory and adaptive mechanisms, anxiety.

Артериальная гипертензия (АГ) является ведущим фактором риска развития сердечно-сосудистых осложнений и среди взрослого населения встречается до 45% [1,7]. В российской популяции у мужчин трудоспособного возраста АГ достигает 47%, а у лиц старше 60 лет — до 60% [2,3]. Согласно прогнозам экспертов, к 2025 году число пациентов АГ увеличится на 15–20% [1,7].

Среди факторов риска, препятствующих достижению целевого уровня АД, особое место занимает метеочувствительность, которая встречается у 70–75%

Кильдебекова Раушания Насгутдиновна
Д.м.н., Башкирский государственный медицинский университет г. Уфа

Биккинина Гузель Минираисовна
Д.м.н., «Башкирский Государственный медицинский университет», г. Уфа

Вардикян Ася Гарегиновна
Аспирант, Башкирский государственный медицинский университет
г. Уфа

Asya-vardikyan@mail.ru

Аннотация. В статье представлена динамика показателей активности регуляторных систем и психоэмоционального состояния больных артериальной гипертензией с метеочувствительностью на фоне дополнительного приема фабомотизола. В исследовании были включены больные АГ с метеочувствительностью (n=102) и АГ не метеочувствительные (n=96). IA подгруппа на фоне гипотензивной терапии получала фабомотизол 50 мг/сут. за 3 дня до изменения погодных факторов, IB — фабомотизол 30 мг/сут. за 3 дня до изменения погодных факторов и II группа получала базовую гипотензивную терапию. Показатель активности регуляторных систем (ПАРС) оценивали по сумме модулей оценки критериев с учетом симпатической и парасимпатической активности. Психоэмоциональное состояние больных АГ с метеочувствительностью оценивали по шкале HADS. Результаты исследования показали, что дополнительное применение фабомотизола в суточной дозе 50 мг/сут. за 3 дня до изменения погодных условий у больных АГ с метеочувствительностью способствует снижению уровня тревожности, улучшению компенсаторно-адаптационных механизмов организма.

Ключевые слова: артериальная гипертензия, метеочувствительность, компенсаторно-адаптационные механизмы, тревожность.

лиц с сердечно-сосудистой патологией [4,5,9]. Во многих исследованиях показано, что изменения погодных условий может влиять на психоэмоциональное состояние больных АГ с метеочувствительностью, который способствует снижению эффективности лечения [4,9]. В формировании повышенной метеочувствительности имеет значение дисбаланс вегетативной нервной системы: тонус симпатического и парасимпатического отделов [4–6].

Большую роль в состоянии сердечно-сосудистой деятельности принадлежит регуляторным системам

организма-постоянно действующий аппарат слежения за функциональным состоянием органов и систем, взаимодействием и нарушением этих механизмов.

Учитывая рост сердечно-сосудистых заболеваний, изучение компенсаторно-адаптационных возможностей, особенно, у больных АГ с метеочувствительностью в настоящее время является актуальной.

Цель работы

Оценить динамику показателей активности регуляторных систем у больных артериальной гипертензией с метеочувствительностью на фоне приема фабомотизола.

Материалы и методы

В исследовании участвовали 198 больных АГ II стадии, не контролируемой степени, риск 3, трудоспособного возраста. Диагноз АГ верифицировался согласно клиническим рекомендациям Российского кардиологического общества по АГ 2020 года [7]. Исследуемые были разделены на две группы: I группа- больные АГ с метеочувствительностью (n=102) и II группа- больные АГ не метеочувствительные (n=96). Для сравнения результатов исследования была сформирована контрольная группа (n=30)-здоровые лица, сопоставимые по полу и возрасту. Гипотензивная терапия у исследуемых АГ проводилась согласно клиническим рекомендациям РКО по АГ (2020). Для оценки эффективности предложенного нами препарата фабомотизол дополнительно к базовой гипотензивной терапии, больных АГ с метеочувствительностью, методом «конвертов» разделили на две подгруппы: IA подгруппа (n=51) дополнительно принимала фабомотизол (Афобазол)- селективный небензодиазепиновый анксиолитик по 50 мг/сутки, за 3 дня до изменения погодных факторов (атмосферного давления, температуры воздуха и геомагнитных бурь), а IB подгруппа (n=51) фабомотизол в дозе 30мг в сутки за 3 дня до изменения погоды. Пациенты II группы — получали только базовую гипотензивную терапию (лизиноприл 10мг/сут. и индапамид 2,5мг/сут.). Информацию о необходимости приема препарата фабомотизол больные получали от лечащего врача, которые находились в общем чате группы WhatsApp. Данные о метеорологических и геомагнитных факторах получали с сервера сайта «Башгидрометцентр» (www.meteorb.ru).

Метеочувствительность больных АГ устанавливали по анамнезу и метеопатическому индексу B.deRudder [8]. Оценку функциональных резервов и адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы, интегрального показателя здоровья изучали на аппа-

ратно — программном комплексе «Истоки здоровья», разработанного Центром медицинской профилактики «Валеомед», свидетельство Роспатента № 2004610012 от 05.01.2004, Баландин Ю.П. По результатам исследования проводилась оценка состояния здоровья по значениям интегрального показателя здоровья (ИПЗ): неудовлетворительное — менее 25%, «удовлетворительное» — (25–49%), «хорошее» состояние — (50–74%) и «отличное» — (75–100%). Показатель активности регуляторных систем (ПАРС) вычисляли по сумме модулей оценки критериев (+2, +1, 0, -1, -2), учитывая симпатическую (+ПАРС) и парасимпатическую (-ПАРС) составляющие; 0–1 балла — оптимальный процесс регуляции, 2–4 балла — умеренное функциональное напряжение, 5–6 баллов — выраженное функциональное напряжение, 7–8 баллов — резкое функциональное напряжение 9–10 баллов — срыв адаптации. Уровень тревожности оценивали по шкале HADS (Hospital anxiety and depression scale). Уровень артериального давления (АД) — по данным дневника самоконтроля (СКАД).

У всех участников исследования были получены письменное согласие. Исследование проводили на базе ГБУЗ РБ поликлиники № 46 г. Уфа за период 2019–2021 гг.

Статистическая обработка данных выполнялась с использованием пакет программ STATISTICA 10.0 (StatSoftinc., США).

Результаты и обсуждения

У больных АГ исходный уровень систолического АД (САД) в I группе исследуемых был 166,8±8,2мм рт.ст и диастолического АД (ДАД)- 98,2±4,8 мм рт.ст., во II группе составил 161,4±7,9 мм рт.ст. и 97,7±4,8 мм рт.ст. Анализ функционального состояния организма у исследуемых АГ с метеочувствительностью показал увеличение индекса напряжения (ИН) в I группе на 44,9% (p<0,05), во II группе на 30,7%(p<0,05) в сравнении с контрольной группой; снижение уровня физических возможностей (УФВ) — на 44,4% (p<0,05) и на 20,9% (p<0,05) соответственно; функциональных резервов нервной системы (ФРНС) — на 38,2%(p<0,05) и на 16,6%(p<0,05); интегрального показателя здоровья (ИПЗ) — на 38,3%(p<0,05) и на 27,9%(p<0,05) соответственно. Среднее значение показателя активности регуляторных систем (ПАРС) в I группе составил 5,3±0,5 (p<0,05) баллов, во II группе — 4,4±0,4 (p<0,05) балла, что в 3,5раза и в 2,6 раза выше в сравнении с контрольной группой (рис. 1). Как видно из представленных данных в таблице 1 у больных АГ с метеочувствительностью были более выраженные изменения исходного состояния активности регуляторных систем организма.

Таблица 1. Динамика показателей функционального состояния организма у больных с АГ

Показатели	Контрольная группа (n=30)	I группа-больные АГ с метеочувствительностью (n=102)				II группа-больные АГ без метеочувствительности (n=96)	
		IA подгруппа (n=51)		IB подгруппа (n=51)		до	после
		до	после	до	после		
ИН, усл.ед	62,2±3,04	113,5±5,6*	76,4±3,7°	112,3±5,5*	84,6±4,1°	89,8±4,4*	74,7±3,7°
УФВ, баллы	10,4±0,5	7,1±0,3*	9,2±0,5°	7,2±0,4*	8,7±0,4°	8,6±0,4*	9,3±0,5°
ФРНС, %	81,4±4,1	59,6±1,8*	79,6±3,5°	58,3±2,9*	68,4±3,4°	69,8±3,4*	76,1±3,7°
ИПЗ, %	79,4±3,9	57,2±2,9*	66,3±3,9°	57,6±2,8*	63,5±3,2°	62,1±3,04*	67,3±3,3°

Примечание: * в сравнении с контрольной группой
° в сравнении с исходными данными

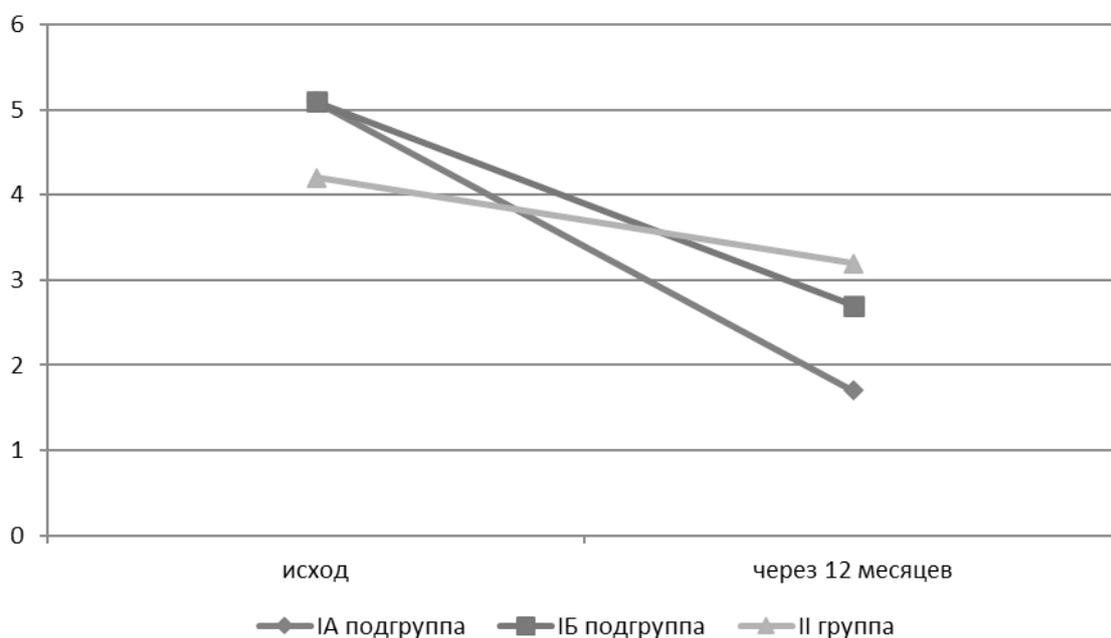


Рис. 1. Динамика показателей активности регуляторных систем у больных АГ (баллы).

В ходе комплексной терапии больных АГ с метеочувствительностью наблюдалось улучшение компенсаторно-адаптационных механизмов. Положительная динамика на фоне гипотензивной терапии с дополнительным применением фабомотизола в дозе 50 мг в сутки более значительно наблюдалось в IA подгруппе, где индекс напряжения снизился на 17(32,7%), в IB подгруппе — на 13(24,7%); уровень физических возможностей (УФВ) повысился на 12(22,8%), на 9(17,2%) соответственно; функциональные резервы нервной системы (ФРНС) — на 13(25,1%), на 8(14,8%); интегральный показатель здоровья (ИПЗ) — на 7(13,7%), на 5(9,3%) соответственно по сравнению с исходным уровнем, данные представлены в таблице 1. В соответствии с дизайном исследования, группа больных АГ без метеочувстви-

тельности также наблюдалась позитивная динамика, но менее выраженная.

Как видно по результатам лечения больных АГ с метеочувствительностью на фоне дополнительного применения фабомотизола наблюдалась выраженная позитивная динамика в IA подгруппе: уменьшилось число лиц, имеющих функциональное напряжение регуляторных систем по сравнению с исходными данными и среднее значение ПАРС составило 1,7±0,1 балла, что соответствовало варианту нормы (Р.М. Баевский, 2007). В IB подгруппе динамика была менее выражена и значение ПАРС составило 2,7±0,2 балла- состояние умеренное функциональное напряжение, а во II группе у больных АГ без метеочувствительности он составило

Таблица 2. Динамика уровня тревоги у больных артериальной гипертензией

Показатели баллы	IA подгруппа (n=51)		IB подгруппа (n=51)		II группа (n=96)	
	до	после	до	после	до	после
«отсутствие достоверно выраженных симптомов»	5 (9,8%) (6,3±0,6)	33(64,7%)° (5,6±1,2)	4(7,8%) (6,3±0,6)	15(28,2%)° (5,8±1,2)	25(26,4%) (5,8±1,1)	51(33,5%) 5,7±0,9
«субклинически выраженная»	30(58,8%) (9,2±1,6)	13(25,5%)° (8,6±1,1)	29(56,9%) (9,2±1,6)	23(45,7%)° (8,9±1,6)	50(51,9%) (9,6±1,6)	34(47,7%) (9,2±0,6)
«клинически выраженная»	16(31,4%) (13,3±2,4)	5(9,8%)° (12,6±2,2)	18(35,3%) (13,3±1,4)	13(26,1%)° (12,3±2,4)	21(21,7%) (12,6±0,3)	11(18,8%) (12,1±0,4)

Примечание: в сравнении с исходным уровнем

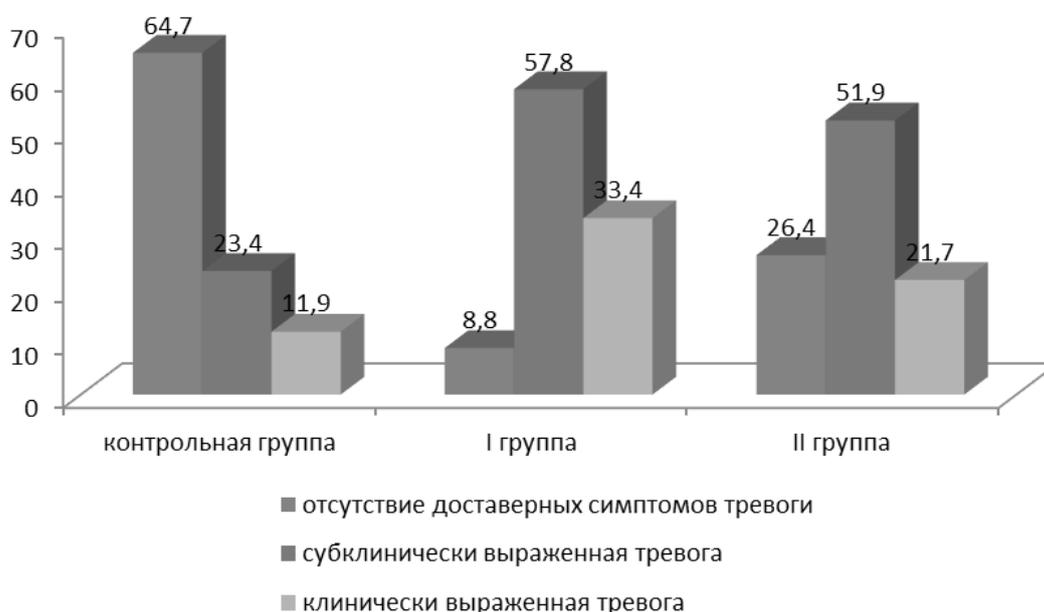


Рис. 2. Исходный уровень тревожности у больных АГ по шкале HADS, %

3,1±2,1 балла и соответствовало функционального напряжения (рис. 1).

Анализ показателей функционального состояния больных АГ с метеочувствительностью на фоне проведенного комплексного лечения свидетельствует об улучшении вегетативной регуляции сердца (снижение ИН), оптимизации уровня адаптации регуляторных систем (редукция ПАРС), которая была более выражена у больных АГ с метеочувствительностью при дополнительном применении фабомотизола в дозе 50 мг/сутки.

Изучение психоэмоционального состояния больных АГ по шкале HADS показало, что число лиц с «отсутствием выраженных симптомов тревоги» в I группе было

меньше на 29(55,9%), а II группе на 37(38,3%) в сравнении с контрольной группой; число лиц с «субклинически выраженной тревогой» больше на 17(32,4%) и на 27(28,5%) соответственно; «клинически выраженной тревогой» — на 11(21,5%) и 9(9,8%) соответственно, данные представлены на рисунке 2.

Изучение динамики результатов психологического тестирования больных АГ с метеочувствительностью на фоне приема фабомотизола по шкале HADS показало, что в IA подгруппе число лиц с «отсутствием достоверно выраженных симптомов тревоги» увеличилось на 28 (54,9%), в IB подгруппе — на 14 (26,8%) и во II группе — на 7 (7,1%); «субклинически выраженная тревога» снизилась на 17 (33,3%), на 8 (16,6%) и на 3 (2,9%)

соответственно, и «клинически выраженная тревога» снизилась на 11 (21,6%), на 5 (10,5%) и на 3 (2,9%) соответственно, в сравнении с исходными данными (таблица 2).

У больных АГ на фоне проводимого лечения, через 12 месяцев, гемодинамические данные улучшились — в IA подгруппе уровень САД снизился на 21,6%, ДАД — на 17,6%; в IB подгруппе — на 12,2% и на 14,6%, и во II группе — на 10,8% и на 9,2% соответственно в сравнение с исходными данными, что свидетельствует об эффективности проведенной терапии с дополнительным применением фабомотизола.

Таким образом, проведенное исследование показало, что исходно у больных АГ с метеочувствительностью было выявлено снижение регуляторных и адаптивных возможностей организма. Применение различных режимов дозирования фабомотизола в сочетании со стандартной схемой лечения у пациентов артериальной гипертензии с метеочувствительностью дифференцированно влияют на параметры вегетативной регуляции и их психологический статус. Данные исследования указывают, что дополнительное применение фабомотизола в суточной дозе 50 мг/сут, за 3

дня до изменения погодных условий для больных АГ с метеочувствительностью является более эффективным, способствуют снижению артериального давления, уровня тревожности и улучшению компенсаторно-адаптационных возможностей организма.

ВЫВОДЫ

1. Комплексная терапия больных АГ с метеочувствительностью при применении фабомотизола 50 мг в сутки показала позитивную динамику: снижение клинически выраженной тревоги, уровня АД, уменьшение числа лиц с функциональным напряжением регуляторных систем.
2. Дифференцированный подход режима дозирования препарата фабомотизол в комплексной терапии больных АГ с метеочувствительностью позволяет улучшить результаты лечения: показатели активности регуляторных систем, достижение целевых уровней АД нормализации психоэмоционального состояния.
3. Результаты исследования свидетельствует о безопасности применения фабомотизола в комплексной терапии больных АГ с метеочувствительностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Williams B., Mancia G., Spiering Wetal. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology and the European Society of Hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology and the European Society of Hypertension. *JHypertens* 2018;36(10):1953–2041.
2. Сторожок М.А., Шава В.П., Шалаев С.В., Гутнова С.К., Толпаров Г.В. Распространенность факторов риска неинфекционных заболеваний в российской популяции в 2012–2013 гг. Результаты исследования ЭССЕ-РФ. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика* 2014; 13(6):4–11.
3. Бойцов С.А., Баланова Ю.А., Шальнова С.А., Деев А.Д. и др. Артериальная гипертензия среди лиц 25–64 лет: распространенность, осведомленность, лечение и контроль. По материалам исследования ЭССЕ. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2014;4:4–14. doi.org/10.15829/1728–8800–2014–4–4–14.
4. Смирнов М.Д., Барина И.В., Бланкова З.Н., Агеева Н.В. Мухина А.А., Бородулина И.В., Марфина Т.В., Бадалов Н.Г., Агеева Ф.Т. Метеочувствительность у больных артериальной гипертензией: проявления и предикторы // *Кардиологический вестник*. 2018. Т. 13. № 4. С. 23–29.
5. Уянаева А.И., Тупицына Ю.Ю., Рассулова М.А., Турова Е.А., Львова Н.В., Айрапетова Н.С. Влияние климата и погоды на механизмы формирования повышенной метеочувствительности (обзор)// *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2016. № 93(5). С. 52–57.
6. Круглянин К.Д. Оценка и прогнозирование метеоклиматической дезадаптации у отдыхающих г. Анапа в межсезонный период года при кратковременной смене климатических условий// *Вестник новых медицинских технологий*. 2017. № 1. С. 217–221.
7. Клинические рекомендации артериальная гипертензия у взрослых, 2020г
8. Григорьев К.И., Поважная Е.Л. Проблема повышенной метеочувствительности у детей и подростков// *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2018. № 63(3). С. 84–90.
9. Беляева В.А. Влияние метеофакторов на частоту повышения артериального давления. Анализ риска здоровью. 2016. № 4С. 17–22.

© Кильдебекова Раушания Насгутдиновна, Биккинина Гузель Минираисовна,
Вардикян Ася Гарегиновна (Asya-vardikyan@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИЗМЕНЕНИЕ В ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНОМ СУСТАВЕ В РАЗЛИЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЯХ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОНУСНО-ЛУЧЕВОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

CHANGES IN THE TEMPOROMANDIBULAR JOINT IN DIFFERENT FUNCTIONAL STATES ACCORDING TO CONE BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY

**S. Lazarev
Le Tkhu Chang
S. Averianov**

Summary. A person's quality of life is determined by what they eat and how well they chew their food, i.e. it directly depends on the performance of the chewing muscles. The change in the consistency of food has affected the clamping force of the muscles and shifted the chewing load mainly to the premolars and first molars, which are the "crushers" of occlusal load. These groups of teeth as well as the working side of mastication play a role in stress and physical loading, which in turn affects the temporomandibular joint. The aim of this study is to investigate temporomandibular joint changes in an experiment using cone beam computed tomography in young individuals who eat soft food.

Keywords: temporomandibular joint, cone beam computed tomography, local overbite.

Лазарев Сергей Анатольевич

Доктор медицинских наук, Башкирский
Государственный Медицинский Университет (Уфа)
lazarew@yandex.ru

Ле Тху Чанг

Ассистент, Башкирский Государственный
Медицинский Университет (Уфа)
trang020595@gmail.com

Аверьянов Сергей Витальевич

Доктор медицинских наук, профессор, Башкирский
Государственный Медицинский Университет (Уфа)
sergei_aver@mail.ru

Аннотация. Качество жизни человека определяется тем, чем он питается и насколько хорошо он пережевывает пищу, то есть напрямую зависит от работы мышц жевания. Изменение консистенции пищи повлияло на силу смыкания мышц и переместило жевательную нагрузку преимущественно на премоляры и первый моляр, которые являются «дробителями» окклюзионной нагрузки. Эти группы зубов, как и рабочая сторона жевания, играют роль при стрессовых и физических нагрузках, которые в свою очередь влияют на височно-нижнечелюстной сустав. Целью в данной работе является изучение изменения височно-нижнечелюстного сустава в эксперименте с использованием конусно-лучевой компьютерной томографии у молодых лиц, употребляющих мягкую по консистенции пищу.

Ключевые слова: височно-нижнечелюстной сустав, конусно-лучевая компьютерная томография, локальное завышение прикуса.

Актуальность

Качество жизни человека определяется тем, чем он питается и насколько хорошо он пережевывает пищу, то есть напрямую зависит от работы мышц жевания. Во время стресса происходит безусловное рефлекторное сжатие мышц с неконтролируемой силой, что делает стрессовые нагрузки важным фактором влияния на жевательные мышцы, окклюзию и ВНЧС [1–3]. Изменение консистенции пищи повлияло

на силу смыкания мышц и переместило жевательную нагрузку преимущественно на премоляры и первый моляр, которые являются «дробителями» окклюзионной нагрузки. Эти группы зубов, как и рабочая сторона жевания, играют роль при стрессовых и физических нагрузках. Данные зубы определяют окклюзию, которая выступает в качестве опоры при данных состояниях и перенаправляет кинетическую энергию. В результате снижается вероятность травмы челюстно-лицевой области, в частности височно-нижнечелюстного сустава,



Рис. 1. Цифровой томограф KaVo OP300 Maxio

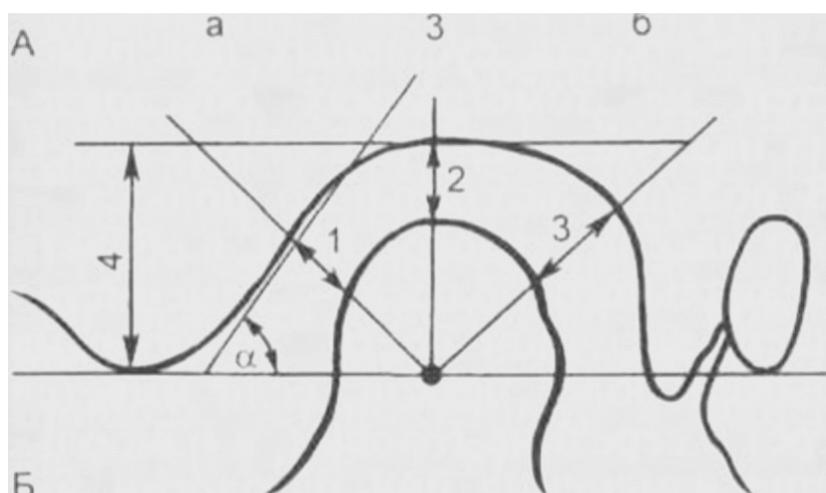


Рис. 2. Схема для анализа сагиттальных томограмм:
 α — угол наклона заднего ската суставного бугорка к основной линии;
 1 — переднесуставная щель; 2 — верхнесуставная щель;
 3 — заднесуставная щель; 4 — высота суставного бугорка

что говорит о важности детального изучения данной темы для дальнейшего использования в практической деятельности врача — стоматолога [4, 5].

Цель

Изучение изменения височно-нижнечелюстного сустава в эксперименте с использованием конусно-лучевой компьютерной томографии.

Материалы и методы

В исследование были включены 97 человек в возрасте от 20 до 27 лет из числа обучающихся университета.

Критерии включения испытуемых в исследование: целостный зубной ряд с ортогнатическим прикусом, способность выдерживать усиленные физические нагрузки, согласие участвовать в исследовании.

Таблица 1. Результаты исследования ВНЧС

Расстояние суставной щели	Суставная щель справа			Суставная щель слева		
	Задний отдел	Верхний отдел	Передний отдел	Задний отдел	Верхний отдел	Передний отдел
Исходное расстояние суставной щели при положении челюсти в центральной окклюзии, мм	2,76±0,02	2,89±0,03	2,82±0,04	2,44±0,06	2,91±0,03	2,81±0,04
Расстояние суставной щели после наложения силиконового ключа при «стрессовых нагрузках», мм	2,18±0,03	2,90±0,05	2,60±0,05	2,34±0,03	3,65±0,06	3,55±0,05
Расстояние суставной щели после локального завышения прикуса в области сегмента жевания, мм	2,66±0,02	3,03±0,03	2,94±0,05	2,54±0,03	3,02±0,04	2,89±0,04

Примечание: достоверность различий в сравниваемых группах составляла $p < 0,05$

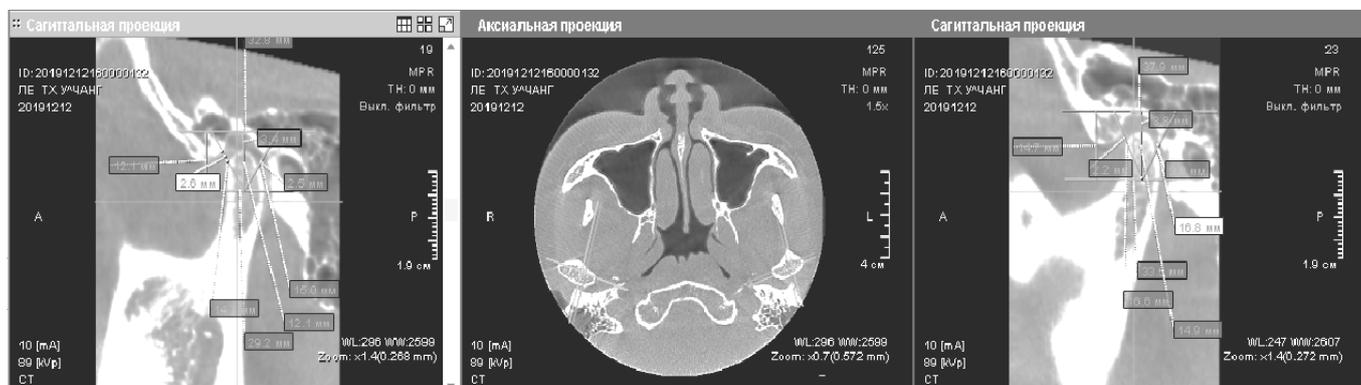


Рис. 3. Трехмерный рентгеновский снимок височно-нижнечелюстного сустава с определением ширины суставной щели

Критерии исключения: наличие дефектов зубных рядов, заболевания пародонта, ВНЧС, мягких и твердых тканей челюстно-лицевой области, хронические заболевания внутренних органов, несогласие участвовать в исследовании.

Состояние суставной щели височно-нижнечелюстного сустава оценивалось с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) челюстей.

Рентгенологическое исследование пациентам проводилось в отделении рентгенологии Клинической стоматологической поликлиники БГМУ на конусно-лучевом компьютерном томографе KaVo OP300 Maxio (регистрационное удостоверение от 23.11.2012 г. № ФСЗ 2012/12046, Германия) с функцией 3D-томографии, позволяющего получить трехмерное изображение зубочелюстной системы

(рис. 1). Значение силы тока и анодного напряжения 3,2–16 мА и 57–90 кВ соответственно, лучевая нагрузка — 30–60 мкЗв.

Для этого испытуемым делали полный трехмерный снимок челюстей. Через месяц проводили повторный снимок с окклюзионной накладкой в области зубов 4.4 и 4.5, с помощью компьютерной программы определяли височно-нижнечелюстной сустав. Для анализа смещения нижней челюсти проводили замер ширины суставной щели ВНЧС на отдельных участках по методике Ужумецкене И.И. [6–8] на конусно-лучевой компьютерной томографии (рис. 2).

Оценка полученных снимков проводилась визуально и с помощью виртуальной измерительной линейки. Далее проводился сравнительный анализ полученных снимков.

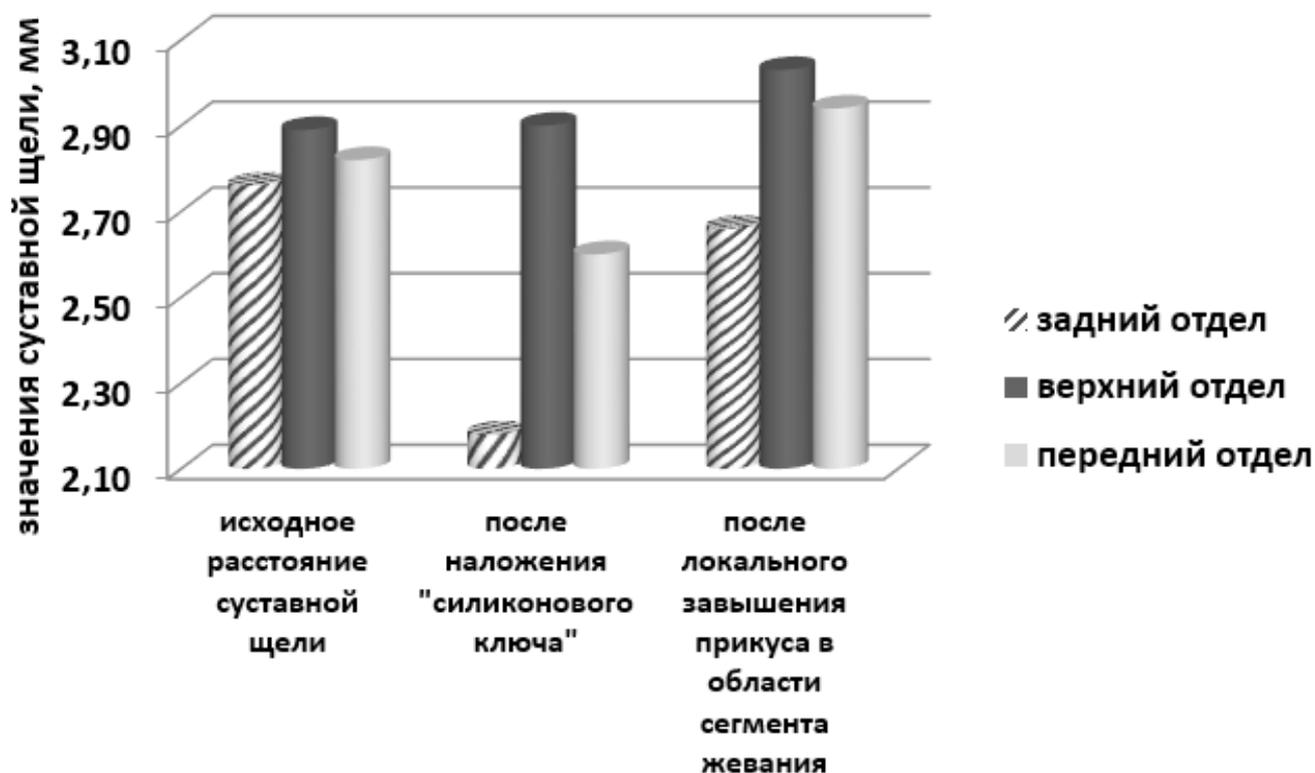


Рис. 4. Средние значения суставной щели справа, мм

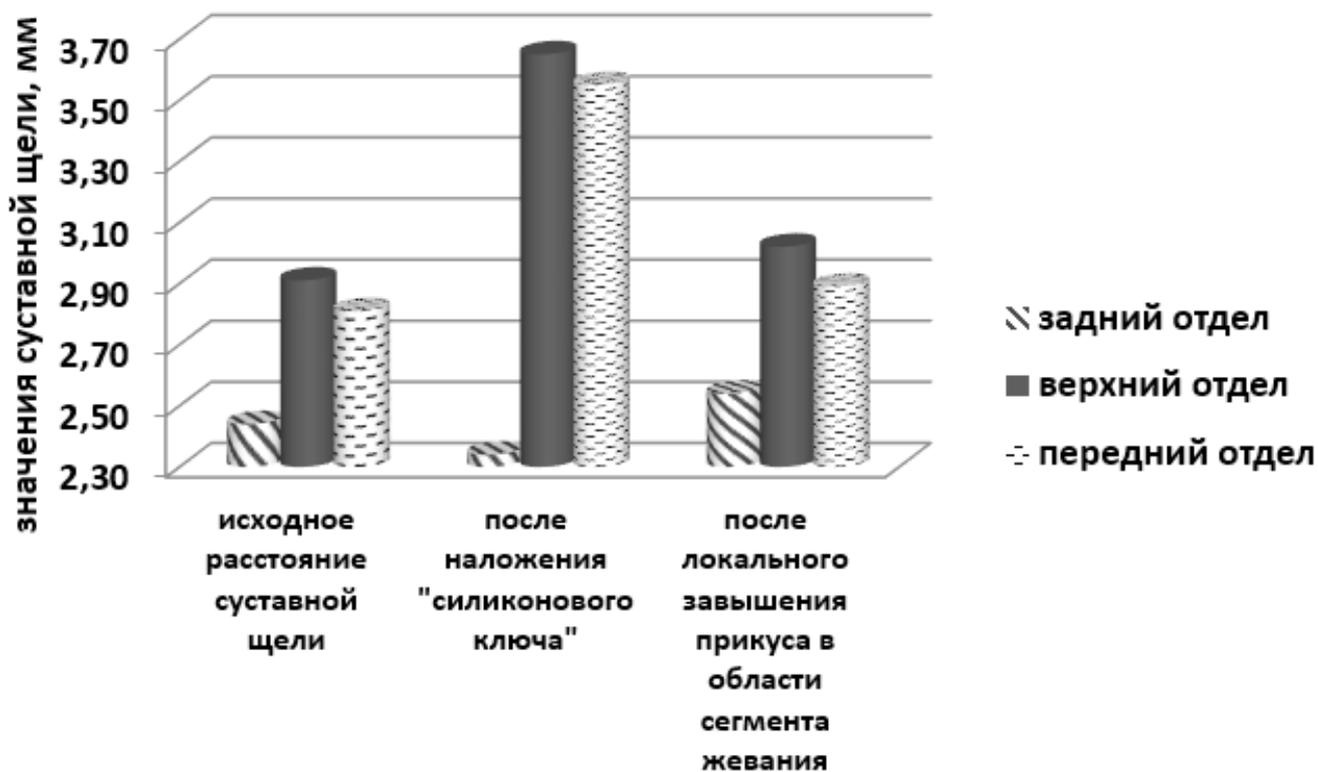


Рис. 5. Средние значения суставной щели слева, мм

На томограммах в боковой проекции оценивали размеры суставной щели в центральной окклюзии и при локальном завышении прикуса в области «рабочего сегмента жевания» (рис. 3).

Результаты

Участникам исследования проведена конусно-лучевая компьютерная томография височно-нижнечелюстного сустава. На полученных рентгенологических снимках ВНЧС у 97 испытуемых провели замер ширины суставной щели височно-нижнечелюстного сустава на отдельных участках по методике Ужумецкене И.И. (таблица 1).

Исходное расстояние суставной щели заднего отдела справа у испытуемых составило $2,76 \pm 0,02$ мм, после наложения силиконового ключа расстояние суставной щели заднего отдела справа составило $2,18 \pm 0,03$ мм, что меньше на 21% (рис. 4). После локального завышения прикуса в области сегмента жевания расстояние суставной щели заднего отдела справа составило $2,66 \pm 0,02$ мм, что меньше на 7,8% по сравнению с исходным расстоянием суставной щели заднего отдела справа. В верхнем отделе суставной щели справа отмечено незначительное увеличение (на 0,3%) суставной щели после наложения силиконового ключа от исходного расстояния суставной щели верхнего отдела справа ($2,89 \pm 0,03$ мм). Увеличение расстояния суставной щели после локального завышения прикуса в области сегмента жевания верхнего отдела справа составило 4,6% от исходного расстояния суставной щели верхнего отдела справа. Исходное расстояние суставной щели переднего отдела справа у испытуемых составило $2,82 \pm 0,04$ мм, после наложения силиконового ключа расстояние суставной щели переднего отдела справа уменьшилось на 7,8% ($2,60 \pm 0,05$ мм). После локального завышения прикуса в области сегмента жевания расстояние суставной щели в переднем отделе справа составило $2,94 \pm 0,05$ мм, что на 4,1% больше исходного расстояния суставной щели переднего отдела справа.

При анализе результатов исследования КЛКТ височно-нижнечелюстного сустава отмечено уменьшение расстояния суставной щели в заднем отделе слева после наложения силиконового ключа на 4,1%

(с $2,44 \pm 0,06$ мм на $2,34 \pm 0,03$ мм) (рис. 5). После локального завышения прикуса в области сегмента жевания расстояние суставной щели в заднем отделе слева составило $2,54 \pm 0,03$ мм, что больше на 3,9% по сравнению с исходным расстоянием суставной щели заднего отдела слева. Исходное расстояние суставной щели в верхнем отделе слева составило $2,91 \pm 0,03$ мм, что меньше на 20,3% по сравнению с расстоянием суставной щели после наложения силиконового ключа ($3,65 \pm 0,06$ мм) в верхнем отделе слева. Расстояние суставной щели в верхнем отделе слева после локального завышения прикуса в области сегмента жевания составило $3,02 \pm 0,04$ мм, что больше на 4,3% исходного расстояния суставной щели верхнего отдела слева. Расстояние суставной щели в переднем отделе слева после наложения силиконового ключа ($3,55 \pm 0,05$ мм) увеличилось на 20,8% от исходного расстояния суставной щели переднего отдела слева ($2,81 \pm 0,04$ мм). После локального завышения прикуса в области сегмента жевания расстояние суставной щели в переднем отделе слева составило $2,89 \pm 0,04$ мм, что больше на 2,8% от исходного расстояния суставной щели переднего отдела слева.

Вывод

Анализ результатов исследования КЛКТ, указывают на то, что, имея локальный завышенный контакт зубов, височно-нижнечелюстной сустав испытывает одностороннее сжатие внутрисуставного диска и расширение суставной щели на противоположной стороне. Это в свою очередь вызывает дисбаланс в работе височно-нижнечелюстного сустава, который в свою очередь влияет на характер сокращения *musculus masseter* и *musculus temporalis*. Суставная щель височно-нижнечелюстного сустава справа и слева выровнялась и стала менее асимметричной за счет формирования «стрессовой окклюзии», возникшей во время стрессовых ситуаций, когда организм ищет третью точку опоры, в качестве которого выступает окклюзия. В этот момент происходит перегруппировка жевательных мышц с небольшим выдвиганием нижней челюсти, смещение окклюзионной оси в сторону «рабочего сегмента жевания», что в свою очередь отражается на височно-нижнечелюстном суставе. Благодаря этому происходит защита височно-нижнечелюстного сустава от травм и растяжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебеденко И.Ю., Ибрагимов Т.И., Левина Е.С. и др. Микроциркуляция слизистой оболочки протезного ложа при применении различных базисных пластмасс // Новое в теории и практике стоматологии. — Ставрополь: Ставропольский государственный медицинский университет, 2003. — С. 243–247.
2. Перегудов А.Б., Ступников А.А., Гареев П.Т. Роль премоляров в формировании нейромышечно-окклюзионного равновесия (клинический пример) // Российский стоматологический журнал. — 2013. — № 5. — С. 30–31.

3. Стафеев А.А., Игнатьев Ю.Т., Соловьев С.И., Безуглов А.С. Состояние позвоночника в аспекте окклюзионных нарушений в условиях эксперимента // Институт стоматологии. — 2014. — № 3. — С. 88–90.
4. Лазарев С.А., Ле Т.Ч. Влияние внешних и внутренних факторов на жевательную эффективность зубного ряда // Проблемы стоматологии. — 2019. — Т. 15. — № 1. — С. 109–115.
5. Ле Т.Ч., Маннанова Р.Р., Лазарев С.А. Роль пищевых пристрастий на формирование окклюзионных контактов // Исторические вехи развития стоматологической службы Республики Башкортостан. — Уфа: Башкирский государственный медицинский университет, 2019. — С. 155–160.
6. Хватова В.А. Клиническая гнатология: уч. Пособие. — М.: Медицина, 2011. — 296 с.
7. Хватова В.А. Функциональная диагностика и лечение в стоматологии. — М: Медицинская книга, 2007. — 294 с.
8. Agrawal K.R., Lucas P.W., Bruce I.C., Prinz J.F. Food properties that influence neuromuscular activity during human mastication // Journal of Dental Research. — 1998. — Vol. 77. — No. 11. — P. 1931–1938.

© Лазарев Сергей Анатольевич (lazarew@yandex.ru),

Ле Тху Чанг (trang020595@gmail.com), Аверьянов Сергей Витальевич (sergei_aver@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Башкирский государственный медицинский университет

КОМПЛЕКСНАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ПАЦИЕНТОВ, ПОЛУЧАЮЩИХ ИММУНОТЕРАПИЮ

COMPREHENSIVE REHABILITATION OF CANCER PATIENTS RECEIVING IMMUNOTHERAPY

A. Mochalova

Summary. Background. The introduction of immuno-oncological drugs into clinical practice has significantly improved the results of treatment of patients. At the moment, the selection of methods for correcting immune-mediated adverse events (iAEs) remains an urgent problem. Due to the large number of observed disorders, patients require specialized rehabilitation programs that can improve the quality of life of patients during and after treatment.

Materials and methods. A retrospective study was conducted on the basis of the Department of Antitumor Drug Therapy of the Clinical Hospital No. 1 of MEDSI Group of Companies JSC, which evaluated the results of treatment of 236 patients with oncological diseases of various localization: 62 patients (mean age 64.56 ± 3.23 years), with histologically verified diagnosis of melanoma; 27 patients (mean age 56.70 ± 2.84 years) with histologically confirmed head and neck cancer; 32 patients (mean age 58.56 ± 2.93 years) with gastric cancer, 35 patients (mean age 60.77 ± 3.04 years) with renal cell carcinoma; 42 patients (mean age 62.09 ± 3.1) with lung cancer. A group of 38 people (mean age 58.37 ± 2.92 years) consisted of patients suffering from oncological diseases of other anatomical areas, which were registered in isolated cases (among them — the cervix, bladder, duodenal papilla of Vater, liver, colon intestine, esophagus, anal canal, palatine tonsil, parotid salivary gland, uterine body) who received in the period from 2019 to 2022. immunotherapy.

Results. Most often, rehabilitation measures were carried out in the group of patients with melanoma ($p < 0.05$), with lung cancer and kidney cancer. There was an improvement in the quality of life of patients of all groups ($p < 0.05$) after the implementation of rehabilitation measures (exercise therapy, nutritional support, magnetotherapy). Most of the patients of all study groups ($p < 0.05$) were alive at the end of the study: 88.71% of patients with melanoma; 70.37% with head and neck cancer; 71.88% with stomach cancer; 74.29% — with kidney cancer; 73.81% — with lung cancer and 89.47% — with malignant neoplasms of other localizations. In accordance with the data obtained, there was an improvement in the quality of life of patients of all groups after the implementation of rehabilitation measures (exercise therapy, nutritional support, magnetotherapy, psychological support).

Conclusion. The results of the use of immunotherapy in combination with a comprehensive rehabilitation program confirms the high

Мочалова Анастасия Сергеевна

Кандидат медицинских наук
Акционерное общество «Группа Компаний «МЕДСИ»
Клиническая Больница № 1;
Приднестровский государственный университет
имени Т.Г. Шевченко
denisovaas@mail.ru

Аннотация. Введение. Внедрение иммуноонкологических лекарственных препаратов в клиническую практику значительно улучшило результаты лечения больных. На данный момент актуальной проблемой остается подбор методов коррекции иммуноопосредованных нежелательных явлений (иНЯ). В связи с большим количеством наблюдаемых нарушений, пациентам необходимы специализированные реабилитационные программы, способные улучшить качество жизни пациентов во время лечения и по его завершении.

Цель работы — анализ результатов комплексной реабилитации онкологических пациентов (нутритивная поддержка, ЛФК, магнитотерапия, психологическая поддержка), получающих иммунотерапию.

Материалы и методы. На базе отделения противоопухолевой лекарственной терапии Клинической больницы № 1 АО «Группа компаний «МЕДСИ» проведено ретроспективное исследование, в котором оценивались результаты лечения 236 пациентов с онкологическими заболеваниями различной локализации: 62 пациента (средний возраст $64,56 \pm 3,23$ лет), с гистологически верифицированным диагнозом меланомы; 27 пациентов (средний возраст $56,70 \pm 2,84$ лет) с гистологически подтвержденным раком области головы и шеи; 32 пациента (средний возраст $58,56 \pm 2,93$ лет) с раком желудка, 35 пациентов (средний возраст $60,77 \pm 3,04$ лет) с почечно-клеточным раком; 42 пациента (средний возраст $62,09 \pm 3,1$) с раком легкого. Группу из 38 человек (средний возраст $58,37 \pm 2,92$ лет) составили больные, страдающие онкологическими заболеваниями других анатомических областей, которые были зарегистрированы в единичных случаях (среди них — шейка матки, мочевого пузыря, фатеров сосочек ДПК, печень, ободочная кишка, пищевод, анальный канал, небная миндалина, околоушная слюнная железа, тело матки), получавших в период с 2019 по 2022 гг. иммунотерапию.

Результаты. Наиболее часто реабилитационные мероприятия проводились в группе пациентов с меланомой ($p < 0,05$), с раком легкого и раком почки. Отмечено улучшение качества жизни пациентов всех групп ($p < 0,05$) после выполнения реабилитационных мероприятий (ЛФК, нутритивная поддержка, магнитотерапия). Большая часть пациентов всех исследуемых групп ($p < 0,05$) на момент окончания исследования были живы и имели ответ на лечение: 88,71% пациентов с меланомой; 70,37% с раком области головы и шеи; 71,88% с раком желудка; 74,29% с раком почки; 73,81% с раком легкого и 89,47% с злокачественными новообразованиями других локализаций. В соответствии с полученными дан-

efficiency of this group of drugs, combined with good tolerance of rehabilitation treatment procedures that do not worsen the course of the underlying disease. Cancer patients need not only an adequate treatment regimen, but also timely rehabilitation measures, which has a direct impact on the quality of life and overall survival of patients.

Keywords: rehabilitation, immunotherapy, melanoma, quality of life, survival.

Введение

Пациенты с онкологической патологией, как в процессе лечения, так и находящиеся в ремиссии, в разной степени испытывают расстройства психоземotionalного и физического генеза. Это — следствие непосредственной терапии и ее побочных эффектов. Проблемы такого характера негативно сказываются на всех коммуникационных связях: социальных, профессиональных, личных. Снижение качества жизни ухудшает прогноз в отношении течения злокачественного новообразования. Исследователи внимательно относятся к предлагаемой схеме ведения пациентов с учетом развития возможных побочных эффектов [1,2,3].

В настоящее время наблюдается значительный рост интереса к иммунотерапии, что связано с эффективностью, прежде всего, ингибиторов контрольных точек (антиCTLA4, анти-PD1/анти-PD-L1 препаратов). Результативность данной терапии продемонстрирована при лечении ряда онкологических патологий: меланомы, рака легкого, рака почки, гепатоцеллюлярного рака [4].

Побочные эффекты, связанные с иммунотерапией, обусловлены развитием воспалительной реакцией вследствие повышения активности Т-клеток в отношении антигенов. Среди органов, которые часто поражаются — кожа, печень, желудочно-кишечный тракт (преимущественно толстая кишка), различные эндокринные органы, такие как щитовидная железа и гипофиз, а также легкие, почки, суставы и мышцы. Основанием теории, что побочные реакции могут затрагивать практически все органы, в том числе и нервную систему с развитием в последующем полирадикулонейропатии [5,6,7], служат многочисленные исследования и статьи на эту тему.

ными отмечено улучшение качества жизни пациентов всех групп после выполнения реабилитационных мероприятий (ЛФК, нутритивная поддержка, магнитотерапия, психологическая поддержка).

Заключение. Результаты применения иммунотерапии в сочетании с программой комплексной реабилитации подтверждает высокую эффективность препаратов данной группы в сочетании с хорошей переносимостью процедур реабилитационного лечения, которые не вызывают ухудшения течения основного заболевания. Онкологические пациенты нуждаются не только в адекватной схеме лечения, но и своевременно выполненных реабилитационных мероприятиях, что оказывает непосредственное влияние на качество жизни и показатель общей выживаемости пациентов.

Ключевые слова: реабилитация, иммунотерапия, меланома, качество жизни, выживаемость.

В связи с этим важное внимание уделяется вопросу выполнения реабилитационных мероприятий в клинической практике.

Развитие онкологической реабилитации идет параллельно с формированием главных задач онкологии в целом. Реабилитация носит комплексный характер: (психологическая коррекция, нутритивная поддержка, лечебная физическая культура (ЛФК), магнитотерапия. Задачей врачей является всесторонняя поддержка больных: от коррекции соматических патологий до создания положительного настроения, который играет важное значение в процессе выздоровления.

Цель работы

Анализ результатов комплексной реабилитации онкологических пациентов (нутрицивная поддержка, ЛФК, магнитотерапия, психологическая поддержка), получающих иммунотерапию

Материалы и методы

На базе отделения противоопухолевой лекарственной терапии Клинической больницы № 1 АО «Группа компаний «МЕДСИ» проведено ретроспективное исследование, в котором оценивались результаты лечения 236 пациентов с онкологическими заболеваниями различной локализации: 62 пациента (средний возраст $64,56 \pm 3,23$ лет), с гистологически верифицированным диагнозом меланома; 27 пациентов (средний возраст $56,70 \pm 2,84$ лет) с гистологически подтвержденным раком области головы и шеи; 32 пациента (средний возраст $58,56 \pm 2,93$ лет) с раком желудка, 35 пациентов (средний возраст $60,77 \pm 3,04$ лет) с почечноклеточным раком; 42 пациента (средний возраст $62,09 \pm 3,1$) с раком легкого. Группу из 38 человек (средний возраст $58,37 \pm 2,92$ лет) составили больные, страдающие

Таблица 1. Сравнительная характеристика пациентов исследуемых групп (в абсолютных значениях).

Характеристика	Группа 1 Меланома (n=62)	Группа 2 ОГШ (n=27)	Группа 3 Желудок (n=32)	Группа 4 Почка (n=35)	Группа 5 Легкое (n=42)	Группа 6 Остальное (n=38)
Пол, n (%)						
Мужчины	29 (46,7)	19 (70,4)	16 (50)	25 (71,4)	33 (78,6)	21 (55,3)
Женщины	33 (53,3)	8 (29,6)	16 (50)	10 (28,6)	9 (21,4)	17 (44,7)
Медиана возраста, лет	64,56	56,70	58,56	60,77	62,09	58,37
Стадия заболевания на момент назначения пембролизумаба, n (%)						
I	15 (24,3)	1 (3,7)	2 (6,2)	4 (11,4)	1 (2,4)	5 (13,1)
II	27 (43,5)	5 (18,5)	2 (6,2)	5 (14,3)	2 (4,8)	8 (21)
III	14 (22,5)	5 (18,5)	7 (21,9)	3 (8,6)	14 (33,3)	13 (34,2)
IV	6 (9,7)	16 (59,3)	21 (65,7)	23 (65,7)	25 (59,5)	12 (31,7)
Статус ECOG, n (%)						
0	2 (3,2)	1 (3,7)	4 (12,5)	3 (8,6)	4 (9,5)	5 (13,1)
1	53 (85,5)	21 (77,8)	26 (81,3)	26 (74,3)	27 (64,3)	26 (68,5)
≥2	7 (11,3)	5 (18,5)	2 (6,2)	6 (17,1)	11 (26,2)	7 (18,4)
Экспрессия PD-L1 в опухоли, n (%)						
>1%	1 (1,6)	1 (3,7)	17 (53,1)	8 (22,8)	6 (14,3)	11 (28,9)
≤1%	45 (72,6)	20 (74,1)	12 (37,5)	20 (57,2)	24 (57,1)	7 (18,4)
Не определялась	16 (25,8)	6 (22,2)	3 (9,4)	7 (20)	12 (28,6)	20 (52,7)
Мутация в гене BRAF, n (%)						
Обнаружена	20 (32,2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (2,4)	0 (0)
Не обнаружена	42 (67,8)	2 (7,4)	2 (6,2)	6 (17,1)	34 (80,9)	14 (36,8)
Не определялась	0 (0)	25 (92,6)	30 (93,8)	29 (82,9)	7 (16,7)	24 (63,2)

онкологическими заболеваниями других анатомических областей, которые были зарегистрированы в единичных случаях (среди них — шейка матки, мочевой пузырь, фатеров сосочек ДПК, печень, ободочная кишка, пищевод, анальный канал, небная миндалина, околоушная слюнная железа, тело матки), получавших в период с 2019 по 2022 гг. иммунотерапию препаратом пембролизумаб 400 мг 1 раз в 42 дня. Характеристика пациентов представлена в таблице № 1.

Пациенты были включены в данное исследование для проведения иммунотерапии препаратом пембролизумаб в дозировке 400 мг 1 раз в 6 недель совместно с реабилитационными мероприятиями: ЛФК, нутритивная поддержка, магнитотерапия, индивидуальная и групповая психологическая поддержка.

Оценка эффективности противоопухолевого лечения проводилась каждые 6 курсов лечения или при признаках клинического прогрессирования в соответствии с критериями iRECIST 1.1. Для оценки выполнялись скрининговые процедуры: КТ органов грудной

клетки, брюшной полости, органов малого таза или ПЭТ-КТ всего тела.

Оценка токсичности иммуноонкологических препаратов проводилась согласно критериям CTCAE (версия 5.0, 2017 г.).

Для изучения качества жизни (КЖ) была использована русская версия опросника EORTC QLQ-C30 (Quality of Life Questionnaire Core 30), разработанного группой оценки качества жизни (Study Group on quality of Life) при Европейской организации по исследованию и лечению рака (EORTC– European Organization for Research and Treatment of Cancer).

Опросник состоит из 30 вопросов, охватывающих 5 шкал оценки функционирования (физическую, ролевую, эмоциональную, когнитивную и социальную), 9 шкал симптомов (усталость, тошнота/рвота, боль, одышка, бессонница, потеря аппетита, запор, диарея и финансовые трудности) и общие шкалы оценки здоровья и качества жизни. Анализ результатов интер-

Таблица 2. Сравнительный анализ частоты использования реабилитационных программ у исследуемой группы пациентов (в абсолютных значениях).

Характеристика	Группа 1 Меланома (n=62)	Группа 2 ОГШ (n=27)	Группа 3 Желудок (n=32)	Группа 4 Почка (n=35)	Группа 5 Легкое (n=42)	Группа 6 Остальное (n=38)
Получали магнитотерапию	14*	3	2	9	10	1
ЛФК	14*	3	2	9	10	1
Нутритивная поддержка	14*	3	2	9	10	1
Психологическая поддержка	14*	3	2	9	10	1

Примечание: * $p < 0,05$ - статистическая значимость различий между группами.

Таблица 3. Сравнительная характеристика качества жизни пациентов исследуемых групп до и после проведения реабилитационных мероприятий ((EORTC QLQ-C3).

Характеристика (баллы)	Группа 1 Меланома (n=14)	Группа 2 ОГШ (n=3)	Группа 3 Желудок (n=2)	Группа 4 Почка (n=9)	Группа 5 Легкое (n=10)	Группа 6 Остальное (n=1)
Качество жизни до лечения	83,64	94,33	89,5	90,88	84,1	89
Качество жизни после лечения	88,64*	97,33*	92	95,0*	88,4	94

Примечание: * $p < 0,05$ - статистическая значимость различий между группами.

Таблица 4. Исходы пациентов всех групп после проведения иммунотерапии пембролизумабом (в абсолютных значениях).

Характеристика (%)	Группа 1 Меланома (n=62)	Группа 2 ОГШ (n=27)	Группа 3 Желудок (n=32)	Группа 4 Почка (n=35)	Группа 5 Легкое (n=42)	Группа 6 Остальное (n=38)
Полный ответ	5 (8)	1 (4,1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (2,7)
Частичный ответ	5 (8)	3 (11,1)	2 (6,2)	4 (11,4)	11 (26,2)	5 (13,1)
Стабилизация	40 (64,5)	14 (51,8)	21 (65,6)	18 (51,4)	16 (38,1)	22 (57,9)
Прогрессирование	12 (19,5)	9 (33,3)	9 (28,2)	13 (37,2)	15 (35,7)	10 (26,3)

Таблица 5. Исходы пациентов изучаемых групп после проведения лечебных и реабилитационных мероприятий (в абсолютных значениях).

Характеристика (%)	Группа 1 Меланома (n=14)	Группа 2 ОГШ (n=3)	Группа 3 Желудок (n=2)	Группа 4 Почка (n=9)	Группа 5 Легкое (n=10)	Группа 6 Остальное (n=1)
Полный ответ	1 (7,1)	1 (33,4)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Частичный ответ	2 (14,3)	0 (0)	1 (50)	3 (33,4)	2 (20)	0 (0)
Стабилизация	11 (78,6)	2 (66,6)	1 (50)	6 (66,6)	7 (70)	1 (100)
Прогрессирование	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (10)	0 (0)

Примечание: * $p < 0,05$ - статистическая значимость различий между группами.

претировался на диапазоне от 0 до 100 баллов. Более высокое количество баллов на функциональных шкалах свидетельствует о более высоком уровне функционирования пациента, высокие показатели по симптоматическим шкалам указывают на более выраженное проявление симптомов. Сбор данных осуществлялся методом анкетирования на основе прямого опроса респондентов.

Статистический анализ полученных данных проводился с помощью пакета программ «SPSS21.0». Для описания критериев с нормальным распределением данные представлены как медиана (\pm стандартное отклонение). Для проверки значимости различий применен критерий Стьюдента. Различия между группами считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования

Сравнительный анализ частоты использования реабилитационных программ у исследуемой группы пациентов.

Представленные данные свидетельствуют о том, что наиболее часто реабилитационные мероприятия использовались у группы пациентов с меланомой ($p < 0,05$), раком легкого и почки.

В таблице 3 представлены результаты оценки качества жизни пациентов до и после проведения комплексной реабилитации.

В соответствии с полученными данными отмечено улучшение качества жизни пациентов всех групп после выполнения реабилитационных мероприятий (ЛФК, нутритивная поддержка, магнитотерапия, психологическая поддержка).

Дополнительно были проанализированы исходы лечения и реабилитации пациентов изучаемых групп (Таблица 4,5).

Представленные данные свидетельствуют о том, что большая часть пациентов всех исследуемых групп ($p < 0,05$) на момент окончания исследования были живы и имели ответ на лечение: 88,71% пациентов с меланомой; 70,37% — с раком области головы и шеи; 71,88% — с раком желудка; 74,29% — с раком почки; 73,81% — с раком легкого и 89,47% — со злокачественными новообразованиями других локализаций.

Обсуждение результатов

Реабилитационным мероприятиям, по данным литературных источников, отводится важная роль

в поддержании пациентов, страдающих злокачественными новообразованиями, на фоне проводимых лечебных мероприятий и после них. Нутритивная поддержка пациентов крайне важна, особенно в тех случаях, когда патологический процесс затрагивает анатомические структуры, принимающие участие в акте пищеварения (пищевод, желудок). Так, P. Kabata и соавт. отметили, что в группе пациентов, которым в течение 14 дней до операции проводилась нутритивная подготовка, в 2 раза реже развивались осложнения [8,9,10].

Сочетание аэробной нагрузки, упражнений на сопротивление, элементов йоги увеличивает мышечную силу, улучшает работу сердечно-сосудистой системы, уменьшает опасность развития тревоги и депрессии, слабость, тошноту, рвоту, болевой синдром, улучшает настроение, способствует профилактике кардиальных осложнений и в целом улучшает переносимость как системного, так и местного лечения [11,12].

Так, влияние физической активности на выживаемость онкологических пациентов наилучшим образом изучено для пациентов с раком молочной железы, колоректальным раком, раком предстательной железы. По данным метаанализа от 2019 г., повышение уровня физической активности у пациенток с раком молочной железы достоверно уменьшает смертность от всех причин на 48%, летальность в связи с основным заболеванием на 38%, в случае колоректального рака — на 42 и 38% соответственно, рака предстательной железы — на 37–49 и 37% соответственно [13].

Вывод

При лечении онкологических заболеваний нужно выделить несколько важных аспектов:

- ◆ четко выверенная и построенная на современных методах сбора анамнеза схема терапии;
- ◆ эффективные и своевременные средства реабилитации;
- ◆ мероприятия для повышения качества жизни и решения психологических проблем пациентов;
- ◆ врачебная этика: взаимодействие «врач-пациент», построенное на доверии.

Выполнение этих пунктов оказывает непосредственное влияние на показатель общей выживаемости пациентов и улучшение их качества жизни.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sibeoni J., Picard C., Orri M, et al. Patients' quality of life during active cancer treatment: a qualitative study. *BMC Cancer*. 2018;18(951). <https://doi.org/10.1186/s12885-018-4868-6>
2. El-Turk N, Chou MSH, Ting NCH, et al. Treatment burden experienced by patients with lung cancer. *PLoS ONE*. 2021;16(1): e0245492. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245492>
3. Dalmia S., Boele F, Absolom K, et al. Shared Decision Making in Early-Stage Non-small Cell Lung Cancer: A Systematic Review. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2022;114(2):581–590. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2021.01.046
4. Юдин Д.И., Лактионов К.К., Саранцева К.А., и др. Псевдопрогрессирование на фоне иммунотерапии. *МС*. 2019;(10):10–14. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2019-10-10-14>
5. Khan Z., Hammer C., Guardino E., et al. Mechanisms of immune-related adverse events associated with immune checkpoint blockade: using germline genetics to develop a personalized approach. *Genome Med*. 2019;11(1):39. DOI: 10.1186/s13073-019-0652-8
6. Graus F., Dalmau J. Paraneoplastic neurological syndromes in the era of immune-checkpoint inhibitors. *Nat Rev Clin Oncol*. 2019;16(9):535–548. DOI: 10.1038/s41571-019-0194-4
7. Roth P., Winklhofer S, Müller A, et al, Neurological complications of cancer immunotherapy. *Cancer Treatment Reviews*. 2021;97:102189. <https://doi.org/10.1016/j.ctrv.2021.102189>.
8. Shpata V., Prendushi X., Kreke M., et al. Malnutrition at the time of surgery affects negatively the clinical outcome of critically ill patients with gastrointestinal cancer. *Med Arch*. 2014;68(4):263–7. DOI: 10.5455/medarh.2014.68.263-267
9. Kabata P., Jastrzębski T., Kałol M., et al. Preoperative nutritional support in cancer patients with no clinical signs of malnutrition — prospective randomized controlled trial. *Support Care Cancer*. 2015;23(2):365–37. DOI: 10.1007/s00520-014-2363-4
10. Гамеева Е.В., Степанова А.М., Ткаченко Г.А., и др. Комплексная реабилитация онкологических пациентов. *Современная онкология*. 2022;24(1):89–96. <https://doi.org/10.26442/18151434.2022.1.201476>
11. Piraux E., Caty G., Aboubakar N., et al. Effects of exercise therapy in cancer patients undergoing radiotherapy treatment: a narrative review. *SAGE Open Med*. 2020;8:2050312120922657. DOI:10.1177/2050312120922657
12. Guercio B.J., Zhang S., Ou F.S., et al. Associations of Physical Activity With Survival and Progression in Metastatic Colorectal Cancer: Results From Cancer and Leukemia Group B (Alliance)/SWOG 80405. *J Clin Oncol*. 2019;37(29):2620–31. DOI:10.1200/JCO.19.01019.
13. Wei J., Meng L., Hou X., et al. Radiation-induced skin reactions: mechanism and treatment. *Cancer Manag Res*. 2018;11:167–77. DOI: 10.2147/CMAR.S188655

© Мочалова Анастасия Сергеевна (denisovaas@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ФАКТОРЫ РИСКА РАЗВИТИЯ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОГО ПАНКРЕАТИТА

RISK FACTORS FOR THE DEVELOPMENT OF POSTOPERATIVE PANCREATITIS

**S. Pliev
T. Khutiev
U. Beslekov**

Summary. Identification of risk factors for the development of acute postoperative pancreatitis is one of the most important aspects of its prevention. The main patient characteristics that increase the incidence of acute postoperative pancreatitis are female gender, dysfunction of the sphincter of Oddi, age under 60 years, previous pancreatitis, and a history of acute postoperative pancreatitis. The risk of this complication is increased by such features of surgical intervention as difficult cannulation of the major duodenal papilla, repeated injections of contrast into the pancreatic duct, insufficient experience of the endoscopist surgeon. When risk factors are detected, patients should be carefully examined to determine the presence and severity of pancreatobiliary disorders.

Keywords: acute postoperative pancreatitis, risk factors, prevention.

Плиев Сослан Аланович

Аспирант

Северо-Осетинская государственная медицинская академия

plionbg@yandex.ru

Хутиев Цара Сардионович

Доктор медицинских наук, профессор

Северо-Осетинская государственная медицинская академия

tsarokh@mail.ru

Беслеков Урузмаг Соломонович

Кандидат мед. наук, доцент

Северо-Осетинская государственная медицинская академия

Kafedrakhirurgii0101@mail.ru

Аннотация. Выявление факторов риска развития острого послеоперационного панкреатита является одним из важнейших аспектов его профилактики. Основными характеристиками пациента, повышающими частоту развития острого послеоперационного панкреатита, являются женский пол, дисфункция сфинктера Одди, возраст до 60 лет, предшествующий панкреатит, острый послеоперационный панкреатит в анамнезе. Повышают риск данного осложнения такие особенности хирургического вмешательства, как трудная канюляция большого сосочка 12-ти перстной кишки, неоднократные инъекции контраста в проток поджелудочной железы, недостаточный опыт хирурга-эндоскописта. При обнаружении факторов риска пациенты должны быть тщательно обследованы с целью определения наличия и выраженности панкреатобилиарных нарушений.

Ключевые слова: острый послеоперационный панкреатит, факторы риска, профилактика.

Одним из наиболее частых и серьезных хирургических осложнений эндоскопической ретроградной холангиопанкреатографии (ЭРХПГ) и оперативных вмешательств на поджелудочной железе является острый послеоперационный панкреатит (ОПП), частота которого колеблется от 3,5% до 9,5%, а смертность — от 0,1% до 0,7% [1]. В большинстве случаев ОПП протекает в легкой форме, однако приблизительно у 10% пациентов наблюдается тяжелое клиническое течение, которое приводит к длительной госпитализации и требует дополнительных вмешательств, значительно снижая качество жизни пациентов. При этом предсказать тяжесть течения ОПП сложно. Часто клиническая картина ОПП неспецифична, а результаты визуализирующих методов исследования малозначимы и не по-

зволяют достоверно установить диагноз. В этой связи прогнозирование и профилактика ОПП в реальной клинической практике являются актуальной задачей. Для определения вероятности развития ОПП после ЭРХПГ или других хирургических вмешательств в последние десятилетия пристальное внимание уделяется факторам риска (ФР) этого осложнения.

Систематический обзор 12 клинических исследований, опубликованных за период 2002–2012 гг, показал, что ФР развития ОПП являются женский пол (отношение шансов (ОШ) 1,40), ОПП в анамнезе (ОШ 3,23), предшествующий панкреатит (ОШ 2,00), эндоскопическая сфинктеротомия (ОШ 1,42), сфинктеротомия с предварительным разрезом (ОШ 2,11), дисфункция сфинктера

Одди (ОШ 4,37) и стентирование панкреатического протока (ОШ 2,10) [2].

Freeman M.L. et al. (2001) в проспективном многоцентровом исследовании изучили исходы 1963 ЭРХПГ через 30 дней после операции [3]. ОПП был выявлен в 131 (6,7%) случае. В качестве ФР ОПП авторы выделили женский пол, нормальный билирубин в сыворотке крови, рецидивирующие боли в животе и предшествующий панкреатит после ЭРХПГ. Надо отметить, что при наличии данных факторов частота ОПП была выше, независимо от характера ЭРХПГ (диагностическая, манометрическая или терапевтическая). Такие факторы, как небольшой диаметр желчного протока, манометрия сфинктера Одди, билиарная сфинктеротомия и меньший объем ЭРХПГ не были ассоциированы с более высокой частотой ОПП.

В другом проспективном многоцентровом исследовании, выполненном Cheng C.L. et al. (2006), достоверными ФР ОПП были сфинктеротомия малого сосочка (ОШ 3,8), подозрение на дисфункцию сфинктера Одди (ОШ 2,6), панкреатит после ЭРХПГ в анамнезе (ОШ 2,0), возраст пациента до 60 лет (ОШ 1,6), две и более инъекции контраста в проток поджелудочной железы (ОШ 1,5) и участие в процедуре врача-стажера (ОШ 1,5) [4].

Схожие данные получены и в других исследованиях. Так, Ding X. et al. (2015) [5] в качестве ФР ОПП, связанных с пациентом, отметили женский пол (ОШ 1,46), предшествующий панкреатит (ОШ 2,03), ОПП в анамнезе (ОШ 2,90), дисфункцию сфинктера Одди (ОШ 2,04), а также наличие внутрипротокового папиллярного муцинозного новообразования (ОШ 3,01). К ФР, связанным с эндоскопией, были отнесены сложная катетеризация (ОШ 3,49), эндоскопическая сфинктеротомия (ОШ 1,39), предварительная сфинктеротомия (ОШ 2,25), а также неоднократные инъекции в главный проток поджелудочной железы (ОШ 1,58). По результатам проспективного многоцентрового исследования осложнений 5264 ЭРХПГ, выполненных в 66 центрах Англии, ФР ОПП являлись две и более попытки катетеризации, женский пол, возраст пациента и выполнение хирургической процедуры в районной, а не в университетской, больнице [6]. DiMagno M.J. et al. (2013), помимо вышеперечисленных, отнесли к ФР ОПП хронические заболевания печени и курение [7].

El Nakeeb A. et al. (2016) выполнили проспективное когортное исследование с участием 996 пациентов, перенесших ЭРХПГ, среди которых в 102 (10,2%) случаях развился ОПП [8]. В качестве независимых ФР возникновения ОПП были определены возраст менее 35 лет, более узкий диаметр общего желчного протока и большее количество канюляций поджелудочной железы.

На сегодняшний день остается неясным, почему более молодой возраст ассоциируется с повышенным риском ОПП. В отношении женского пола, возможно, более высокая частота ОПП может быть обусловлена высокой распространенностью у женщин желчнокаменной болезни и дисфункции сфинктера Одди [9]. Однако следует отметить, что у пожилых пациентов женский пол также является наиболее значимым ФР ОПП после ЭРХПГ, наряду с дисфункцией сфинктера Одди и папиллярными дивертикулами [10]. В то же время, не было обнаружено связи между пожилым возрастом или сопутствующими заболеваниями и повышенной частотой ОПП.

Следует отметить, что недостаточный опыт хирурга в последние годы рассматривается в качестве одного из ФР развития ОПП. Показано, что частота ОПП увеличивается, когда опыт эндоскописта составляет менее 200 хирургических процедур (ОШ 1,630) [11]. В то же время, эндоскописты, выполняющие в среднем более двух ЭРХПГ в неделю, имеют значительно больший успех при катетеризации желчных протоков (96,5% против 91,5%, $p=0,0001$) с меньшим количеством осложнений [3].

Известно, что панкреатография напрямую увеличивает давление в протоке поджелудочной железы, что может служить патогенетическим звеном развития ОПП. В ретроспективное исследование, проведенное в Японии, были включены 374 пациента, перенесших ЭРХПГ за период 2013–2017 гг, у 38 (10,2%) из них развился ОПП [12]. Независимыми ФР ОПП были возраст пациента до 75 лет, женский пол, панкреатит в анамнезе и выполнение панкреатографии. Отличий в частоте ОПП между ЭРХПГ, выполненной в нерабочее и в обычное время, не было.

В отношении ФР ОПП, связанных с хирургической процедурой, однозначного мнения нет. Так, в исследовании, проведенном в Китае, при анализе 3178 ЭРХПГ к ФР ОПП, помимо женского пола и возраста пациента до 60 лет, были отнесены время катетеризации более 10 мин, предварительный разрез иглой-ножом и сфинктеротомия большого сосочка поджелудочной железы [13]. Примечательно, что перечисленные характеристики являлись ФР не только клинически манифестированного ОПП, но и бессимптомной гиперамилаземии.

Однако, согласно систематическому обзору 7 рандомизированных клинических исследований, представленному Tang Z. et al. (2018), предварительная сфинктеротомия игольчатым ножом не была связана с повышенным риском ОПП [14]. Более того, по сравнению с повторными попытками традиционной катетеризации, первичная фистулотомия с игольчатым ножом позволяет существенно снизить частоту ОПП при затрудненном билиарном доступе [15].

В недавнем многоцентровом рандомизированном исследовании было показано, что частота ОПП была значительно выше после баллонной дилатации сфинктера Одди в течение 300 секунд по сравнению с дилатацией в течение меньшего времени — 30, 60 и 180 секунд (15% против 7%, 8% и 9%, соответственно) [16]. Авторы работы пришли к выводу, что время дилатации в 30 секунд является оптимальным с точки зрения снижения риска ОПП.

Таким образом, выявление пациентов, имеющих ФР развития ОПП, является одним из важнейших аспектов профилактики этого осложнения. По данным литературы, к определенным ФР ОПП, связанным с пациентом, относятся подозрение на дисфункцию сфинктера Одди, женский пол, возраст до 60 лет, предшествующий панкреатит, ОПП в анамнезе. ФР ОПП, связанные с хирур-

гической процедурой, включают трудную канюляцию большого сосочка 12-ти перстной кишки, неоднократные инъекции контраста в проток поджелудочной железы, недостаточный опыт хирурга-эндоскописта. Обсуждается роль вероятных ФР, таких как нерасширенные желчные протоки, нормальный уровень билирубина в сыворотке крови, терминальная стадия хронической почечной недостаточности, а также ряд факторов, связанных с процедурой (предварительная сфинктеротомия, панкреатическая сфинктеротомия, баллонная сфинктеропластика, невозможность удаления камней из желчных протоков, внутрипротоковое ультразвуковое исследование) [17]. Пациенты, имеющие ФР ОПП, должны быть тщательно обследованы с использованием комплекса диагностических методов, позволяющих с высокой точностью определить наличие панкреатобилиарных нарушений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Incidence, severity, and mortality of post-ERCP pancreatitis: a systematic review by using randomized, controlled trials / B. Kochar [et al.] // *Gastrointest Endosc.* 2015. Vol.81(1). P. 143–149.
2. Risk factors for post-ERCP pancreatitis: a systematic review of clinical trials with a large sample size in the past 10 years/ J.-J. Chen [et al.] // *European journal of medical research.* 2014. Vol.19 (1). P. 1–7.
3. Risk factors for post-ERCP pancreatitis: a prospective, multicenter study / M.L. Freeman [et al.] // *Gastrointest Endosc.* 2001. Vol.54(4). P. 425–434.
4. Risk factors for post-ERCP pancreatitis: a prospective multicenter study / C.L. Cheng [et al.] // *Am J Gastroenterol.* 2006. Vol.101(1). P. 139–147.
5. Ding X., Zhang F., Wang Y. Risk factors for post-ERCP pancreatitis: A systematic review and meta-analysis // *Surgeon.* 2015. Vol.13(4). P. 218–229.
6. Risk factors for complication following ERCP; results of a large-scale, prospective multicenter study / E.J. Williams [et al.] // *Endoscopy.* 2007. Vol.39(9). P. 793–801.
7. Risk models for post-endoscopic retrograde cholangiopancreatography pancreatitis (PEP): smoking and chronic liver disease are predictors of protection against PEP / M.J. DiMaggio [et al.] // *Pancreas.* 2013. Vol. 42. P. 996–1003.
8. Post-endoscopic retrograde cholangiopancreatography pancreatitis: Risk factors and predictors of severity/ A. El Nakeeb [et al.] // *World journal of gastrointestinal endoscopy.* 2016. Vol. 8 (19). P. 709.
9. Prospective cohort study on risk factors for aggravation of post-ERCP pancreatitis — the relationship between risk factors for onset and risk factors for aggravation / R. Akashi [et al.] // *Gastroenterol Endosc.* 2014. Vol.56(9). P. 3324–3332.
10. Prognosis and risk factors of ERCP pancreatitis in elderly / E. Ergin [et al.] // *Scientific reports.* 2021. Vol. 11(1). P. 1–6.
11. Impact of hospital volume and the experience of endoscopist on adverse events related to endoscopic retrograde cholangiopancreatography: a prospective observational study / H.J. Lee [et al.] // *Gut Liver.* 2020. Vol.14(2). P. 257–264.
12. Shimamura T. Risk Factors for Post-Endoscopic Retrograde Pancreatography Pancreatitis: A Retrospective Chart Review in a Regional Hospital in Japan / T. Shimamura [et al.] // *Digestion.* 2020. Vol.101. P. 557–562.
13. Risk factors for ERCP-related complications: a prospective multicenter study / P. Wang [et al.] // *Am J Gastroenterol.* 2009. Vol.104(1). P. 31–40.
14. Early precut sphincterotomy does not increase the risk of adverse events for patients with difficult biliary access: a systematic review of randomized clinical trials with meta-analysis and trial sequential analysis / Z. Tang [et al.] // *Medicine (Baltimore).* 2018. Vol.97(35). P. 12213.
15. Primary needle-knife fistulotomy versus conventional cannulation method in a high-risk cohort of post-endoscopic retrograde cholangiopancreatography pancreatitis / S.I. Jang // *Am J Gastroenterol.* 2020. Vol.115(4). P. 616–624.
16. Optimal dilation time for combined small endoscopic sphincterotomy and balloon dilation for common bile duct stones: a multicentre, single-blinded, randomised controlled trial / W. Meng [et al.] // *Lancet Gastroenterol Hepatol.* 2019. Vol.4(6). P. 425–434.
17. Risk Factors and Prevention of Post-endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography Pancreatitis: An Update / A. Karyampudi, Z. Nabi, D.N. Reddy // *EMJ.* 2021. Vol. 6(4). P. 96–108.

© Плиев Сослан Аланович (plionbg@yandex.ru),

Хутиев Цара Сардионович (tsarokh@mail.ru), Беслекоев Урузмар Соломонович (Kafedrakirurgii0101@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2022.10.28

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ СРОКОВ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ АОРТО-КОРОНАРНОЕ ШУНТИРОВАНИЕ

WAYS TO REDUCE THE TERMS OF REHABILITATION OF PATIENTS AFTER AORTO-CORONARY BYPASS SURGERY

S. Rashidova

Summary. The relevance of the work lies in the fact that coronary artery bypass grafting can help restore blood flow in the region of the heart. However, after the operation, serious rehabilitation is required. Care after bypass surgery aims to reduce risk factors for cardiovascular disease and includes strategies to help patients and their families manage risk factors through lifestyle changes, increased physical activity, and habit changes. However, lifestyle changes alone may not be enough, and additional tools and methods are often needed to reduce the period of rehabilitation after surgery.

This article discusses ways to reduce the rehabilitation time for patients after aorto-coronary bypass surgery.

The purpose of this article is to determine ways to reduce the rehabilitation time for patients after aorto-coronary bypass surgery.

The practical significance of the article lies in the fact that the results of the research can be used in the work of medical workers who monitor patients after aorto-coronary bypass surgery.

To determine ways to reduce the rehabilitation time for patients after aorto-coronary bypass surgery, the method of monitoring the condition of patients after surgery was used.

Keywords: surgery, aorto-coronary bypass grafting, patients, terms of rehabilitation, reduction of terms of rehabilitation.

Рашидова Седа Сулеймановна

*Врач кардиолог, функциональный диагност
Республиканский перинатальный центр
г. Хасавюрт
9876887@mail.ru*

Аннотация. Актуальность работы состоит в том, что аорто-коронарное шунтирование может помочь восстановить кровоток в области сердца. Однако, после операции требуется серьезная реабилитация. Уход после операции шунтирования направлен на снижение факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний и включает стратегии, помогающие пациентам и членам их семей контролировать факторы риска путем изменения образа жизни, повышения двигательной активности, изменения привычек. Однако одних изменений образа жизни может быть недостаточно, и часто необходимы дополнительные средства и методы, позволяющие снизить срок реабилитации после операции.

В данной статье рассматриваются способы снижения сроков реабилитации пациентов после операции аорто-коронарное шунтирование.

Целью данной статьи является определение способов снижения сроков реабилитации пациентов после операции аорто-коронарное шунтирование.

Практическое значение статьи заключается в том, что результаты исследований могут быть использованы в работе медицинских работников, наблюдающих за пациентами после аорто-коронарного шунтирования.

Для определения способов снижения сроков реабилитации пациентов после операции аорто-коронарного шунтирование использовался метод наблюдения состояния пациентов после операции.

Ключевые слова: операция, аорто-коронарное шунтирование, пациенты, сроки реабилитации, снижение сроков реабилитации.

Актуальность

А ортокоронарное шунтирование (АКШ) является одной из наиболее эффективных стратегий реваскуляризации у пациентов с обструктивным поражением коронарных артерий. Было показано, что тотальная артериальная реваскуляризация с использованием одной или обеих внутренних грудных и лу-

чевых артерий улучшает ранние результаты и снижает долгосрочную сердечно-сосудистую заболеваемость.

Цель работы

Определить способы снижения сроков реабилитации пациентов после операции аорто-коронарного шунтирование.

Материал и методика исследований

Методологической основой исследований послужил ретроспективный анализ пациентов после операции аорто-коронарного шунтирование.

Результаты исследования и их обсуждение

Пациенты и медицинские работники должны работать вместе после операции аорто-коронарного шунтирование (АКШ) для снижения факторов, которые могут вызвать прогрессирование болезни сердца [2].

Пациенты с неосложненным АКШ обычно отправляются домой примерно через пять дней пребывания в больнице. В некоторых случаях пребывание в больнице затягивается. Если возникли осложнения, выписка откладывается до тех пор, пока состояние человека не стабилизируется.

Перед выпиской из больницы важно, чтобы пациент и его семья приняли участие и поняли план выписки. После операции шунтирования обычно начинают принимать новые лекарства и прекращают или корректируют дозы предыдущих лекарств.

Большинство людей, перенесших операцию шунтирования, отправляются домой с рецептами на несколько лекарств, большинство из которых принимаются каждый день. Некоторые из этих препаратов снижают риск осложнений и помогают предотвратить или лечить рецидивирующую боль в груди.

После выписки из больницы пациенту обычно дают инструкции о том, как ухаживать за ранами на груди и/или ногах. Важно строго следовать этим инструкциям и немедленно уведомлять врача, если есть вопросы или опасения [9].

Большинству людей, перенесших операцию шунтирования, полезно участие в структурированной комплексной программе кардиореабилитации. Потенциальные преимущества реабилитации включают улучшение функции сердца, снижение частоты сердечных сокращений в покое и во время физических упражнений, а также снижение риска смерти или развития осложнений от сердечных заболеваний.

Кардиологическая реабилитация состоит из нескольких компонентов, включая физические упражнения [5], снижение факторов риска и борьбу со стрессом, тревогой и депрессией. Преимущества кардиореабилитации видны только при использовании этого много-

факторного подхода. Другими словами, одного компонента недостаточно.

Ряд факторов увеличивает риск развития или ускорения прогрессирования сердечно-сосудистых заболеваний. Уменьшение или устранение этих факторов риска может быть полезным, даже если у человека уже есть заболевание сердца или он перенес сердечный приступ [10]. Способы снижения рисков:

- ♦ соблюдение диеты. В целом, здоровая для сердца диета включает замену жирного мяса, сливок, сыра и продуктов с высоким содержанием сахара или рафинированных углеводов телятиной, нежирным мясом, птицей, морепродуктами, макаронами из цельного зерна, чечевицей, кукурузой, рисом, бобами, орехами или вегетарианскими блюдами. Сахар является скрытым ингредиентом многих полуфабрикатов и так же вреден для здоровья, как и жирная пища. Для «обезжиренных» продуктов характерно высокое содержание сахара и, следовательно, одинаковая калорийность [1];
- ♦ избавление от вредных привычек. Вредные привычки значительно увеличивают риск ишемической болезни сердца и сердечного приступа. Отказ от вредных привычек может быстро снизить эти риски. Через год после отказа от вредных привычек риск смерти от ишемической болезни сердца снижается примерно наполовину, и со временем этот риск продолжает снижаться. В некоторых исследованиях риск сердечного приступа был снижен до нормального уровня в течение двух лет после отказа от вредных привычек [8];
- ♦ контроль уровня кровяного давления и холестерина. После операции шунтирования обычно рекомендуются Лекарства для контроля высокого кровяного давления и высокого уровня холестерина [4];
- ♦ контроль уровня сахара. Люди с диабетом подвержены повышенному риску развития осложнений после операции шунтирования. Контроль уровня глюкозы в крови может помочь снизить риск этих и других осложнений. Снижение показателей может быть достигнуто путем снижения веса, соблюдения диеты, физических упражнений, регулярного контроля уровня глюкозы в крови и приема пероральных гипогликемических препаратов (для людей с диабетом 2 типа) или инсулина (для людей с диабетом 1 типа, а иногда и 2 типа).
- ♦ психосоциальное лечение. Чувства депрессии, тревоги и отрицания распространены после операции шунтирования и возникают у 40 про-

центов людей. Депрессия может снижать способность человека заниматься спортом, снижать уровень энергии, вызывать повышенную утомляемость или снижать качество жизни и самочувствие человека. Женщины, особенно молодые женщины, подвержены особенно высокому риску депрессии. Может помочь индивидуальная или групповая терапия, а иногда и лечение антидепрессантами [3];

- ◆ снижение стресса. Длительный стресс дома, на работе или с финансами может увеличить риск сердечного приступа, инсульта и болей в груди. Многие программы кардиореабилитации учат пациентов, как уменьшить стресс, пытаясь снизить эти риски.

Кроме того, у всех пациентов после аорто-коронарного шунтирования возникает послеоперационная легочная дисфункция [7].

До сих пор нет единого мнения об использовании различных методологических подходов к эффективно-му восстановлению показателей дыхания после аорто- коронарного шунтирования.

В раннем послеоперационном периоде выявляются значительные изменения скорости дыхательного потока. Это обусловлено особенностями хирургического лечения и физиологическими и биохимическими реакциями организма [6].

Послеоперационная легочная дисфункция вызывает увеличение потребления кислорода из-за усиленной работы по поддержанию эффективного дыхания, при этом гипоксемия вызывает снижение доставки кислорода. Поэтому в послеоперационном периоде необходимо проводить респираторную терапию. Такой терапией может быть терапия PEP.

Терапия PEP (положительное давление на выдохе) помогает открывать и удалять слизь из легких. Пациент дышит в небольшое портативное устройство с клапаном. Пациент выдыхает против установленного давления. Давление помогает удерживать дыхательные пути открытыми. Это также позволяет воздуху отставать и ослаблять слизь. Воздух перемещает слизь, поэтому пациент может откашлять ее. Некоторые устройства для PEP — терапии используют вибрации или колебания, чтобы разжижать слизь. Когда пациент выдыхает, давление и вибрации в дыхательных путях работают вместе, помогая разжижать слизь. PEP -терапия также помогает воздуху попасть в мелкие дыхательные пути глубоко в легких. Слизь может скапливаться в мелких дыхательных путях и инфицироваться, если ее не очистить.

При практическом применении PEP — терапии у пациентов были отмечены следующие изменения по сравнению с пациентами, не применяющими данный метод терапии.

Анализ результатов исследования показал, что на вторые сутки после операции наблюдается выраженное снижение показателей объемного и скоростного дыхательного потока.

Так, на вторые сутки после операции жизненная емкость легких снижена.

Пятые сутки после операции характеризуются улучшением объемных показателей у пациентов, получавших PEP — терапию, у остальных пациентов они оставались ниже по сравнению с дооперационным уровнем.

На девятые сутки после операции жизненная емкость легких и форсированная жизненная емкость легких достигает дооперационного уровня, в то время как у пациентов, не получавших терапию, эти значения остаются сниженными на 28%.

Другой тип изменений наблюдался при изучении скоростных параметров дыхательного потока. Так, у пациентов, получавших PEP — терапию, они достигают дооперационного уровня.

Таким образом, на момент выписки из стационара у пациентов восстановились объемные и скоростные значения дыхательного потока. Также было отмечено улучшение спирометрических параметров дыхательного потока.

Следует подчеркнуть, что обструктивные эпизоды апноэ и гипопноэ во сне после операции сопровождаются развитием гипоксемии, гемодинамическими нарушениями, что увеличивает риск внезапной сердечной смерти.

Анализ результатов применения PEP — терапии показал, что на пятые послеоперационные сутки нарушения дыхания во сне сокращаются.

Заключение

Аортокоронарное шунтирование — это операция, которая восстанавливает кровоток в областях сердца, которые не получают достаточного количества крови. Эта операция может улучшить работу сердца и улучшить самочувствие, особенно если у пациента только что был сердечный приступ или существует повышенный риск его возникновения в ближайшем будущем.

Восстановление после операции аорто-коронарного шунтирования может быть длительным процессом даже без возможных осложнений, поэтому поиск методов послеоперационного восстановления пациентов является важным аспектом в разработке программы реабилитации.

Так, эффективным средством реабилитации пациентов после операции аорто-коронарного шунтирования является PEP — терапия. Терапия с положительным давлением на выдохе (PEP) обычно используется для мобилизации секрета, уменьшения задержки воздуха и предотвращения коллапса легких.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анцыгина Л.Н., Кордагов П.Н. Принципы реабилитации больных ишемической болезнью сердца после хирургической реваскуляризации миокарда // Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. — 2020. — Т. 2. — № 2. — С. 190–199. doi: 10.36425/rehab34111
2. Алексеева, М.А. Особенности диагностики послеоперационной когнитивной дисфункции у пациентов после кардиохирургических вмешательств (обзор литературы) / Т.М. Alekseeva et al. // Consilium Medicum. — 2018. -№ 20 (10). — С. 86–90.
3. Барбараш, О.Л. Нужна ли реабилитация пациенту после коронарного шунтирования? / О.Л. Барбараш, С.А. Помешкина // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. — 2015. № 8(1). — С. 26–29.
4. Бокерия, Л.А. Сердечно-сосудистая хирургия — 2015. Болезни и врожденные аномалии системы кровообращения / Л.А. Бокерия, Р.Г. Гудкова М.: Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева, 2016. — 208 с.
5. Иноземцева, А.А. Эффективность и безопасность ранних физических тренировок в реабилитации пациентов после коронарного шунтирования /А.А. Иноземцева, Ю.А. Аргунова, С.А. Помешкина и соавт. // Сибирское медицинское обозрение. -2018. — № 6 (114) — С. 33–42.
6. Куприянова, Т.В. Факторы риска когнитивных дисфункций и приверженность к терапии у пациентов со стабильной формой ишемической болезни сердца: дис. ... канд. мед. наук 14.01.05 / Татьяна Владимировна Куприянова .-М., 2018. — 183 с.
7. Лукина, Ю.В. Приверженность больных хронической ишемической болезнью сердца к врачебным рекомендациям (по данным амбулаторного регистра «профиль») / Ю.В. Лукина, Н.П. Кутишенко, Н.А. Дмитриева, С.Ю. Марцевич // Российский кардиологический журнал. — 2017. — № 3. — С. 14–19.
8. Остроумова, О.Д. Курение как фактор риска сердечно-сосудистых и цереброваскулярных заболеваний: распространенность, влияние на прогноз, возможные стратегии прекращения курения и их эффективность. Часть 1. Распространенность курения и влияние на прогноз / О.Д. Остроумова, А.А. Извеков, Н.Ю. Воеводина // Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии. — 2017. — № 13(6). -С. 871–879.
9. Протасов, Е.А., Великанов А.А. Кардиореабилитация сегодня: возможности и трудности / Е.А. Протасов., А.А. Великанов. // Российский семейный врач. — 2019. -№ 1. — С. 17–26.
10. Самородская, И.В. «Парадокс» факторов риска развития сердечно-сосудистых заболеваний. Фокус на курение / И.В. Самородская, Е.Д. Баздырев, О.Л. Барбараш // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. — 2019. — № 1. — С. 90–99.
11. Шляхто, Е.В. Кардиология. Национальное руководство. Краткое издание / Е.В. Шляхто. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. — 816 с.

© Рашидова Седа Сулеймановна (9876887@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ УРОВНЕМ ГОМОЦИСТЕИНА И ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЛИПИДНОГО ПРОФИЛЯ У ПАЦИЕНТОВ С ОСТРЫМ КОРОНАРНЫМ СИНДРОМОМ НА ФОНЕ СИНДРОМА НЕДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ ДИСПЛАЗИИ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ТКАНИ

THE RELATIONSHIP BETWEEN HOMOCYSTEINE LEVELS AND LIPID PROFILE INDICATORS IN PATIENTS WITH ACUTE CORONARY SYNDROME AGAINST THE BACKGROUND OF UNDIFFERENTIATED CONNECTIVE TISSUE DYSPLASIA SYNDROME

O. Sultanova
E. Chernysheva
B. Kuzmichev
E. Popov
A. Osipova

Summary. A special place among diseases of the cardiovascular system is occupied by acute coronary syndrome, which has a tendency to rejuvenate in the last 10 years. In more than 40% of cases, acute coronary syndrome is combined with connective tissue dysplasia syndrome. The purpose of this study is to study and analyze the relationship between homocysteine levels and lipid profile parameters in patients with acute coronary syndrome against the background of undifferentiated connective tissue dysplasia syndrome.

In the group of patients both with acute coronary syndrome (ACS) without the syndrome of undifferentiated connective tissue dysplasia (UCTD) and with ACS + UCTD, statistically significant changes in the levels of homocysteine, total cholesterol (TC), low-density lipoprotein (LDL), high-density lipoproteins (HDL) and atherogenic index compared with the control group, while in the group of patients with comorbidity, changes in the levels of Hcy, total cholesterol, LDL and atherogenic index were statistically significantly higher compared to the group of patients with ACS without UCTD, and the level of HDL was statistically significantly lower.

Also, the presence of statistically significant relationships between the levels of Hcy, total cholesterol, LDL, HDL and the atherogenic index was revealed, which indirectly indicates that a change in the level of one of them affects the change in the level of the other, or that there is a common reason for increasing the levels of Hcy, total cholesterol, LDL and atherogenic index and a decrease in HDL levels in the group of patients with both ACS without UCTD, and a more pronounced degree in the group of patients with ACS + UCTD.

Султанова Оксана Эседуллаевна

Астраханский государственный медицинский университет
oksana.sultanova@mail.ru

Чернышева Елена Николаевна

Доцент, доктор медицинских наук
Астраханский государственный медицинский университет

Кузьмичев Богдан Юрьевич

Кандидат медицинских наук
Астраханский государственный медицинский университет

Попов Евгений Антонович

Доктор медицинских наук профессор
Астраханский государственный медицинский университет

Осипова Анастасия Александровна

Врач отделения № 1 ГБУЗ ГКБ № 3 им. С.М. Кирова;
Астраханский государственный медицинский университет

Аннотация. Особое место среди заболеваний сердечно-сосудистой системы занимает острый коронарный синдром, который в последние 10 лет имеет тенденцию к омоложению. В более чем 40% случаев острый коронарный синдром сочетается с синдромом дисплазии соединительной ткани. Целью данного исследования, является изучить и проанализировать взаимосвязь между уровнем гомоцистеина и показателями липидного профиля у пациентов с острым коронарным синдромом на фоне синдрома недифференцированной дисплазии соединительной ткани.

В группе пациентов как с ОКС без СНДСТ, так и с ОКС+СНДСТ были определены статистически значимые изменения уровней Hcy, ОХС, ЛПНП, ЛПВП и индекса атерогенности в сравнении с группой контроля, при этом в группе пациентов с коморбидностью изменения уровней Hcy, ОХС, ЛПНП и индекса атерогенности были статистически значимо выше по сравнению с группой пациентов с ОКС без СНДСТ, а уровень ЛПВП был статистически значимо ниже. Также, было выявлено наличие статистически значимых взаимосвязей между уровнями Hcy, ОХС, ЛПНП, ЛПВП и индекса атерогенности, что косвенно свидетельствует о том, что изменение уровня одного из них влияет на изменение уровня другого, или о наличии общей причины для повышения уровней Hcy, ОХС, ЛПНП и индекса атерогенности и уменьшения уровня ЛПВП в группе пациентов как с ОКС без СНДСТ, так и более выраженной степени в группе пациентов с ОКС+СНДСТ.

Keywords: dysplasia, acute coronary syndrome, lipid profile, homocysteine.

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) занимают ведущее место среди причин, приводящих к гибели пациентов трудоспособного возраста во всем мире. В Российской Федерации ежегодно регистрируют около 15 млн. новых случаев сердечно — сосудистой патологии и экономические потери в 2019 году в России от данной патологии достигли почти 3 трл. рублей [16]. Неоспоримым является тот факт, что возрастает смертность и потеря трудоспособности от ССЗ именно у пациентов молодого возраста [1; 2; 6; 8]. Невзирая на то, что методы диагностики и лечения сердечно — сосудистых заболеваний постоянно совершенствуются, смертность от данной патологии не снижается — за 2019 год по данным Всемирной организации здравоохранения от ССЗ умерло 17,5 млн. человек, что составляет 30% всех случаев летальности в мире.

В нашем исследовании особое внимание мы уделили острому коронарному синдрому (ОКС), так как за последние 15 лет он стал встречаться у пациентов более молодого возраста, увеличивая темпы инвалидизации данных пациентов [16; 20]. Результаты независимого Российского Регистра Острого Коронарного Синдрома «РЕКОРД-3» (Российская Федерация), свидетельствуют о том, что снизился общий коэффициент смертности от болезней системы кровообращения более чем на 25%, хотя, госпитальная летальность от ОКС остается высокой. По литературным данным ОКС чаще встречается у мужчин, но показатели смертности выше у женщин [3; 8; 9; 10; 19; 27]. По результатам ранее проведенных нами исследований, оказалось, что в 40% случаев ОКС развивается на фоне синдрома недифференцированной дисплазии соединительной ткани СНДСТ [19].

СНДСТ — генетически детерминированное состояние, характеризующиеся дефектами волокнистых структур и основного вещества соединительной ткани, которое приводит к нарушению формообразования органов и систем, имеющее прогрессирующее течение, определяющее особенности ассоциированной патологии, не укладывающиеся ни в один из известных синдромов патологии соединительной ткани.

При СНДСТ характерны изменения со стороны желудочно-кишечного тракта, костной ткани, органов зрения, мочевыделительной и дыхательной систем [2; 10; 12]. Поражение сердечно — сосудистой системы сочетается в себе: изменение клапанных структур сердца — пролапс митрального клапана (частота встречаемости

Ключевые слова: дисплазия, острый коронарный синдром, липидный профиль, гомоцистеин.

у взрослого населения составляет 38%) [9; 25], наличие аномально расположенных хорд [23; 24], аномалии строения сосудов [23], а так же, нарушения проводящей системы сердца (частота встречаемости аритмий варьирует от 50 до 90%) [1; 7], среди которых чаще встречается: синусовая тахикардия, наджелудочковые и желудочковые экстрасистолы, миграция водителя ритма по предсердиям, фибрилляция предсердий [1], так же регистрируются анатомические особенности коронарных сосудов в виде высокой частоты аномалий и пороков развития (аномалия отхождения артерий, гипоплазия коронарных артерий, аномалии расположения коронарных артерий с наличием мышечных мостиков) [2; 25]. В исследованиях многих ученых было доказано, что у пациентов хроническая ишемическая болезнь сердца (ИБС) протекает более тяжело при наличии синдрома СНДСТ — чем выше степень дисплазии соединительной ткани, тем чаще у пациентов с ИБС встречается фибрилляция предсердий, желудочковая экстрасистолия, пароксизмальная желудочковая тахикардия на фоне более выраженного ремоделирования миокарда [1; 5; 3; 26].

Исходя из вышеперечисленного, можно прийти к выводу, что наличие дисплазии соединительной ткани является фоном для появления различных заболеваний, влияет на характер течения болезней, довольно часто приводя к хронизации процесса. Хочется отметить тот факт, что основными аспектами ДСТ, которые определяют направленность профилактических мероприятий в данной группе пациентов, являются: снижение качества жизни, высокая заболеваемость, ранняя инвалидизация, внезапная смерть в молодом трудоспособном возрасте.

Так же, важнейшими задачами современной медицины остаются диагностика, лечение и профилактика атеросклероза. Успех борьбы с такими заболеваниями, как инфаркт, инсульт и другие сердечно-сосудистые осложнения во многом зависит от грамотного решения этой проблемы. В ходе Фрамингамского исследования, проведенного в начале 60-х годов, взаимосвязь между нарушениями липидного обмена и развитием атеросклероза, в частности коронарной (ишемической) болезни сердца, была подтверждена во многих последующих работах.

Изучая литературу, мы не встретили публикаций по результатам исследований, посвященных изучению корреляционных связей между уровнем гомоцистеина и показателями липидного профиля у пациентов с ОКС

Таблица 1. Уровни изучаемых показателей

Показатель	Группа контроль, n=50	Группа пациентов с ОКС без СНДСТ, n=128	Группа пациентов с ОКС+СНДСТ, n=113	Kruskal Wallis test
Нсу, мкмоль/л	10,1 [5,8; 14,1]	22,5 [13; 32,1] p_I^*	38,4 [17,3; 59,1] p_I^* ; p_2^*	p^*
ОХС, ммоль/л	4,35 [3,5; 4,8]	6,8 [6,2; 7,8] p_I^*	9,7 [7; 10,8] p_I^* ; p_2^*	p^*
ЛПНП, ммоль/л	2,25 [1,86; 2,48]	3,88 [2,53; 5,71] p_I^*	5,75 [4,21; 8,32] p_I^* ; p_2^*	p^*
ЛПВП, ммоль/л	2,71 [2,61; 2,78]	1,47 [1,33; 1,68] p_I^*	1,35 [1,29; 1,61] p_I^* ; p_2^*	p^*
Индекс атерогенности	2,45 [1,88; 2,78]	3,81 [2,25; 4,75] p_I^*	4,57 [2,85; 7,1] p_I^* ; p_2^*	p^*

Примечание: p^* — уровень статистической значимости $<0,001$, p_I — в сравнении с группой контроль; p_2 — в сравнении с группой пациентов с ОКС без СНДСТ.

на фоне СНДСТ. На основании этого была сформулирована цель нашего исследования.

Цель исследования

Изучить и проанализировать взаимосвязь между уровнем гомоцистеина и показателями липидного профиля у пациентов с острым коронарным синдромом на фоне синдрома недифференцированной дисплазии соединительной ткани.

Материалы и методы

Клинические данные для данного исследования были получены в ПСО городской клинической больницы № 3 имени С.М. Кирова и в региональном сосудистом центре Александрo-Мариинской областной клинической больницы города Астрахань в период с 2018 по 2019 гг. От всех пациентов были получены добровольные информированные согласия на участие в исследовании: 241 пациент (возраст от 35 до 65 лет). Для диагностики острого коронарного синдрома: инфаркта миокарда (ИМ) и нестабильной стенокардии (НС) применялись национальные рекомендации РКО [13; 14; 15].

113 пациентов с ОКС+СНДСТ составили основную группу. В группу сравнения вошли 128 пациентов с ОКС без СНДСТ. Группу контроль составили 50 соматически здоровых лиц. Все пациенты были сопоставимы по возрасту и полу.

С целью определения уровня ГЦ был использован — набор FHCY100 фирмы «Axis — Shield Diagnostics Ltd»,

Великобритания, методом иммуноферментного анализа.

Для статистической обработки данных использовалась программа IBM SPSS Statistics 26 и StatTech v. 2.6.5 (разработчик — ООО «Статтех», Россия).

С целью проведения межгрупповых сравнений в 3 и > группах применялся Kruskal Wallis test, для проведения апостериорных сравнений в 2 группах — Mann — Whitney U test. Для каждого показателя были определены: медиана (Me), 5 и 95 перцентили. Направления и сила корреляционной взаимосвязи между 2 количественными показателями оценивались с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена. P-value составил $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение

По данным таблицы № 1, уровень гомоцистеина (Нсу) и показателей липидного профиля в группе пациентов как с ОКС без СНДСТ, так и с ОКС на фоне СНДСТ статистически значимо отличались от группы контроля.

Было выявлено, что уровни Нсу, ОХС, ЛПНП и индекса атерогенности в группе пациентов как с ОКС без СНДСТ, так и с ОКС+СНДСТ были статистически значимо выше ($p < 0,001$) в сравнении с группой контроль, а уровень ЛПВП был статистически значимо ниже ($p < 0,001$).

В группе пациентов с ОКС+СНДСТ уровни Нсу, ОХС, ЛПНП и индекса атерогенности были статистически

Таблица 2. Взаимосвязи между уровнем Нсу и показателями липидного профиля у пациентов в исследуемых группах

Показатель/Группа	ОКС без СНДСТ, n=128	ОКС+СНДСТ, n=113
ОХС	r=0,82, p*	r=0,88, p*
ЛПНП	r=0,86, p*	r=0,91, p*
ЛПВП	r= -0,71, p*	r= -0,78, p*
Индекс атерогенности	r=0,88, p*	r=0,94, p*

Примечание: p* — уровень статистической значимости <0,001; r-коэффициент корреляции.

значимо выше (p<0,001), по сравнению с группой пациентов с ОКС без СНДСТ, а уровень ЛПВП был статистически значимо ниже (p<0,001).

Далее приводятся результаты корреляционного анализа между уровнем Нсу и показателями липидного профиля (таблица № 2).

По данным таблицы № 2 между уровнем Нсу и показателями липидного профиля были выявлены статистически значимые взаимосвязи.

В группе пациентов с ОКС без СНДСТ между уровнем Нсу и ОХС была выявлена прямая высокой силы взаимосвязь, а в группе пациентов с ОКС+СНДСТ отмечалось усиление взаимосвязи.

Сравнивая корреляционные связи между уровнем Нсу и ЛПНП в группе пациентов как с ОКС без СНДСТ, так и в группе пациентов с ОКС+СНДСТ была выявлена прямая взаимосвязь, однако у пациентов с ОКС без СНДСТ взаимосвязь была высокой силы, а в группе пациентов с ОКС+СНДСТ взаимосвязь была очень высокой.

При анализе взаимосвязи между уровнем ГЦ и ЛПВП были определены обратные взаимосвязи: в группе пациентов с ОКС без СНДСТ связь была высокой, в группе пациентов с ОКС+СНДСТ взаимосвязь была также

высокой, однако более сильной. Между уровнем Нсу и индексом атерогенности была установлена прямая взаимосвязь, при этом в группе пациентов с ОКС без СНДСТ взаимосвязь была высокой, а в группе пациентов с ОКС+СНДСТ — взаимосвязь стала очень высокой.

Заключение

В группе пациентов как с ОКС без СНДСТ, так и с ОКС+СНДСТ были определены статистически значимые изменения уровней Нсу, ОХС, ЛПНП, ЛПВП и индекса атерогенности в сравнении с группой контроля, при этом в группе пациентов с коморбидностью изменения уровней Нсу, ОХС, ЛПНП и индекса атерогенности были статистически значимо выше по сравнению с группой пациентов с ОКС без СНДСТ, а уровень ЛПВП был статистически значимо ниже. Также, было выявлено наличие статистически значимых взаимосвязей между уровнями Нсу, ОХС, ЛПНП, ЛПВП и индекса атерогенности, что косвенно свидетельствует о том, что изменение уровня одного из них влияет на изменение уровня другого, или о наличии общей причины для повышения уровня Нсу, ОХС, ЛПНП и индекса атерогенности и уменьшения уровня ЛПВП в группе пациентов как с ОКС без СНДСТ, так и более выраженной степени в группе пациентов с ОКС+СНДСТ. При этом в группе пациентов с ОКС+СНДСТ сила взаимосвязей была наиболее сильная.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абашева, Е.В. Особенности нарушений ритма сердца у молодых людей с малыми аномалиями его развития: Автореф. дис... канд. мед. наук / Е.В. Абашева // ГОУ ВПО «Нижегородская государственная медицинская академия Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию» — Нижний Новгород, 2007. — 20 с.
2. Аббакумова, Л.Н. Оценка степени тяжести недифференцированной дисплазии соединительной ткани у детей / Л.Н. Аббакумова, Т.Н. Кадурина, // Мед. вест. Север.Кавказа. — Т. 2., № 10. — С. 15–20.
3. Абдуллаев, А.А. Острый коронарный синдром: характеристика и лечение / А.А. Абдуллаев, У.А. Исламова, С.И. Бабатова, З.А. Гайдарова и др. // Профилактическая медицина. — 2011. — № 4(2). — С.3.
4. Аксенов, С.И. Структурные изменения коронарных сосудов у пациентов с дисплазией соединительной ткани (кросс-секционное наблюдение) [Текст] / С.И. Аксенов, Е.А. Лялюкова, Г.И. Нечаева, Ю.Т. Игнатъев // Лечащий врач. — 2016. — № 2. — С. 27–30
5. Андреев, Е.Ю. Ишемическая болезнь сердца у лиц молодого возраста: распространенность и сердечно-сосудистые факторы риска [Текст] / Е.Ю. Андреев, И.С. Явлов, М.М. Лукьянов, А.Н. Вернохаева, О.М. Драпкина, С.А. Бойцов // Кардиологи. — 2018. — Т. 58, № 11. — С. 24–34.

6. Арсентьев, В.Г. Наследственные заболевания соединительной ткани как конституциональная причина полиорганных нарушений у детей [Текст] / В.Г. Арсентьев, В.С. Баранов, Н.П. Шабалов // Спб. СпецЛит, 2015. — 231с.
7. Атеросклероз венечных артерий и ишемическая болезнь сердца. — 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. И.Е. Ганелиной. — СПб.: Издательство СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2012.
8. Батыров, З.С. Клинические и эпидемиологические особенности пациентов с острым коронарным синдромом в Кабардино-Балкарской республике / З.С. Батыров, И.Л. Семёнова, А.М. Инарокова, М.Я. Имагожева // Инновации в современной медицине: матер. Международной медицинской конференции. — Стамбул. 2011. — С. — 51.
9. Гнусаев, С.Ф. Клиническое значение малых аномалий сердца у детей / С.Ф. Гнусаев, Ю.М. Белозеров, А.Ф. Виноградов // Медицинский вестник Северного Кавказа. — 2008. — № 2. — С. 39–43.
10. Демидов, Р.О. Дисплазия соединительной ткани: современные подходы к клинике, диагностике и лечению [Текст] // Демидов, Р.О. // Практическая медицина — 2015. — Т. 2. — С. 37–40.
11. Друк И.В., Нечаева Г.И., Кузнецова В.В. Состояние коронарных артерий при дисплазиях соединительной ткани // Казанский медицинский журнал. — 2007. — Т. 88, № 5, приложение. — С. 30–32.
12. Земцовский, Э.В. Недифференцированная дисплазия соединительной ткани: состояние и перспективы развития представлений о наследственных расстройствах соединительной ткани / Э.В. Земцовский // Дисплазия соединительной ткани. — 2008. — № 1. — С. 5–9.
13. Клинические рекомендации Министерства здравоохранения Российской Федерации «Острый коронарный синдром без подъёма сегмента ST электрокардиограммы» [Текст] / Российское кардиологическое общество при участии ассоциации сердечно-сосудистых хирургов России // — 2020. — С. 12–25.
14. Клинические рекомендации Министерства здравоохранения Российской Федерации «Острый коронарный синдром с подъёмом сегмента ST электрокардиограммы» [Текст] / Российское кардиологическое общество при участии ассоциации сердечно-сосудистых хирургов России // — 2020. — С. 18–22.
15. Клинические рекомендации Российского научного медицинского общества терапевтов по диагностике, лечению и реабилитации пациентов с дисплазиями соединительной ткани (первый пересмотр) [Текст] / под редактированием А.И. Мартынова // Медицинский вестник Северного Кавказа. — 2018. — Т. 3, № 1.2. — С. 137–209.
16. Концевая, А.В. Экономический ущерб сердечно-сосудистых заболеваний в Российской Федерации в 2016 году / А.В. Концевая, О.М. Драпкина, Ю.А. Баланова [и др.] // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. — 2018. — Т. 14, № 2. — С. 156–166.
17. Кузьмичев, Б.Ю. Исследование уровня гомоцистеина у пациентов с инфарктом миокарда на фоне хронической обструктивной болезни легких [Текст] / Б.Ю. Кузьмичев, Е.А. Полунина, К.Ю. Кузьмичев, Е.А. Липницкая, М.С. Аджян // Астраханский медицинский журнал. — 2017. — Т. 12, № 4. — С. 44–50.
18. Кузьмичев, Б.Ю. Исследование уровня гомоцистеина у пациентов с инфарктом миокарда на фоне хронической обструктивной болезни легких [Текст] / Б.Ю. Кузьмичев, Е.А. Полунина, К.Ю. Кузьмичев, Е.А. Липницкая, М.С. Аджян // Астраханский медицинский журнал. — 2017. — Т. 12, № 4. — С. 44–50.
19. Масловская, М.В. Недифференцированная дисплазия соединительной ткани и малые аномалии сердца как предиктор развития нарушения ритма у пациентов с ишемической болезнью сердца / М.В. Масловская, В.А. Лоллини // «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», республика Беларусь— 2014—С. 68–74.
20. Розанов, В.Б. Прогностическое значение факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний, связанных с атеросклерозом, у детей и подростков и отдаленные результаты профилактического вмешательства: Автореф. Дис. д-ра мед. наук / В.Б. Розанов.
21. Сметанин, М.Ю. Дисплазия соединительной ткани и внезапная сердечная смерть [Текст] / М.Ю. Сметанин // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2016. — № 9–3. — С. 405–408.
22. Соколов, Ю.Н. Коронарная болезнь и интервенционная кардиология / Ю.Н. Соколов, В.Г. Терентьев // Киев: МОРИОН; 2011.
23. Султанова, О.Э. Анатомические особенности коронарных сосудов у пациентов с острым коронарным синдромом на фоне синдрома недифференцированной дисплазии соединительной [Текст] / О.Э. Султанова, Е.Н. Чернышева // Актуальные вопросы современной медицины. Материалы IV Международной научно-практической конференции Прикаспийских государств. Астрахань: Издательство Астраханского ГМУ, 2019 г. — С. 160–162.
24. Яковлев, В.М. Кардиореспираторные синдромы при дисплазии соединительной ткани / В.М. Яковлев, Г.И. Нечаева. // Омск: ОГМА, 1994. — 217 с. Akbarpour, S. Relationship between lifestyle pattern and bloodpressure –Iranian national survey / S. Akbarpour, D. Khalili, H. Zeraati [atal.] // SciRep. — 2019. — Oct 25. — Vol. 9 (1). — P. 151–194.
25. Amici, E. Mitral valve prolapse / E. Amici // G. Ital. Cardiol. (Rome). — 2006. — Vol. 7. — P. 4–22.
26. Knowlman, T. The association of electrocardiographic abnormalities and major adverse cardiac events in emergency patients with chest pain / T. Knowlman, J.H. Greenslade, W. Parsonage. [et al.]. // Acad. Emerg. Med. — 2017 –Vol.19. — P. 1–4.
27. Knutikhin, A.G. The role of Epstein-Barr virus in atherosclerosis and related diseases [Text] / A.G. Knutikhin, // New York. — 2013 — P. 21–33

© Султанова Оксана Эседуллаевна (oksana.sultanova@mail.ru), Чернышева Елена Николаевна,

Кузьмичев Богдан Юрьевич, Попов Евгений Антонович,

Осипова Анастасия Александровна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МЕТОДЫ ХИРУРГИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ ГИПЕРТРОФИЧЕСКОЙ КАРДИОМИОПАТИИ У ВЗРОСЛЫХ: ОТ ИСТОКОВ ДО СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ю Юаньбин

Аспирант

Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

youyuanbing66@foxmail.com

Косенков Александр Николаевич

Доктор медицинских наук, профессор

Первый московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова;

Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

alencos@rambler.ru

Е Хаожань

Аспирант

Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова;

Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

yehaorandc@gmail.com

Белов Юрий Владимирович

Доктор медицинских наук, профессор, Академик

Российской академии медицинских наук;

Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского

reccardio@med.ru

METHODS OF SURGICAL CORRECTION OF HYPERTROPHIC CARDIOMYOPATHY IN ADULTS: FROM THE EARLY ORIGINS TO MODERN TECHNOLOGIES.

LITERATURE REVIEW AND OWN RESEARCH RESULTS

You Yuanbing

A. Kosenkov

Ye Haoran

Yu. Belov

Summary. Introduction. Surgical treatments for hypertrophic cardiomyopathy (HCM) have evolved from simple myotomy or removal of a restricted muscle at the point of maximum hypertrophy to the modern extended septal myectomy, which is applicable to virtually all adult patients with HCM and subaortic obstruction. Analysis of changes in left ventricular hemodynamics to assess the shortcomings of previous surgical interventions in order to determine the optimal tactics of surgical treatment of patients with HCM to obtain better results is the subject of this work.

Materials and methods. A systematic review of studies published in Russian and English with predominant inclusion (72.5%) of sources over the past 10 years were carried out using the PubMed, ScienceDirect, ProQuest and Google Scholar databases. The review included review articles, retrospective and prospective studies. The use of earlier scientific works (over 10 years old — 27.5%) is justified by the fact that these sources are original with informative content and have no later analogs similar in meaning. The practical part of this study was carried out at B.V. Petrovsky Russian Scientific Center for Surgery, Moscow, which is a department of Sechenov University, where 42 patients (52.4% of women and 47.6% of men) aged 33 to 78 years (mean age 52 ± 9.8 years) were operated on with an obstructive form of hypertrophic cardiomyopathy, SAM-syndrome and severe mitral valve insufficiency during the period from August 2018 to December 2019. Surgical correction of hypertrophic cardiomyopathy in our cohort of patients was carried out by septal myectomy ($n = 41$) and in 38 patients (90.5%) in combination with mitral valve repairs, 1 patient underwent replacement of the mitral valve with a mechanical prosthesis. Statistical processing of the obtained research results was

Аннотация. Вступление. Хирургические методы лечения гипертрофической кардиомиопатии развивались от простой миотомии или удаления ограниченной мышцы в точке максимальной гипертрофии до современного метода расширенной септальной миэктомии, который применим практически ко всем взрослым пациентам с ГКМП и субаортальной обструкцией. Анализ изменения гемодинамики левого желудочка для оценки недостатков ранее проведенных хирургических вмешательств с целью определения оптимальной тактики оперативного лечения больных с ГКМП для получения лучших результатов, чему и посвящена настоящая работа.

Материалы и методы. Был выполнен систематический обзор исследований, опубликованных на русском и английском языках с преимущественным включением (72,5%) источников за последние 10 лет с использованием баз данных PubMed, ScienceDirect, ProQuest и GoogleScholar. В обзор были включены обзорные статьи, ретроспективные и проспективные исследо-

carried out using Microsoft Excel 2017 software using mean values (M), the reliability was determined using the Student's test, and its critical level in this study was taken equal to 0.05.

Results. In our cohort of the operated patients, the weight of the excised obstructive substrate varied from 1.23 gm to 12.16 gm and averaged at 3.31 ± 0.37 gm. We established a decrease in the mass of the left ventricle by 17.0%, the mass index of the left ventricle by 16.9%. In all examined patients ($n = 42$, 100%), resolution of the SAM syndrome was ascertained. There were no cases of hospital mortality. In 2 cases, complications in the form of paroxysm of atrial fibrillation were documented.

Conclusion. Our data indicate good results of surgical correction of obstructive hypertrophic cardiomyopathy and mitral valve insufficiency, and the chosen method and volume of obstructive substrate resection is optimal for adequate hemodynamic restoration.

Keywords: obstructive hypertrophic cardiomyopathy, SAM-syndrome, gradient in the left ventricular outflow tract, septal myectomy, mitral valve repair.

вания. Использование более ранних научных работы (старше 10 лет — 27,5%) обосновано тем, что указанные источники являются оригинальными с информативным содержанием и не имеют схожих по значению более поздних аналогов. Практическая часть настоящего исследования была проведена на базе Российского научного центра хирургии им. акад. Б.В. Петровского. г. Москвы, на кафедре ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), где за период с августа 2018г по декабря 2019г было прооперировано 42 пациента (52,4% женщин и 47,6% мужчин) в возрасте от 33 до 78 лет (средний возраст $52 \pm 9,8$ лет) с обструктивной формой гипертрофической кардиомиопатии, SAM-синдромом и выраженной недостаточностью митрального клапана. Хирургическая коррекция гипертрофической кардиомиопатии в нашей когорте пациентов проводилась методом септальной миэктомии ($n=41$) и у 38 чел. (90,5%) в сочетании с пластикой митрального клапана митрального клапана, 1 больной было выполнено протезирование митрального клапана механическим протезом. Статистическая обработка полученных результатов исследования проводилась в программном обеспечении Microsoft Excel 2017 с использованием средних значений (M), достоверность определялась при помощи критерия Стьюдента, а ее критический уровень в данном исследовании принимали равным 0,05.

Результаты. В нашей когорте прооперированных пациентов вес иссеченного обструкционного субстрата варьировал от 1,23 гр. до 12,16 гр. и в среднем составлял $3,31 \pm 0,37$ гр. Мы установили снижение массы левого желудочка на 17,0%, индекса массы левого желудочка — на 16,9%. У всех обследованных пациентов ($n=42$, 100%) было констатировано разрешение SAM-синдрома. Случаев госпитальной летальности не было установлено. В 2 случаях документированы осложнения в виде пароксизма фибрилляций предсердий.

Заключение. Представленные нами данные свидетельствуют о хороших результатах хирургической коррекции обструктивной формы гипертрофической кардиомиопатии и недостаточности митрального клапана, а выбранный метод и объем резекции обструкционного субстрата является оптимальным для адекватного восстановления гемодинамики.

Ключевые слова: обструктивная гипертрофическая кардиомиопатия, SAM-синдром, градиент в выводящем тракте левого желудочка, септальная миэктомия, пластика митрального клапана.

Вступление

Гипертрофическая кардиомиопатия (ГКМП) была впервые описана в 1958 году Teare D. [1], который сообщил о серии патологоанатомических исследований 8 молодых пациентов, умерших внезапно, и у которых была обнаружена «асимметричная гипертрофия сердца». Главенствующим диагностическим критерием ГКМП, согласно рекомендациям Европейского общества кардиологов [3], является утолщение стенки левого желудочка 15 мм и более по данным эхокардиографии (ЭхоКГ), магнитно-резонансной томографии (МРТ) или компьютерной томографии (КТ).

В Соединенных Штатах Америки по данным Maron M. et al. [5], распространенность ГКМП среди взрослого населения в 2013 году составила 1:3,000 (0.03%). Авторами было обследовано 169 089 614 человек, из которых у 59 009 была диагностирована гипертрофическая кардиомиопатия [5]. В данной когорте пациентов преобладали мужчины старше 40 лет [5].

Эпидемиологические исследования в Российской Федерации отсутствуют, можно предположить, что 300 000 человек страдают ГКМП [6]. Из них 20% больных демонстрируют бессимптомное и стабильное течение заболевания и достигают нормальной продолжитель-

ности жизни (<75 лет) [6]. Ежегодно смертность больных с ГКМП в Российской Федерации среди взрослого населения составляет 1–3% [6].

Хирургически методы лечения ГКМП развивались от простой миотомии или удаления ограниченной мышцы в точке максимальной гипертрофии до современного метода расширенной септальной миэктомии, который применим практически ко всем взрослым пациентам с ГКМП и субаортальной обструкцией.

Выбор оптимального объёма резекции миокарда у больных с гипертрофической кардиомиопатией все еще остается спорным вопросом: на сегодняшний день однозначного набора строгих показаний к выбору тактики и объема хирургического лечения у таких больных практически не существует. Перспективным является анализ изменения гемодинамики левого желудочка для оценки недостатков ранее проведенных хирургических вмешательств с целью определения оптимальной тактики оперативного лечения больных с ГКМП для получения лучших результатов, чему и посвящена настоящая работа.

Материалы и методы

Был выполнен систематический обзор исследований, опубликованных на русском и английском языках с преимущественным включением (72,5%) источников за последние 10 лет с использованием баз данных PubMed, Science Direct, ProQuest и Google Scholar. В обзор были включены обзорные статьи, ретроспективные и проспективные исследования. Использование более ранних научных работы (старше 10 лет — 27,5%) обосновано тем, что указанные источники являются оригинальными с информативным содержанием и не имеют схожих по значению более поздних аналогов.

Практическая часть настоящего исследования была проведена на базе Российского научного центра хирургии им. акад. Б.В. Петровского. г. Москвы, на кафедре ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), где за период с августа 2018г по декабря 2019г было прооперировано 42 пациента (52,4% женщин и 47,6% мужчин) в возрасте от 33 до 78 лет (средний возраст $52 \pm 9,8$ лет) с обструктивной формой гипертрофической кардиомиопатии, SAM-синдромом и выраженной недостаточностью митрального клапана. Хирургическая коррекция гипертрофической кардиомиопатии в нашей когорте пациентов проводилась методом септальной миэктомии (n=41) и у 38 чел. (90,5%) в сочетании с пластикой митрального клапана митрального клапана, 1 больной было выполнено протезирование митрального клапана на механическим протезом. Статистическая обработка

полученных результатов исследования проводилась в программном обеспечении Microsoft Excel 2017 с использованием средних значений (M), достоверность определялась при помощи критерия Стьюдента, а ее критический уровень в данном исследовании принимали равным 0,05.

Результаты и обсуждение

Первоначальные хирургические усилия по лечению ГКМП были затруднены из-за отсутствия адекватной и четкой визуализации морфологии желудочков сердца, а также понимания анатомии обсуждаемой патологии [2].

Goodwin JF et al. [7] первыми описали хирургическую методику лечения гипертрофированной межжелудочковой перегородки, которая была выполнена Cleland WP в Лондоне 26 ноября 1958 года — во время операции аортальный клапан был в норме, но при пальпации субаортальной области была обнаружена обструкция выводящего тракта левого желудочка (ВТЛЖ) из-за «чрезвычайно увеличенной желудочковой перегородки» [2].

В 1960 году Morrow AG et al. [8] предложили собственную хирургическую методику лечения стеноза выводящего тракта левого желудочка с помощью субаортальной вентрикуломиотомии. [8] была выполнена косая аортотомия, и створки аортального клапана были втянуты, чтобы визуализировать обструктивную мышечную массу выводящего тракта левого желудочка. От вершины до кольца аорты делали надрез над наиболее заметной частью миокарда, выступающей в ВТЛЖ; этот начальный разрез иссекал эндокард и поверхностный мышечный слой и еще больше углубился тупым рассечением или «расщеплением» более глубоких мышц левым указательным пальцем на глубину 2–3 см [2, 19]. В дальнейшем Morrow AG [9] продолжал совершенствовать методику хирургического лечения ГКМП и к 1964 году он и его команда выполнили вентрикуломиотомию у 5 пациентов, а еще у 5 пациентов они объединили вентрикуломиотомию с частичной резекцией гипертрофированной мышцы [2]. У последних, в были сделаны параллельные поверхностные разрезы над наиболее заметной частью мышцы, разделенной расстоянием приблизительно 1 см; после разделения обоих разрезов при помощи рук, результирующая полоса ткани между разрезами была удалена, что привело к иссечению приблизительно от 1 до 2,5 граммов ткани [2]. Несмотря на свои первоначальные сомнения относительно необходимости резекции, Morrow A.G. et al. [10] продолжали частично резецировать гипертрофированную субаортальную мышцу еще у 15 пациентов, а к 1975 году ими было выполнено хирургическое

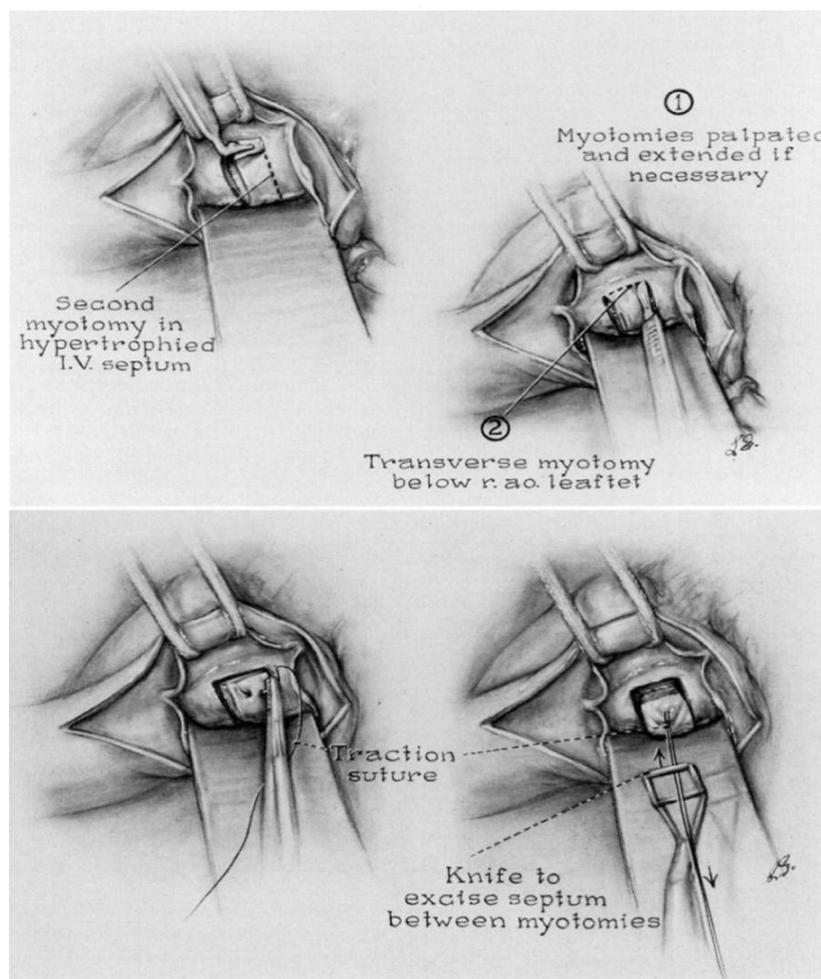


Рис. 1. Традиционная техника Morrow с использованием параллельных надрезов в гипертрофированной межжелудочковой перегородке (адаптировано из [2]).

лечение 83 пациента с ГКМП, используя метод параллельных разрезов с небольшими уточнениями его методики (рис. 1) [2].

В 1994 году Messmer V.J. et al. [11] представил концепцию расширенной септальной миэктомии при obstructивной форме ГКМП. Авторы выявили недостаток классической техники Morrow — неадекватная резекция дистальной перегородки из-за субоптимального воздействия [2]. Messmer V.J. et al. [11] предположили, что SAM-синдром и митральная недостаточность были вызваны чрезмерной гипертрофией и неправильным расположением папиллярных мышц, вызывающих смещение митральных створок в систолу. Поэтому Messmer V.J. et al. [11] предложили проверять митральный аппарат у каждого пациента, а их техника расширенной миэктомии включала освобождение любых вторичных прикреплений между стенкой левого желудочка и папиллярными мышцами, а также иссечение любой гипертрофированной мышцы.

Современная международная концепция хирургического лечения ГКМП все еще включает сопутствующее вмешательство на митральном клапане для устранения его недостаточности [2, 12, 13, 14]. Данная хирургическая манипуляция требуется у 11–20% пациентов, перенесших миэктомию [3]. У пациентов с выраженным удлинением створок митрального клапана и / или его недостаточностью (от средней до тяжелой степени) септальная миэктомия может сочетаться с одной из нескольких дополнительных процедур, включая замену митрального клапана, задне-верхнюю перестройку папиллярных мышц, частичное иссечение и мобилизация папиллярных мышц, пластика передней митральной створки [3]. Согласно результатам исследований Hong J.H. et al. [15], Wan C.K. et al. [16] и Weissler-Snir A. al. [17], в таких случаях, предпочтительнее является пластика митрального клапана, чем его замена, что связано с более высоким показателем выживаемости у этих пациентов. Безопасный и эффективный подход к интраоперационному лечению ассоциированной



Рис. 2. Септальная миоэктомия у обследованных пациентов (n=41).



Рис. 3. Иссечение обструкционного субстрата у обследованных пациентов с гипертрофической кардиомиопатии.



Рис. 4. Иссечение двух обструкционных субстратов у обследованных пациентов (n=11).

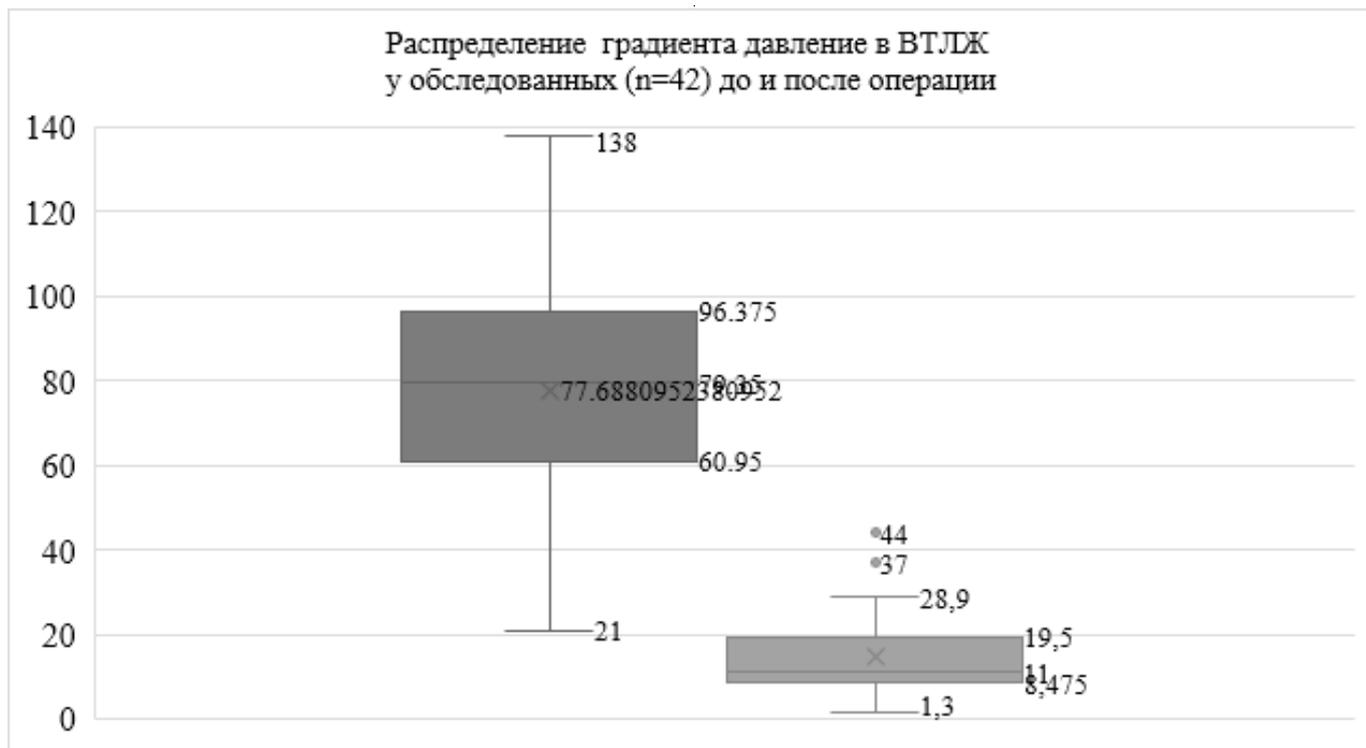


Рис. 5. Показатели группового распределения градиента давления в ВТЛЖ у обследованных (n=42) до и после хирургического лечения ГКМП.

митральной недостаточности заключается в том, чтобы сначала выполнить адекватную расширенную септальную миэктомию, остановить искусственное кровообращение, а затем повторно оценить аппарат митрального клапана с помощью интраоперационной чреспищеводной эхокардиографии [2].

Наиболее часто выполняемой хирургической процедурой, используемой для лечения обструкции выводного тракта при гипертрофической кардиомиопатии, остается миэктомия — резекция межжелудочковой перегородки (процедура Morrow) [3, 4]. В настоящее время, 5-летняя выживаемость после хирургического лечения ГКМП методом миэктомии достигает более 90%, а 10-летняя — более 80% [18, 19, 20, 21, 22]. Кроме того, по данным Altarabsheh et al. [23] частота повторных операций составила 8,8%, 12,2%, 21,3% и 27,3% через 5, 10, 15 и 20 лет соответственно.

В нашей когорте пациентов также была использована данная методика. При выполнении септальной миэктомии (рис. 2) среди обследованных пациентов (n=41) мы выполнили иссечение одного обструкционного субстрата (рис. 3) у 30 пациентов (73,2%) и у 11 чел. (26,8%) — двух (рис. 4). Вес иссеченного обструкционного субстрата варьировал от 1,23 гр. до 12,16 гр. и в среднем составлял $3,31 \pm 0,37$ гр.

Мы установили снижение массы левого желудочка на 17,0%, индекса массы левого желудочка — на 16,9% после проведенного хирургического лечения. Результаты анализа начального этапа ремоделирования левого желудочка обследованных пациентов после хирургического лечения свидетельствуют о достоверном увеличении его конечно-диастолического объема. Среднее значение конечно-диастолического объема после проведения хирургической коррекции гипертрофической кардиомиопатии у обследованных женщин (n=22) составляло $128,99 \pm 9,29$ мл, что было достоверно ($p < 0,05$) больше дооперационного показателя ($103,05 \pm 7,43$ мл). Следует отметить, что исследованный показатель достиг физиологического значения (более 104 мл) у пациенток нашей когорты. У обследованных мужчин также было документировано достоверное увеличение конечно-диастолического объема левого желудочка после проведенного хирургического лечения ($151,25 \pm 8,64$ мл и $123,35 \pm 8,01$ мл соответственно, $p < 0,05$), однако без достижения нормативного показателя (155 мл).

Градиент давления в ВТЛЖ у обследованных пациентов после хирургической коррекции варьировал от 5 мм.рт.ст до 26 мм.рт.ст. и его среднее значение составило $14,5 \pm 1,36$ мм.рт.ст, что было в 8,7 раз достоверно ниже дооперационного показателя ($77,7 \pm 4,7$ мм.рт.ст., $p < 0,05$).

Таблица 1. Дополнительные процедуры на митральном клапане (n=21)

Вид процедуры на митральном клапане	Абс.	%
Резекция патологической папиллярной мышцы	2	5,3
Резекция хорд второго порядка передней створки	18	47,3
Резекция тяжей между передней и задней папиллярными мышцами и межжелудочковой перегородки	16	42,1
Резекция дополнительной мышечной трабекулы	1	2,6
Резекция патологических мышечных трабекул	5	13,2
Пликация краевой зоны сегмента А2 передней створки	3	7,9
Шейвинг передней створки	1	2,6
Резекция патологической хорды	2	5,3

Примечание: % указан от общего числа пациентов, которым выполнялась септальная миэктомия в сочетании с пластикой митрально клапана (n=38).

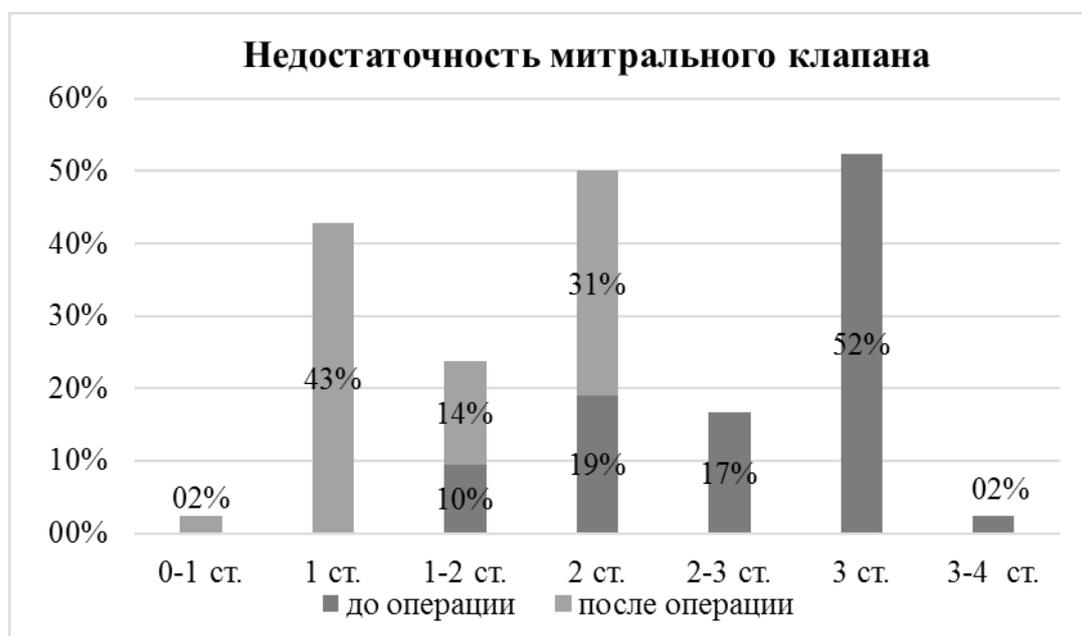


Рис. 6. Структура недостаточности митрального клапана у обследованных пациентов (n=42) до и после оперативного вмешательства.

На рис. 5. представлены показатели группового распределения градиента давления в ВТЛЖ у обследованных пациентов нашей когорты (n=42) до и после хирургического лечения ГКМП.

Следует отметить, что в послеоперационном периоде у всех обследованных пациентов (n=42, 100%) было констатировано разрешение SAM-синдрома. У 21 пациента (55,3%), которым выполнялась септальная миэктомия в сочетании с пластикой митрально клапана (n=38), было проведено 48 различных дополнительных процедур на митральном клапане при выполнении его пластики, вид и частота которых представлены в табл. 1.

После проведенной хирургической коррекции ГКМП мы выявили уменьшение степени митральной недостаточности, в том числе у трех пациентов, которым была выполнена исключительно септальная миэктомия без пластики МК. Результаты сравнительного анализа структуры митральной недостаточности у обследованных пациентов (n=42) до и после оперативного вмешательства свидетельствуют о ее перераспределении в послеоперационном периоде (рис. 7). Так, преимущественное количество пациентов (22 чел., 52,4%) до хирургической коррекции имели 3 степень недостаточности митрального клапана тогда, как в послеоперационном периоде — у наибольшей доли пациентов (42,9%, 18 чел.) констатирована 1 степень регургитации

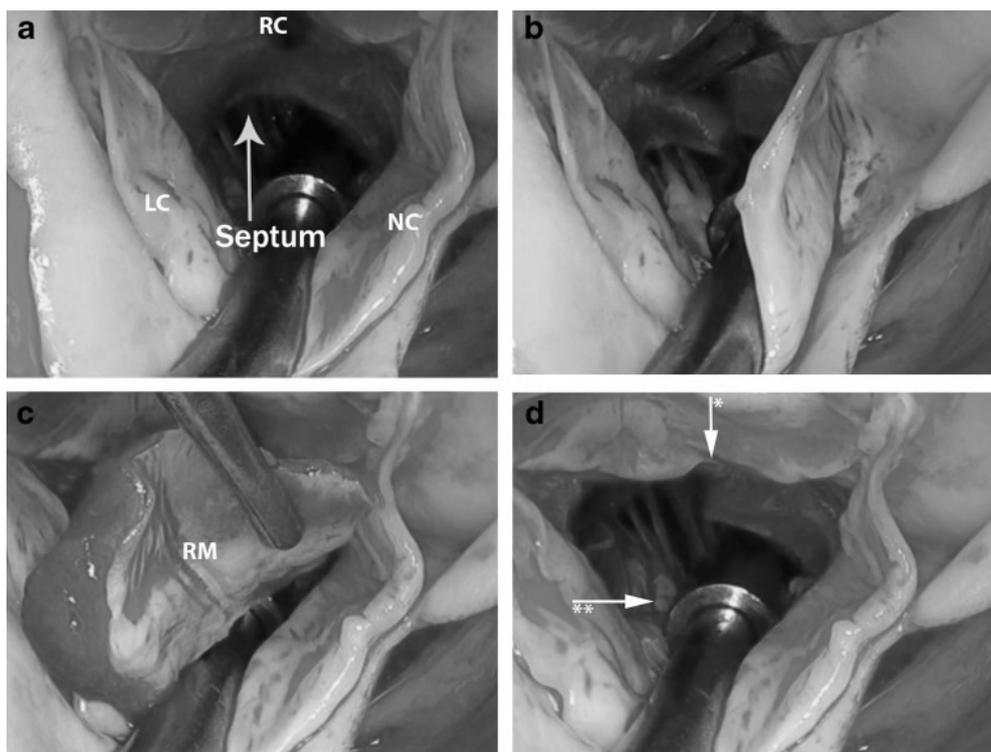


Рис. 7. Трансаортальная миэктомия. а — вид на межжелудочковую перегородку и обструкцию ВТЛЖ (обозначена белой стрелкой); правую коронарную створку (RC), левую коронарную створку (LC) и некоронарную створку (NC) аортального клапана. б — скальпель показывает надрез базальной части перегородки. в — удаление резецированной часть миокарда (PM) удаляется. д — вид межжелудочковой перегородки после миэктомии, без обструкции; правая коронарная створка аортального клапана (* белая стрелка); передняя створка митрального клапана (** белая стрелка).

на МК (рис. 6). Среди обследованных пациентов после хирургической коррекции ГКМП не было установлено случаев митральной недостаточности 2–3 ст., 3 ст. и 4 ст.

В нашей когорте после выполненного хирургического лечения ГКМП было установлено достоверное снижение ($p < 0,05$) количества обследованных пациентов с аортальной недостаточностью с 45,2% до 4,8% и трикуспидальной недостаточностью — с 90,5% до 54,8%. Пациенты находились в стационаре от 10 до 14 дней (средняя продолжительность — $10,8 \pm 0,23$ дней), все обследованные (100%) были выписаны в удовлетворительном состоянии через 6–8 дней после проведенного хирургического лечения (среднее — $6,9 \pm 0,11$ дней). Случаев госпитальной летальности не было установлено.

По данным литературы, основными хирургическими осложнениями являются атрио-вентрикулярная узловая блокада, дефект межжелудочковой перегородки и аортальная недостаточность, однако в опытных кардиохирургических центрах их частота составляет не более 2% [24, 25, 26, 27]. В нашей когорте пациентов

после проведенной резекции межжелудочковой перегородки и пластики митрального клапана осложнения в виде пароксизма фибрилляций предсердий были документированы 2 случаях (4,8%).

Cui B. et al. [29] провели ретроспективное исследование результатов миэктомии межжелудочковой перегородки у 76 пациентам в возрасте от 6 до 68 лет (в среднем: $37,18 \pm 15,85$ лет) с обструктивной формой гипертрофической кардиомиопатии и сопутствующими аномалиями митрального клапана, требующими его пластики или замены. После проведенного хирургического лечения авторы констатировали выраженное снижение градиента на выводящем тракте левого желудочка в состоянии покоя с $99,73 \pm 38,61$ до $23,55 \pm 16,53$ мм рт. ст. ($p < 0,001$), уменьшение средней толщины межжелудочковой перегородки с $26,23 \pm 5,24$ до $17,33 \pm 4,74$ мм. И снижение степени митральной недостаточности, а так же разрешение SAM-синдрома [28]. Ранняя послеоперационная летальность составила 5,3%. Причины смерти включали тяжелые желудочковые аритмии с низким сердечным выбросом, тяжелую острую почечную недостаточность, септический шок с острой

почечной дисфункцией и полный AV блок с низким сердечным выбросом. В период 18-летнего наблюдения случаев смерти зафиксировано не было. Cui B. et al. [29] считают, что миотомия-миэктомия межжелудочковой перегородки может быть успешно выполнена для тяжелой обструктивной формы ГКМП и митральной недостаточностью с низким уровнем заболеваемости и смертности и превосходной выживаемостью у подавляющего большинства пациентов. Представленные результаты подтверждают опубликованные ранее данные Ross R.E. et al. [22], которые также доказали, что хирургическая миэктомия обеспечивает превосходную выживаемость у пациентов с обструктивной гипертрофической кардиомиопатией, аналогичную выживанию здоровой популяции.

Некоторые хирурги выступают за минимально инвазивный подход к септальной миэктомии [2, 29, 30, 31]. Mazine A. et al. [28] описывают трансаортальную миэктомию с помощью правой передней парастеральной мини-торакотомии (рис. 7). Однако, Hang D. et al. [2] отмечают, что у пациентов как с субаортальной, так и со средней желудочковой обструкцией, или со сложной гипертрофией перегородки длинного сегмента, остаточная средняя межжелудочковая обструкция может сохраняться при выполнении только трансаортального доступа. Чтобы предотвратить остаточную обструкцию у этих пациентов, авторы предлагают объединять трансаортальную и трансапикальную септальную миэктомию [2]. Согласно данным Hang D. et al. [2], эта хирургическая методика использовалась в течение последних 15 лет в клинике Майо, и было доказано эффективность и безопасность описанного комбинированного подхода для пациентов со сложной субаортальной и срединно-желудочковой обструкцией. Кроме того, такая хирургическая методика позволяет увеличить небольшую полость левого желудочка у па-

циентов с диастолической сердечной недостаточностью [2].

Заключение

За последние полвека был достигнут огромный прогресс методов хирургического лечения гипертрофической кардиомиопатии, которые развивались от простой миотомии или удаления ограниченной мышцы в точке максимальной гипертрофии до современного метода расширенной септальной миэктомии, который применим практически ко всем взрослым пациентам с ГКМП и субаортальной обструкцией. «Золотым стандартом» хирургического лечения для симптоматических пациентов с обструктивной формой гипертрофической остается резекция межжелудочковой перегородки, при этом современная международная концепция также включает сопутствующее вмешательство на митральном клапане для устранения его недостаточности, что и было выбрано в качестве методов лечения в нашей когорте пациентов. Представленные нами данные свидетельствуют о хороших результатах хирургической коррекции обструктивной формы гипертрофической кардиомиопатии и недостаточности митрального клапана, а выбранный метод и объем резекции обструкционного субстрата является оптимальным для адекватного восстановления гемодинамики. Выбранная тактика лечения обструктивной формы гипертрофической кардиомиопатии у пациентов с SAM-синдромом и выраженной недостаточностью митрального клапана позволила выписать пациентов в удовлетворительном состоянии уже через 6–8 дней после проведенного хирургического вмешательства. Хирургические методы продолжают развиваться, о чем свидетельствует разработка комбинированного подхода к комплексной гипертрофии перегородок с длинными сегментами, а также минимально инвазивных подходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Teare D. Asymmetrical hypertrophy of the heart in young adults. // *Br Heart J* 1958;20:1–8.
2. Hang D., Anita Nguyen, Hartzell V. Schaff. Surgical treatment for hypertrophic cardiomyopathy: a historical perspective. *Ann Cardiothorac Surg* 2017;6(4):318–328
3. Elliott P.M., Anastakis A., Borger M.A. et al. 2014 ESC guidelines on diagnosis and management of hypertrophic cardiomyopathy: the task force for the diagnosis and management of hypertrophic cardiomyopathy of the European society of cardiology (ESC). // *Eur Heart J*. 2014; 35:2733–2779.
4. Marian A.J., Braunwald E. Hypertrophic Cardiomyopathy
5. Maro E.E., M. Janabi, R. Kaushik Clinical and echocardiographic study of hypertrophic cardiomyopathy in Tanzania. // *Trop Doct*, 36 (2006), pp. 225–227.
6. Husser D, Ueberham L, Jacob J, et al. Prevalence of clinically apparent hypertrophic cardiomyopathy in Germany-An analysis of over 5 million patients. // *PLoS One*. 2018;13(5): e0196612.
7. Ageev Ф.Т. и соавт. Клинические рекомендации по диагностике и лечению кардиомиопатий (гипертрофическая). // *Евразийский кардиологический журнал* — № 3. — 2014 г. — с. 5–2.
8. Frye RL, Kincaid OW, Swan HJ, et al. Results of surgical treatment of patients with diffuse subvalvular aortic stenosis. *Circulation* 1965;32:52–7.
9. Morrow AG, Brockenbrough EC. Surgical treatment of idiopathic hypertrophic subaortic stenosis: technic and 26. hemodynamic results of subaortic ventriculomyotomy. // *Ann Surg* 1961;154:181–9.

10. Morrow AG, Lambrew CT, Braunwald E. Idiopathic hypertrophic subaortic stenosis. II. Operative treatment and the results of pre- and postoperative hemodynamic evaluations. *Circulation* 1964;30: Suppl 4:120–51.
11. Morrow AG, Fogarty TJ, Hannah H 3rd, et al. Operative treatment in idiopathic hypertrophic subaortic stenosis. Techniques, and the results of preoperative and postoperative clinical and hemodynamic assessments. // *Circulation* 1968;37:589–96.
12. Messmer BJ. Extended myectomy for hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *Ann Thorac Surg* 1994;58:575–7.
13. Desai MY, Smedira NG, Bhonsale A, et al. Symptom assessment and exercise impairment in surgical decision making in hypertrophic obstructive cardiomyopathy: Relationship to outcomes. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2015;150:928–35.e1.
14. Wang S, Luo M, Sun H, et al. A retrospective clinical study of transaortic extended septal myectomy for obstructive hypertrophic cardiomyopathy in China. *Eur J Cardiothorac Surg* 2013;43:534–40.
15. Kuć M, Kolsut P, Róžański J, et al. Extended myectomy in the treatment of patients with hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *Kardiochirurgia Pol* 2016;13:300–4.
16. Hong JH, Schaff HV, Nishimura RA, et al. Mitral Regurgitation in Patients With Hypertrophic Obstructive Cardiomyopathy: Implications for Concomitant Valve Procedures. *J Am Coll Cardiol* 2016;68:1497–504.
17. Wan CK, Dearani JA, Sundt TM 3rd, et al. What is the best surgical treatment for obstructive hypertrophic cardiomyopathy and degenerative mitral regurgitation? // *Ann Thorac Surg* 2009;88:727–31; discussion 731–2.
18. Weissler-Snir A, Adler A, Rakowski H. MV Surgery as Adjunct to Surgical Myectomy for Obstructive HCM: Less Is More Than Enough. *J Am Coll Cardiol* 2016;68:1505–8.
19. Maron, BJ, Dearani, JA, Ommen, SR Low operative mortality achieved with surgical septal myectomy: role of dedicated hypertrophic cardiomyopathy centers in the management of dynamic subaortic obstruction. *J Am Coll Cardiol* 2015; 66: 1307–1308.
20. Wu JJ, Seco M, Medi C, et al. Surgery for hypertrophic cardiomyopathy. *Biophys Rev*. 2015;7(1):117–125.
21. Sedehi D, Finocchiaro G, Tibayan Y, et al. Long-term outcomes of septal reduction for obstructive hypertrophic cardiomyopathy. *J Cardiol*. 2015 Jul;66(1):57–62.
22. Iacovoni A, et al. A contemporary European experience with surgical septal myectomy in hypertrophic cardiomyopathy. *Eur Heart J*. 2012;33:2080–2087.
23. Ross RE, Sherrid MV, Casey MM, Swistel DG, Balam SK. Does surgical relief of obstruction improve prognosis for hypertrophic cardiomyopathy? *Prog Cardiovasc Dis*. 2012 May-Jun;54(6):529–34.
24. Фоменко М.С. Хирургическое лечение обструктивной гипертрофической кардиомиопатии с митральной недостаточностью. // Автореферат дисс. на соискание науч. ст. к. мед. н. — Новосибирск. — 2016.
25. Gutermann, H, Pettinari, M, Van Kerrebroeck, C Myectomy and mitral repair through the left atrium in hypertrophic obstructive cardiomyopathy: the preferred approach for contemporary surgical candidates? *J Thorac Cardiovasc Surg* 2014; 147: 1833–1836
26. Quintana, E, Schaff, HV, Dearani, JA. Transapical myectomy for septal hypertrophy not accessible through the aortic root. *World J Pediatr Congenit Heart Surg* 2015; 6: 455–457.
27. Redaelli, M, Poloni, CL, Bichi, S, Esposito, G. Modified surgical approach to symptomatic hypertrophic cardiomyopathy with abnormal papillary muscle morphology: septal myectomy plus papillary muscle repositioning. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2014; 147: 1709–1711.
28. Parry DJ, Raskin, RE, Poynter, JA Short and medium term outcomes of surgery for patients with hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *Ann Thorac Surg* 2015; 99: 1213–1219.
29. Cui B, Wang S2, Xu J2, Wang W2, Song Y2, Sun H2, Zheng Z2, Lv F2, Xiong H2. The surgical management of hypertrophic obstructive cardiomyopathy with the concomitant mitral valve abnormalities. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2015 Dec;21(6):722–6.
30. Mazine A, Ghoneim A, Bouhout I, et al. A Novel Minimally Invasive Approach for Surgical Septal Myectomy. *Can J Cardiol* 2016;32:1340–7.
31. Khalpey Z, Korovin L, Chitwood WR Jr, et al. Robot-assisted septal myectomy for hypertrophic cardiomyopathy with left ventricular outflow tract obstruction. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2014;147:1708–9.

© Ю. Юаньбин (youyuanbing66@foxmail.com), Косенков Александр Николаевич (alenkos@rambler.ru),

Е. Хаожань (yehaorandc@gmail.com), Белов Юрий Владимирович (reccardio@med.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

Al-Duheidahawi Murtadha Ahmed Luti — PhD student, Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin, Saratov, Russia
Murtazalute7@gmail.com

AL-Nasrawi Faris Hazim abdulsada — PhD student, Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin, Saratov, Russia
farisiraq21@gmail.com

Amoa Kouadio-kan Armel Geafroy — Graduate student, Voronezh State Technical University (VSTU), Voronezh
amoa.armel@gmail.com

Andreichenko D. — Professor, Doctor of Sciences in Physics and Mathematics, Saratov State University
kp_andreichenko@renet.ru

Averianov S. — Doctor of Medicine, Professor, "Bashkirian State Medical University" (Ufa)
sergei_aver@mail.ru

Bakhshaliyeva K. — Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Institute of Microbiology Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan
konul.baxsh@mail.ru

Bazhenov P. — Graduate student, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Perm National Research Polytechnic University"
pabazhenov@yahoo.com

Becker E. — Kirov SMU MOH Russia
katrinshisha@mail.ru

Belov Yu. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician, Russian Academy of Medical Sciences, Petrovskiy Russian Research Center of Surgery, Moscow
reccardio@med.ru

Berezhanskiy P. — M.D., Ph.D., Morozovskaya Children's City Clinical, Hospital, Russian Federation
p.berezhanskiy@mail.ru

Beslekov U. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, North Ossetian State Medical Academy
Kafedrachirurgii0101@mail.ru

Bikkinina G. — MD, The Bashkir State Medical University, Ufa

Bloshchinskiy V. — Postgraduate, Pacific National University, Khabarovsk
vladkms94@mail.ru

Bogadelshchikova E. — RTU MIREA
bogadelshikova@list.ru

Cherkesova L. — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Don State Technical University
chia2002@inbox.ru

Chernysheva E. — Associate Professor, Doctor of Medical Sciences, Astrakhan State Medical University

Chubarov F. — Candidate of Engineering Sciences, Russian agrarian University – Moscow state agricultural Academy named after K.A. Timiryazev
fedor1966chub@yandex.ru

Dvoryansky S. — PhD, Professor, Kirov SMU MOH Russia
kf1@kirovgma.ru

Efimova V. — Postgraduate student, ITMO University, Russia, St. Petersburg
valeryefimova@gmail.com

Efimova V. — Postgraduate student at ITMO University, Russia, St. Petersburg
valeryefimova@gmail.com

Emelyanova D. — Ph.D., Kirov SMU MOH Russia
Emelyanova.Darja@yandex.ru

Fasykhov A. — Graduate student, Kazan State Power Engineering University

Filchenkov A. — Ph.D., ITMO University, Saint-Petersburg
afilchenkov@itmo.ru

Gagarina L. — Doctor of Technical Sciences, Professor,
National Research University of MIET
cpintex@yandex.ru

Gaiduk I. — National Research University of MIET
igolgai@mail.ru

Gainullina L. — Candidate of Technical Sciences, Kazan
State Power Engineering University

Gatina G. — Dagestan State Medical University,
Makhachkala
guzel-gatina@list.ru

Gerashenkova T. — Doctor of Economic Sciences,
professor, Federal State-Funded Educational Institution of
Higher Education «Bryansk State Technical University»
gerash-tatyana@yandex.ru

Golikov A. — Senior Lecturer, Bauman Moscow State
Technical University, Kaluga Branch
gas@bmstu.ru

Golodkov Y. — Candidate of Technical Sciences, The
Irkutsk National Research Technical University (Irkutsk)
yrg27@mail.ru

Goncharova A. — PhD in Physics and Mathematics,
Senior Teacher, Saint Petersburg State University
a.goncharova@spbu.ru

Gulahmadov S. — Doctor of Biological Sciences, Baku
State University
sahib66@rambler.ru

Kanonir G. — PhD student, ITMO University (Saint-
Petersburg)
kanonirs@gmail.com

Karelova O. — Doctor of Physical and Mathematical
Sciences, Associate Professor, Moscow State Linguistic
University, The Russian Presidential Academy of National
Economy and Public Administration (Moscow)
okarelova@yandex.ru

Kashurin L. — RTU MIREA
OtSpec17L10@outlook.com

Kildebekova R. — MD, The Bashkir State Medical
University, Ufa

Kolpak E. — Professor, Saint Petersburg State University
st006751@spbu.ru

Kopylov D. — Graduate student, Institute of Computer
Technologies and Information Security of Southern Federal
University, Taganrog
dv.kopilov@gmail.com

Kosenkov A. — Doctor of Medical Sciences, Hospital
Surgery Institute of Clinical Medicine, Petrovskiy Russian
Research Center of Surgery, Moscow
alencos@rambler.ru

Kotilevets I. — Senior Lecturer, RTU MIREA
ikotilevets@gmail.com

Kupriyanov A. — Doctor of biological sciences, professor,
Chief Researcher of the Kuzbass Botanical Garden of the
Federal Scientific Center for Coal and Coal Chemistry,
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Kemerovo
Kupr-42@yandex.ru

Kupriyanov O. — Candidate of biological sciences,
researcher of the Kemerovo branch Institute of
Computational Technologies SB RAS, Kemerovo
Kuproa@gmail.com

Kuzmichev B. — Candidate of Medical Sciences,,
Astrakhan State Medical University

Lagosha R. — Kirov SMU MOH Russia
kf1@kirovvgma.ru

Larionova E. — Doctor of Chemical Sciences, The Eastern
Siberia Institute of the Ministry of the Interior of the
Russian Federation (Irkutsk)
lari555@mail.ru

Lazareva M. — Bachelor degree, Moscow State Linguistic
University
shameless@list.ru

Lazarev S. — Doctor of Medicine, "Bashkirian State Medical University" (Ufa)
lazarew@yandex.ru

Le Tkhu Chang — Assistant, "Bashkirian State Medical University" (Ufa)
trang020595@gmail.com

Manakov Yu. — Doctor of Biological Sciences, Deputy Director for Science, Siberian Federal Scientific Center agrobiotechnologies RAS, Krasnoobsk
Manakov@sfscs.ru

Mochalova A. — Candidate of medical Science, Joint Stock Company "MEDSI GROUP" Clinical Hospital №1, T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University
denisovaas@mail.ru

Montina I. — Candidate of Biological Sciences, Omsk State Pedagogical University
imontina@mail.ru

Nefedova L. — Ph.D., Kuban State Medical University
lorich11@mail.ru

Nikitin A. — Candidate of Pedagogic Sciences, "Kaluga technical College"
anikitin74@yandex.ru

Novikov P. — PhD, Moscow Aviation Institute (national research University)
novikov.mai@mail.ru

Osipova A. — Doctor of Department No. 1 of the State Medical Institution No. 3 named after S.M. Kirov, Astrakhan State Medical University

Ospischeva E. — Kirov SMU MOH Russia
eva.aleksandrovna.1999@mail.ru

Pavlicheva E. — Ph. D. of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Education and Science of the City of Moscow, Moscow
enpav@rambler.ru

Pimanov A. — Technical Institute (branch), Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov, Neryungri

Plakhov S. — Ph.D., Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch
sa.plahov@yandex.ru

Pleskacheva O. — Candidate of Pedagogical Sciences, associate professor, Bryansk State Technical University, Russia, Bryansk
pleskacheva@inbox.ru

Pliev S. — Graduate student, North Ossetian State Medical Academy
plionbg@yandex.ru

Pohorukova M. — Technical Institute (branch), Northeastern Federal, University named after M.K. Ammosov, Neryungri
maria.pokhorukova@gmail.com

Popov E. — Doctor of Medical Sciences Professor, Astrakhan State Medical University

Prokofiev O. — Senior Lecturer, St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg
vs4141@mail.ru

Pruss B. — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Bryansk State Technological University of Engineering Russia, Bryansk
prussbor@gmail.com

Rashidova S. — Cardiologist, functional diagnostician, Republican perinatal center, Khasavyurt
9876887@mail.ru

Revyakin A. — Don State Technical University
pianonafromhell@gmail.com

Revyakina E. — Ph.D., Don State Technical University
revyelena@yandex.ru

Romanov V. — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Bryansk State Technological University of Engineering, Russia, Bryansk
vromanov62@mail.ru

Romashkova O. — Doctor of Engineering, Professor, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Moscow
ox-rom@yandex.ru

Safronchik M. — Postgraduate, Saratov State University
safronchikmi@yandex.ru

Samdanov G. — Adjunct, Academy of Management of the Ministry of Internal Affairs of Russia (Moscow)
03russia@gmail.com

Sanakoev A. — Undergraduate, North Caucasian State Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), Vladikavkaz
sanakoev.alibek@gmail.com

Shalamov V. — Postgraduate student, ITMO University, Russia, St. Petersburg
sslavian812@yandex.ru

Shatilov D. — Engineer researcher, Federal Scientific Center Coal and Coal Chemistry SB RAS, Kemerovo
Dimson42@gmail.com

Shishov V. — RTU MIREA
shishov265@gmail.com

Sholeninov M. — RTU MIREA
medvedsholeninov@gmail.com

Shutov V. — Postgraduate student, assistant, RTU MIREA
shutov@mirea.ru

Sinyukova Yu. — Graduate student, Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education «Bryansk State Technical University»
ulya16-96@mail.ru

Sultanova O. — Assistant, Astrakhan State Medical University
oksana.sultanova@mail.ru

Timerbaeva A. — Candidate of Technical Sciences, Kazan National Research Technological University
fara.388@mail.ru

Tomaev M. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, North Caucasian State Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), Vladikavkaz
tmxwork@mail.ru

Tsara S. — Doctor of Medical Sciences, North Ossetian State Medical Academy
Tsarokh@mail.ru

Tsekhomsky A. — Kuban State Medical University
aastartov12@mail.ru

Tsvetkov V. — Master, Bryansk State Technological University of Engineering, Russia, Bryansk
hooher32@yandex.ru

Tutygin V. — PhD, associate professor, St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg

Vardikyan A. — Postgraduate student, The Bashkir State Medical University, Ufa
Asya-vardikyan@mail.ru

Ye Haoran — Graduate student, Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow
yehaorandc@gmail.com

Yengibaryan I. — Ph.D. Don State Technical University
eirina@live.ru

You Yuanbing — Graduate student, Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow
youyuanbing66@foxmail.com

Ziganshina L. — Bashkir State Medical University, Russia, Ufa
lz.ziganshina85@mail.ru

Zulfigarova V. — Teacher, Odlar Yurdu University (Baku)
nazarli.vusala@gmail.com

Zulkarneeva E. — Candidate of Medical Sciences, Bashkir State Medical University, Russia, Ufa
zulkarneeva.elmira@yandex.ru

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 допускаются.
- ◆ 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).