

# СОДЕРЖАНИЕ

## МЕДИЦИНА И ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

<i>Елисеева А. Р., Ончина В. С., Никольская М. В., Воробьева Е. А., Григорьева А. К.</i> МУЛЬТИСИСТЕМНЫЙ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫЙ СИНДРОМ (КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ) .....	3
<i>Лукьяненко Д. А., Юртаева А. О.</i> СОМАТОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕВУШЕК г. ПЕНЗЫ .....	9
<i>Горячева Е. В., Корецкая Е. А., Илюнина О. О.</i> МОРФОЛОГИЯ КОСТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНОГО СУСТАВА .....	14
<i>Алимов Н. В., Саямова Л. И., Хромова А. А., Олейников В. Э.</i> ДИНАМИКА ЛАБОРАТОРНЫХ ПАРАМЕТРОВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛОКАЛЬНОЙ ЖЕСТКОСТИ У БОЛЬНЫХ ИНФАРКТОМ МИОКАРДА НА ФОНЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ГИПОЛИПИДЕМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ .....	19
<i>Девликамова А. Х., Никольская М. В., Свистунова Н. В., Курташкина Я. В.</i> НАБЛЮДЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С ГЕПАТИТОМ D В УСЛОВИЯХ ДНЕВНОГО СТАЦИОНАРА.....	25
<i>Мишин В. А., Мурзаева К. Ю., Милтых И. С., Зак С. С.</i> ВЛИЯНИЕ SARS-CoV-2 НА ФИЗИОЛОГИЮ ФОРМИРОВАНИЯ ВКУСОАРОМАТИЧЕСКИХ ОЩУЩЕНИЙ.....	30
<i>Никольская М. В., Ханфар Язан Ахмад Мохаммад Лутфи, Анненкова О. В., Лесина О. Н., Воробьева Е. А.</i> СЛУЧАЙ ГЕМОРРАГИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ВЕТРЯНОЙ ОСПЫ .....	39

## ЭКОНОМИКА, СОЦИОЛОГИЯ, ПРАВО

<i>Ермачкова О. А.</i> ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СОТРУДНИКОВ ПОЛИЦИИ .....	44
<i>Никитина Ю. В.</i> ПРИЧИНЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ «АУЕ» СРЕДИ НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИХ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ .....	51
<i>Яшин А. В., Фролова Т. А.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ КИБЕРПРЕСТУПЛЕНИЯМ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....	58
<i>Канунник А. И., Русяева Ю. О.</i> СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ КРИМИНАЛИСТИЧЕСКОЙ ОДОРОЛОГИИ .....	63

**Алёшкина Е. А.**

ЗАЩИТА ПРЕДПРИЯТИЯ ОТ НЕЗАКОННОГО РАЗГЛАШЕНИЯ СВЕДЕНИЙ,  
СОСТАВЛЯЮЩИХ КОММЕРЧЕСКУЮ, НАЛОГОВУЮ ИЛИ БАНКОВСКУЮ ТАЙНУ,  
В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ..... 68

**Лесникова Е. И.**

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ЗАЩИТА СОТРУДНИКОВ ПОЛИЦИИ В РФ И ЧЛЕНОВ ИХ СЕМЕЙ....73

**Дружинина А. А., Пивцаева В. П., Рыжова А. А.**

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТМЕНЫ  
И ИЗМЕНЕНИЯ НОТАРИАЛЬНО УДОСТОВЕРЕННОГО ЗАВЕЩАНИЯ ..... 79

### **АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

**Медведик М. Ю., Дюньдяева А. А., Поплевина В. Н., Давыдова Э. М.**

МЕТОД ПЕРЕМЕННОСТИ ЗНАКА ДЛЯ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ  
АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ..... 84

**Медведик М. Ю., Барышева А. Д., Демидова А. П., Мекаева В. А., Акашкина Ю. А.**

НАХОЖДЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ МАТРИЦЫ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА  
ПЕРЕМЕННОСТИ ЗНАКА ..... 92

**Кондырев О. В.**

РЕШЕНИЕ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ГЕЛЬМГОЛЬЦА  
С НЕЛИНЕЙНЫМИ УСЛОВИЯМИ СОПРЯЖЕНИЯ ..... 99

### **ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ, УПРАВЛЕНИЕ**

**Киселева М. А., Захарова П. И., Карташова Е. Д., Муйземнек А. Ю.**

СОПОСТАВЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ФОРМ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ  
ИЗ СИММЕТРИЧНЫХ И СБАЛАНСИРОВАННЫХ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИТОВ  
ПРИ РАСТЯЖЕНИИ ..... 105

**Земляков Д. В., Макеева Г. С., Борисов Н. А.**

ТЕРАГЕРЦОВЫЕ ТРАНСИВЕРЫ И АНТЕННЫ НА ПЛАТФОРМЕ ГРАФЕНОВОЙ  
ПЛАЗМОНИКИ ..... 113

**Иванов А. Д.**

СИСТЕМА АДАПТИВНОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОИНТЕРФЕЙСА ..... 121

**Майоров Р. С., Бождай А. С.**

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА  
ИЗОБРАЖЕНИЙ НА МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЕ ANDROID ..... 127

**Утушкина Е. В.**

ВЫБОР СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТОВ МОУШН-ДИЗАЙНА ..... 135

# МЕДИЦИНА И ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

УДК 616.98

## МУЛЬТИСИСТЕМНЫЙ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫЙ СИНДРОМ (КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ)

А. Р. Елисеева<sup>1</sup>, В. С. Ончина<sup>2</sup>,  
М. В. Никольская<sup>3</sup>, Е. А. Воробьева<sup>4</sup>, А. К. Григорьева<sup>5</sup>

<sup>1,2,3</sup> Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

<sup>4,5</sup> Пензенский областной клинический центр  
специализированных видов медицинской помощи, Пенза, Россия

<sup>1</sup>nastya.eliseeva@mail.ru

<sup>2</sup>veronikaonchina@gmail.com

<sup>3</sup>missmarina1956@yandex.ru

<sup>4</sup>svmp@penzadom.ru

<sup>5</sup>babonkina2015@yandex.ru

**Аннотация.** Отражены данные литературы и собственное клиническое наблюдение мультисистемного воспалительного синдрома у ребенка шести месяцев. Изучение мультисистемного воспалительного синдрома является одной из актуальных и малоизученных проблем современной инфектологии, наблюдение и анализ течения заболевания представляют интерес для врачей различных специальностей. Представленный клинический случай демонстрирует трудности диагностического поиска, в результате которого было назначено адекватное лечение, приведшее к выздоровлению ребенка.

**Ключевые слова:** детский мультисистемный воспалительный синдром, клиника, диагностика

**Для цитирования:** Елисеева А. Р., Ончина В. С., Никольская М. В., Воробьева Е. А., Григорьева А. К. Мультисистемный воспалительный синдром (клиническое наблюдение) // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 2. С. 3–8.

### **Введение**

Появление новой коронавирусной инфекции – одно из самых значимых событий в современной медицине. Изучение этого инфекционного заболевания сопровождалось как перестройкой системы здравоохранения, так и активным научным поиском новых методов диагностики и лечения. В настоящее время накоплен огромный материал, отражающий все аспекты клинических и лабораторных синдромов новой коронавирусной инфекции. COVID-19 поражает как взрослых, так и детское население, но, как правило, у детей эта нозология протекает легче и редко требуется стационарное лечение [1, 2].

Но на фоне в основном нетяжелой формы болезни в научных публикациях, начиная с 2020 г., стали появляться сообщения о развитии у некоторых детей мультисистемного воспалительного синдрома (МВС), протекающего с высокой лихорадкой [3]. По мнению большинства ученых, наблюдающих эту патологию, мультисистемный воспалительный синдром у детей («*pediatric inflammatory multisystem syndrome*», PIMS-TS или «*multisystem inflammatory syndrome in children*» – в англоязычных публикациях) является подобием цитокинового шторма при COVID-19 у взрослых [3]. Сейчас уже известны сведения более чем о 600 подобных случаях развития МВС с несколькими летальными исходами [3, 4]. Клинические проявления МВС в ряде случаев сходны с клиникой болезни Kawasaki, а также некоторые исследователи отмечают сходство с первичным и вторичным гемофагоцитарным синдромом [5]. Данные синдромы обусловлены повышением активности иммунной системы, происходит значительное повышение уровней провоспалительных цитокинов, таких как фактор некроза опухоли, интерлейкины: 1, 2, 6, 8 и 10, гранулоцитарного колоний-стимулирующего фактора, моноцитарного хематрактивного протеина. Одновременно увеличивается концентрация и факторов воспаления – С-реактивного белка и ферритина сыворотки. Повышение уровней этих факторов может сопровождаться развитием дистресс-синдрома и полиорганной недостаточности [6, 7]. Если подобное состояние быстро распознано и приняты адекватные терапевтические меры, то большинство детей выживают. Но, к сожалению, никто пока не может прогнозировать последствия перенесенного МВС [7].

Согласно российским и зарубежным рекомендациям определение МВС основано на шести основных показателях: педиатрический возраст, постоянная лихорадка, наличие лабораторных маркеров воспаления, проявление признаков или симптомов органной дисфункции, отсутствие альтернативного диагноза и временная связь с инфекцией COVID-19 или контакт [6]. Согласно Российским клиническим рекомендациям при МВС лихорадка обычно высокая, длительная (до 1–2 недель), воспаление охватывает различные органы и системы органов. В процесс вовлекаются сердечно-сосудистая система (с развитием миокардита, коронарита, перикардита, аневризм коронарных артерий), дыхательная (вплоть до развития респираторного дистресс-синдрома), почки (развитие острой почечной недостаточности), желудочно-кишечный тракт (диарея, рвота, боль в животе, поражение печени). Возможно развитие экзантемы, поражения глаз (конъюнктивит, склерит), часто наблюдаются лимфаденопатия и отечность дистальных отделов конечностей. У некоторых больных отмечают поражение центральной нервной системы. При очень тяжелом течении мультисистемного воспалительного синдрома возможно развитие шока, полиорганной недостаточности и сепсиса. Лабораторными маркерами МВС являются повышение СОЭ, прокальцитонина, лактатдегидрогеназы, трансаминаз, С-реактивного белка, повышение уровня лейкоцитов с лимфопенией, интерлейкина-6, ферритина, D-димера, тромбоцитопения, повышенный уровень натрийуретического пептида В-типа [6, 8]. Лечение мультисистемного воспалительного синдрома включает в себя назначение антикоагулянтов, дексаметазона, тоцилизумаба, иммуноглобулина человеческого нормального, ацетилсалициловой кислоты, антибиотиков при наличии бактериальных осложнений. В настоящее время не до конца изучены все аспекты развития этого тяжелого проявления болезни, нет однозначного ответа на вопрос, является МВС осложнением или проявлением новой коронавирусной инфекции, но известно, что другие коронавирусы могут провоцировать развитие болезни Kawasaki у детей [6, 8, 9].

Таким образом, изучение мультисистемного воспалительного синдрома является одной из актуальных и малоизученных проблем современной инфектологии, наблюдение и анализ течения заболевания представляют интерес для врачей различных специальностей. Представленный клинический случай демонстрирует трудности диагностиче-

ского поиска, в результате которого было назначено адекватное лечение, приведшее к выздоровлению ребенка.

Проведен анализ истории болезни ребенка (УФ 003-У), госпитализированного в Пензенский областной клинический центр специализированных видов медицинской помощи в январе 2023 г., с мультисистемным воспалительным синдромом. Больной М., шесть месяцев, находился на стационарном лечении с 10.01.2023 по 03.02.2023 (24 койко-дня). Поступил в боксированное отделение 10.01.2023 с жалобами (со слов мамы) на фебрильную температуру тела, малопродуктивный кашель и общую слабость. Данные эпидемиологического анамнеза: дядя пациента (с которым был контакт) перенес COVID-19 за 2–3 недели до заболевания ребенка. Из анамнеза известно, что заболел остро 09.01.2023 утром, когда повысилась температура тела до 39 °С, осмотрен участковым педиатром и назначено лечение: ибупрофен, свечи виферон, фенистил, лизобакт; 10.01.2023 температура сохранялась на фебрильных цифрах, отказывался от еды. Осмотрен ЛОР-врачом 09.01.2023: патологии не выявлено; 10.01.2023 в связи с фебрильной температурой вызвали бригаду СМП, от предложенной госпитализации отказались. В этот же день повторно осмотрен педиатром, к лечению добавлены орошение зева растворами антисептиков, кипферон в свечах ректально; 10.01.2023 в 15:00 мама отмечает однократную рвоту, обильную, съеденной пищей, в последующие часы – позывы на рвоту. Повторно вызвали СМП, доставлен в приемное отделение ГБУЗ ПОКЦ СВМП.

При поступлении состояние средней степени тяжести. В сознании. Ребенок вялый, капризный. Менингеальных симптомов на момент осмотра нет. Кожные покровы обычной окраски, отеков нет. На лице, туловище, верхних и нижних конечностях пятнисто-розеолозные элементы сыпи, умеренно зудящие. Большой родничок 2×2 см, на уровне костных краев. Тургор кожи снижен. Кожная складка расправляется за 1 с. Слизистые суховатые. Периферические лимфоузлы не увеличены. Зев умеренно гиперемирован. В легких дыхание жесткое, хрипов нет. Сатурация – 99 %. ЧДД – 28/мин. Тоны сердца ясные, ритмичные, шумы не выслушиваются. АД – 90/60 мм рт. ст., ЧСС – 148/мин. Живот мягкий, безболезненный, при пальпации урчит. Печень + 1,5 см из-под края реберной дуги, селезенка не пальпируется. Со слов мамы: стул разжиженный, кашицей, без патологических примесей. Симптомов раздражения брюшины на момент осмотра нет. Диурез достаточный. За время нахождения в стационаре отмечались ежедневные подъемы температуры до фебрильных цифр (до 39–40 °С), отмечались высыпания на 2-й, 3-й день болезни по типу крапивницы (зудящая экзантема), беспокоил кашель (сначала сухой, грубый, затем влажный, малопродуктивный).

В стационаре были проведены лабораторные и инструментальные исследования, получены следующие данные: ПЦР на коронавирус (ребенка и матери), ПЦР на вирусы гриппа А и В – отрицательный результат; мазок на ПЦР из зева/носа на респираторные вирусы – выявлена РНК респираторно-синтициального вируса (RS-вируса).

Результаты клинических и биохимических анализов крови представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1

**Динамика показателей клинического анализа крови**

Показатели	11.01.2023	15.01.23	20.01.2023	26.01.2023	02.02.2023
1	2	3	4	5	6
Гемоглобин, г/л	103	81	82	99	113
Эритроциты, 10 <sup>12</sup> /л	4,39	3,45	3,51	4,16	4,53
Тромбоциты, 10 <sup>9</sup> /л	246	185	284	670	343
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> /л	14,27	11,25	11,47	21,16	7,31
Юные нейтрофилы, %			1	1	
П/ядерные, %	5	2	5	1	
С/ядерные, %	71	65	69	44	3

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
Эозинофилы, %		1			4
Базофилы, %					1
Лимфоциты, %	14	20	16	49	57
Моноциты, %	10	12	8	5	8
СОЭ, мм/ч	10	48	58	47	20

Таким образом, в анализах крови выявлены умеренно выраженная анемия, лейкоцитоз (17-й день болезни), тромбоцитоз (17-й день болезни), ускорение СОЭ.

Таблица 2

**Результаты биохимического анализа крови**

Показатель	11.01.2023	15.01.2023	19.01.2023	21.01.2023
Мочевина, ммоль/л	4,7	1,7	1,8	2,6
Креатинин, мкмоль/л	51	23,59	9,1	13,8
Глюкоза, ммоль/л		6,6	5,85	6,14
Билирубин общий, мкмоль/л	9,6	2,36	1,8	2,2
Билирубин прямой, мкмоль/л	2,8	0,46	1,6	0,6
Билирубин не прямой, мкмоль/л	6,8	1,90	0,2	1,6
АЛТ, ЕД/л	33	66,3	22,5	18,0
АСТ, ЕД/л	62,7	24,8	17,8	26,7
а-амилаза, ЕД/л	33,6	39	18,7	
СРБ, мг/л	31,81	80,5	21,24	7,66
ЩФ, ммоль/л	197,6	121	90,1	
ЛДГ, ЕД/л			295,4	318,9
Сывороточное железо, ЕД/л		443		

Газовый состав крови от 11.01.2023 и 15.01.2023: Na – 138,5–137,4 ммоль/л, Cl – 101,6–104,7 ммоль/л, Ca – 1,308–1,177 ммоль/л, K – 4,55–3,76 ммоль/л. Анализ крови на прокальцитонин: 0,31–0,1–0,06 нг/мл. Анализ крови на ферритин: 291,8–230,5–200,2 нг/мл. Анализ крови на D-димер: 2119–1729 нг/мл. Анализ крови от 21.01.2023: тропонин <0,1 нг/мл, КФК <2,0 ед/л, миоглобин <20,0 мкг/л, ИЛ – 6–1,3 пг/мл, натрийуретический пептид В-типа NTproBNP – 19,6 пг/мл. Группа крови, резус-фактор и фенотипирование от 16.01.2023: АВ(IV)Rh+ CeDEeK – отрицательный. Кровь на стерильность от 23.01.2023, 25.01.2023, 26.01.2023: отрицательная. Показатели коагулограммы представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Динамика показателей коагулограммы**

Показатель	16.01.2023	24.01.2023	26.01.2023	28.01.2023
ПТВ, с	15,4	14,5	14,0	13,6
МНО	0,89	0,95	1,04	1,01
АЧТВ, с	76,5	23,9	26,9	27,4
Протромбин по Квику, %	133	110	95,4	99,0
Фибриноген, г/л	2,36	3,19	2,32	3,25

Методом ИФА исследована кровь на антитела к вирусу Эпштейн – Барр, цитомегаловирус, вирусные гепатиты В и С, герпес-вирусы 1-го и 2-го типов, *Chlamydothyla*

*pneumoniae*, *Mycoplasma pneumoniae* – результаты отрицательные. Методом ПЦР также не обнаружены нуклеиновые кислоты вирусов Эпштейн – Барр, цитомегаловируса, вирус герпеса 6-го типа. В клинических анализах мочи однократно обнаружены бактерии (++) , лейкоциты 4–6 в поле зрения. Исследование испражнений методом ПЦР на шигеллы, кампилобактер, сальмонеллы, эшерихии (EIEC, EAgEC, EPEC), аденовирус, ротавирус, астровирус, норовирус также не дало положительных результатов. При ультразвуковом исследовании органов брюшной полости выявлена гепатоспленомегалия, при выполнении ЭХО-КТ убедительных данных за дилатацию коронарных артерий не выявлено. Рентгенологическое исследование органов грудной полости – без патологии.

Пациенту было проведено следующее лечение: антибактериальная терапия (цефтриаксон, меропенем), сорбенты, иммуномодулирующая терапия (виферон), дезинтоксикационная терапия кристаллоидами, противогрибковые препараты. Несмотря на проводимое лечение сохранялась лихорадка, воспалительные изменения в анализах крови. Высказано предположение о развитии у ребенка мультисистемного воспалительного синдрома на основании критериев этой нозологической формы (длительная лихорадка >38 °С, нейтрофилез, лимфопения, анемия, повышение СОЭ, высокий уровень СРБ, D-димера, ферритина, наличие дыхательной дисфункции (кашель), дисфункции почек, дисфункция пищеварительной системы (повторная рвота, гепатоспленомегалия), поражение кожи (пятнисто-розеолезные элементы сыпи), контакт с больным коронавирусной инфекцией (анализ на COVID-19 отрицательный)). В комплекс лечения добавлены иммуноглобулин человека нормальный (двукратно) и дексаметазон в/в. Отмечена быстрая положительная динамика – снижение температуры, купирование кашля, тенденция к нормализации лабораторных показателей. Выписан в удовлетворительном состоянии под наблюдение участкового педиатра, ревматолога, гематолога.

### **Заключение**

Таким образом, ребенку был выставлен диагноз: «Острая респираторно-синтициальная вирусная инфекция, тяжелой степени тяжести. Мультисистемный воспалительный синдром. Контакт по коронавирусной инфекции» с учетом клинических и лабораторных особенностей. Своевременно поставленный диагноз и назначение препаратов иммуноглобулина позволили купировать воспалительные изменения и вылечить ребенка.

Появление новых заболеваний требует от врачей, и, прежде всего, врачей первичного звена, знания клинических и эпидемиологических особенностей новых болезней, постоянного вдумчивого мониторинга всех проявлений, наблюдаемых у больных, изменение привычных схем обследования пациентов с включением новых современных лабораторных и инструментальных методов исследования, проведения тщательного, порой очень трудного дифференциального диагноза и использования адекватных мер лечения.

### **Список литературы**

1. Александрович Ю. С., Байбарина Е. Н., Баранов А. А. [и др.]. Ведение детей с заболеванием, вызванным новой коронавирусной инфекцией (SARS-CoV-2) // Педиатрическая фармакология. 2020. Т. 17, № 2. С. 103–118. URL: <https://doi.org/10.15690/pf.v17i2>
2. Centers for Disease Control and Prevention. Emergency preparedness and response: health alert network. URL: <https://emergency.cdc.gov/han/2020/han00432.asp> (дата обращения: 01.02.2023).
3. Мультисистемный воспалительный синдром у детей и подростков с COVID-19. Всемирная организация здравоохранения (опубл. 15 мая 2020 г.). URL: [www.who.int](http://www.who.int)
4. Huang C., Wang Y., Li X., Ren L. [et al.]. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China // Lancet. 2020. № 395. P. 497–506. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30183-5

5. Баранов А. А., Намазова-Баранова Л. С., Таточенко В. К. [и др.]. Обзор клинических рекомендаций по болезни/синдрому Kawasaki // Педиатрическая фармакология. 2017. Т. 14, № 2. С. 9–99. doi: 10.15690/pf.v14i2.1723

6. Кантемирова М. Г., Новикова Ю. Ю., Овсянников Д. Ю. [и др.]. Детский мультисистемный воспалительный синдром, ассоциированный с новой коронавирусной инфекцией (COVID-19): актуальная информация и клиническое наблюдение // Педиатрическая фармакология. 2020. Т. 17, № 3. С. 219–229. doi: <https://doi.org/10.15690/pf.v17i3.2126> 219-229

7. Особенности клинических проявлений и лечения заболевания, вызванного новой коронавирусной инфекцией (COVID-19) : метод. рекомендации. Версия 2 (03.07.2020). URL: <https://static-3.rosminzdrav.ru>

8. World Health Organization. Multisystem inflammatory syndrome in children and adolescents with COVID-19. URL: <https://www.who.int/publications-detail/multisystem-inflammatory-syndrome-in-children-and-adolescents-with-covid-19> (дата обращения: 11.12.2022).

9. Esper F., Shapiro E. D., Weibel C. [et al.]. Association between a novel human coronavirus and Kawasaki disease // J. Infect Dis. 2005. № 191. P. 499–502.

### ***Информация об авторах***

***Елисеева Анастасия Романовна***, студентка, Пензенский государственный университет

***Ончина Вероника Сергеевна***, студентка, Пензенский государственный университет

***Никольская Марина Викторовна***, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры «Микробиология, эпидемиология и инфекционные болезни», Пензенский государственный университет

***Воробьева Елена Александровна***, заведующий отделением, Пензенский областной клинический центр специализированных видов медицинской помощи

***Григорьева Анастасия Константиновна***, врач, Пензенский областной клинический центр специализированных видов медицинской помощи

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

## СОМАТОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕВУШЕК г. ПЕНЗЫ

Д. А. Лукьяненко<sup>1</sup>, А. О. Юртаева<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

<sup>1</sup>lukjanenkodanila@yandex.ru

<sup>2</sup>alisa4561@icloud.com

**Аннотация.** Актуальность и цели. Данное исследование проводилось с целью определения соматометрических особенностей девушек 16–20 лет, родившихся в период 1999–2004 гг. и постоянно проживающих в г. Пензе. **Материалы и методы.** В исследование включены 110 российских студенток в возрасте 16–20 лет, родившихся и постоянно проживающих в г. Пензе. Соматометрия проводилась по методике В. В. Бунака (1941) стандартным инструментарием. Было исследовано 13 линейных, обхватных антропометрических показателей, в том числе массы тела. Для оценки антропометрических данных использовались индексы Пинье, Кетле II, Эрисмана и Таннера. **Результаты и выводы.** Для пензенских девушек в целом характерны нормостенический тип телосложения (58,18 % случаев), нормальная масса тела (71,82 % случаев), узкая грудная клетка (70,91 % случаев) и гинекоморфия (50,91 % случаев). Полученные в ходе исследования результаты свидетельствуют о региональных соматометрических особенностях пензенских студенток.

**Ключевые слова:** соматометрия, тип телосложения, физическое развитие

**Для цитирования:** Лукьяненко Д. А., Юртаева А. О. Соматометрические особенности девушек г. Пензы // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 2. С. 9–13.

### Введение

Характерной особенностью нашей страны является наличие различных климато-географических регионов, постоянное проживание в которых накладывает отпечаток на физическое развитие, особенно в юношеском возрасте, так как данный период жизни человека, как правило, не характеризуется наличием тяжелых хронических заболеваний, вызывающих значительные изменения соматометрии [1–3]. Использование метода антропометрии позволяет определить конституциональные особенности жителей регионов определенных возрастных категорий, формируя таким образом картину общественного здоровья населения [4, 5]. Кроме того, исследование женской части населения способствует определению групп здоровья и профилактике возможных заболеваний, связанных с изменением телосложения [6]. Исходя из вышесказанного анализ соматометрических региональных особенностей лиц юношеского возраста приобретает важное значение в профилактической медицине [7].

В связи с этим целью данного исследования было изучение соматометрических особенностей девушек 1999–2004 гг. рождения, уроженок г. Пензы.

### Материалы и методы

Объектами исследования являлись 110 девушек, гражданок Российской Федерации в возрасте от 16 до 20 лет, родившихся в 1999–2004 гг. и проживающих в г. Пензе, студенток Пензенского государственного университета.

Для настоящего исследования была проведена соматометрия с использованием методики В. В. Бунака стандартным антропометрическим набором инструментов [8]. Исследовали и зафиксировали результаты измерений 13 линейных и обхватных показателей, в том числе масса тела, в специальные антропометрические бланки. С целью оценки типов телосложения были использованы индексы Пинье, Кетле II, Эрисмана и Таннера [9, 10]. Все полученные результаты исследования были подвергнуты статистической обработке с помощью программы IBM SPSS Statistics v25, в частности, проводилась проверка на нормальность распределения с помощью одновыборочного критерия Колмогорова – Смирнова при уровне значимости  $p < 0,05$ .

### **Результаты исследования и обсуждение**

Статистическая обработка данных показала, что все значения линейных, обхватных соматометрических параметров и массы тела имели неравномерное распределение, за исключением длины бедра ( $p > 0,05$ ). Таким образом, рост стоя обследуемых лиц составил 166,00(162,00; 171,00) см, ширина плеч 38,00 (36,00; 39,00) см, межребневой диаметр таза 29,00 (27,00; 29,00) см, поперечный диаметр грудной клетки 26,00(25,00; 27,00) см. Такие показатели, как окружность грудной клетки, окружность талии и масса тела, составили 83,00 (79,00; 88,00) см, 68,00 (64,00; 74,00) см и 58,00 (52,00; 63,20) кг, соответственно (табл. 1).

Таблица 1

#### **Линейные и обхватные размеры девушек**

Показатели	Min	Max	M±m/ Me (Q1;Q3)
Рост стоя, см	154,00	186,00	166,00(162,00; 171,00)
Масса тела, кг	43,00	96,50	58,00 (52,00; 63,20)
Длина плеча, см	26,50	40,00	33,00 (31,00; 35,00)
Длина предплечья, см	20,00	32,00	26,00 (24,50; 27,00)
Длина кисти, см	15,00	19,50	17,00 (16,50; 18,00)
Ширина плеч, см	32,00	45,00	38,00 (36,00; 39,00)
Окружность грудной клетки, см	70,00	109,50	83,00 (79,00; 88,00)
Окружность талии, см	57,00	99,00	68,00 (64,00; 74,00)
Поперечный диаметр грудной клетки, см	23,00	40,00	26,00(25,00; 27,00)
Межребневой диаметр таза, см	24,00	45,00	29,00 (27,00; 29,00)
Длина бедра, см	32,00	60,00	43,84±0,6
Длина голени, см	30,00	50,00	39,00 (37,38; 42,00)
Высота стопы, см	4,00	11,00	6,25 (6,00; 7,28)

По результатам вычисления индекса Пинье девушки с нормостеническим типом телосложения встречались в 58,18 % случаев, реже отмечался астенический тип (32,73 % случаев), всего 10 девушек из выборки имели пикнический тип телосложения (9,09 %) (рис. 1).

Распределение жительниц Пензы по индексу массы тела показало, что абсолютное большинство имело нормальную массу тела (71,82 %), лица с недостаточной массой тела встречались в 3,8 раза реже, 10 человек из выборки имели лишний вес (8,18 % с избыточной массой тела и 0,91 % с ожирением, соответственно) (рис. 2).

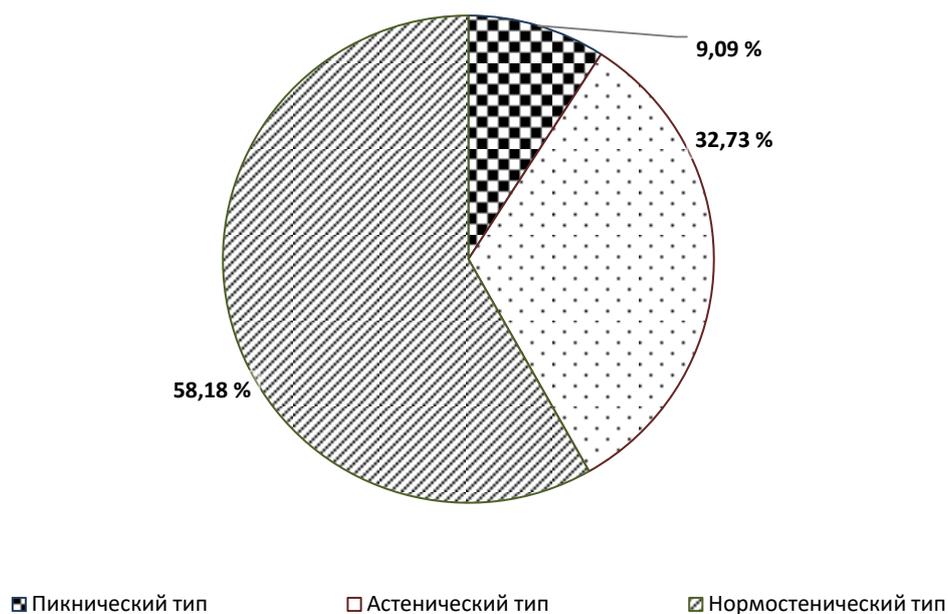


Рис. 1. Распределение девушек по индексу Пинье

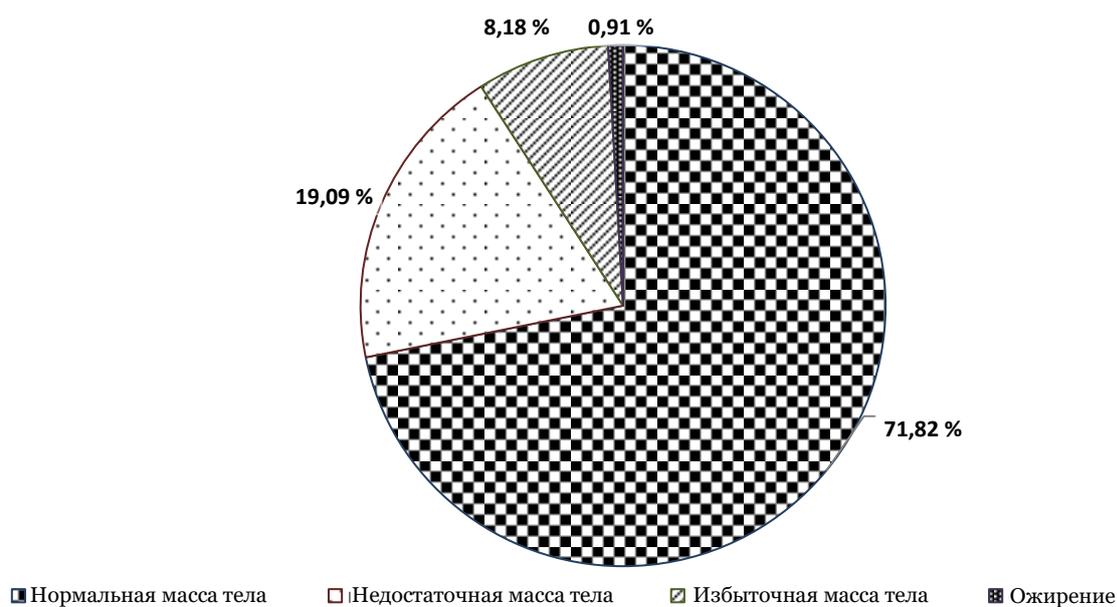


Рис. 2. Распределение девушек по индексу Кетле II

Для оценки пропорциональности развития грудной клетки использовался индекс Эрисмана; так, узкую грудную клетку имело преобладающее большинство обследуемых (70,91 %); пятую часть выборки составили обладательницы широкой грудной клетки (20 %), реже отмечались лица с пропорциональной грудной клеткой (9,09 %) (рис. 3).

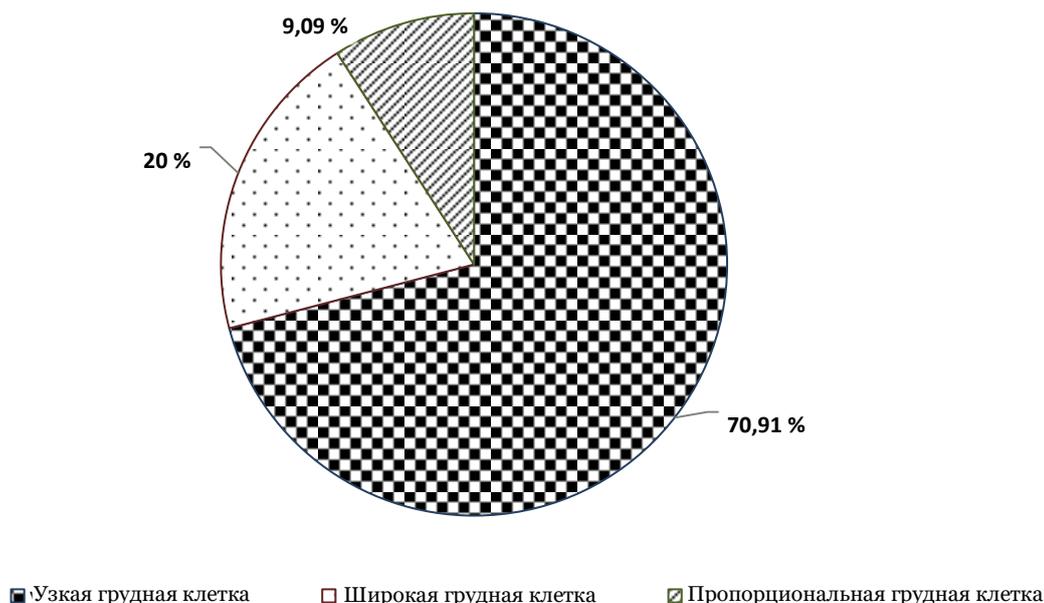


Рис. 3. Распределение девушек по индексу Эрисмана

Согласно вычисленным результатам индекса Таннера 50,91 % лиц соответствовали своему полу, однако отмечается высокая (47,27 %) доля мезоморфов, при этом лишь в 1,82 % отмечалась андроморфия (рис. 4).

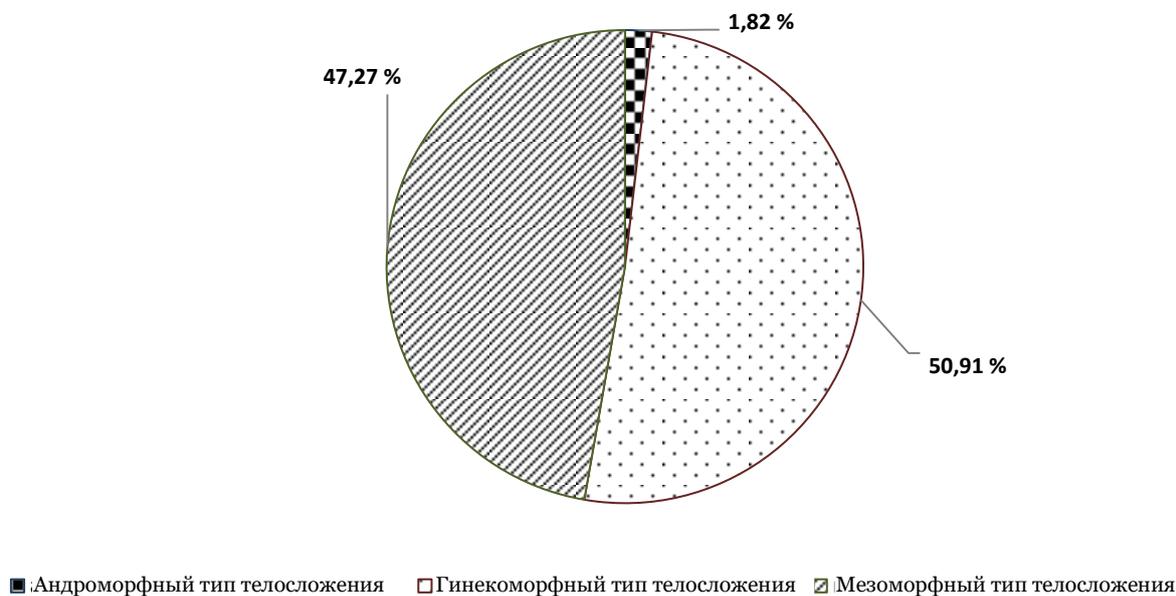


Рис. 4. Распределение девушек по индексу Таннера

### **Заключение**

Таким образом, для уроженок г. Пензы характерны нормостенический тип телосложения, нормальная масса тела, узкая грудная клетка и гинекоморфный тип телосложения. Результаты настоящего исследования дополняют имеющиеся данные о соматометрическом профиле современных российских студентов юношеского возраста.

### **Список литературы**

1. Алексеева В. А., Гурьева А. Б. Антропометрические параметры девушек Якутии с позиции центильного анализа // Сознание. 2020. Т. 22, № 11. С. 70–73.
2. Davis E. M., Zyzanski S. J., Olson C. M. [et al.]. Racial, ethnic, and socioeconomic differences in the incidence of obesity related to childbirth // Am. J. Public Health. 2009. Vol. 99, № 2. P. 294–299.
3. Колокольцев М. М., Лумнова О. М., Лебединский В. Ю. Некоторые показатели физического развития девушек юношеского возраста Прибайкалья // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2011. № 4. Ч. 1. С. 225–229.
4. Изатулин В. Г., Карабинская О. А., Лебединский В. Ю. [и др.]. Особенности физического развития юношей с учетом их этнических различий // Сибирский медицинский журнал. 2018. № 152. С. 28–33.
5. Каверин А. В., Щанкин А. А., Щанкина Г. И. Влияние факторов среды на физическое развитие и здоровье населения // Вестник Мордовского университета. 2015. № 25. С. 87–97.
6. Торшин В. И., Якунина Е. Б., Северин А. Е. [и др.]. Влияние климатогеографических условий на антропометрические и функциональные показатели у студентов // Экология человека. 2012. № 9. С. 23–25.
7. Николаев В. Г., Николаева Н. Н., Синдеева Л. В., Николаева Л. В. Антропологическое обследование в клинической практике. Красноярск : Версо, 2007. 173 с.
8. Бунак В. В., Нестурх М. Ф., Рогинский Я. Я., Бунак Б. В. Антропология. Краткий курс. М., 1941. 376 с.
9. Мартиросов Э. Г., Николаев Д. В., Руднев С. Г. Технологии и методы определения состава тела человека. М. : Наука, 2006. 247 с.
10. Сапин М. Р., Никитюк Б. А. Антропологические подходы в анатомии человека // Морфология. 1992. № 5. С. 7–18.

### **Информация об авторах**

**Лукьяненко Данила Александрович**, старший преподаватель кафедры «Анатомия человека», Пензенский государственный университет

**Юртаева Алиса Олеговна**, студентка, Пензенский государственный университет

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

УДК 616

## МОРФОЛОГИЯ КОСТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНОГО СУСТАВА

Е. В. Горячева<sup>1</sup>, Е. А. Корецкая<sup>2</sup>, О. О. Илюнина<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

<sup>1</sup>Alen85ka@yandex.ru

<sup>2</sup>Kat3974@ya.ru

<sup>3</sup>olya.ilunina@yandex.ru

**Аннотация.** Височно-нижнечелюстной сустав (ВНЧС) является важной морфофункциональной структурой человека. Несмотря на сходство с другими суставами, ВНЧС имеет свои особенности, обусловленные воздействием различных факторов функционального и патологического характера. Эллипсоидная форма ямки, располагающаяся ниже скулового отростка и впереди от наружного слухового прохода, практически в три раза превышает размеры суставной головки. Высотные параметры суставной ямки меньше горизонтальных, причем указанные величины варьируют в широком диапазоне. Установленные особенности заслуживают детального изучения этого сочленения даже у людей с физиологической окклюзией. Морфология височно-нижнечелюстного сустава играет большую роль в одной из важнейших систем в жизнедеятельности человека. Клиницисты различных специальностей длительное время задаются вопросами по морфологическим особенностям, функциям и диагностическим особенностям височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС). Однако литературные данные по данной проблеме очень противоречивы и сообщают о единых представлениях анатомии височно-нижнечелюстного сустава в норме.

**Ключевые слова:** височно-нижнечелюстной сустав, суставной бугорок височной кости, нижняя челюсть

**Для цитирования:** Горячева Е. В., Корецкая Е. А., Илюнина О. О. Морфология костных элементов височно-нижнечелюстного сустава // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 2. С. 14–18.

Е. Ю. Симановская и соавторы (2002) утверждают, что височно-нижнечелюстной сустав обеспечивает разнообразные перемещения нижней челюсти, все элементы ВНЧС функционируют одновременно и являются одним комбинированным сочленением [1].

По мнению А. С. Артюшкевича (2014), особенности морфологии височно-нижнечелюстного сустава приводят нижнюю челюсть в различные движения, а именно: в горизонтальной, вертикальной и сагиттальной плоскостях [2].

П. М. Егоров (1986) определяет височно-нижнечелюстной сустав функциональным центром жевательного аппарата [3].

Височно-нижнечелюстной сустав состоит из головки нижней челюсти, нижнечелюстной ямки, суставного бугорка височной кости, суставного диска и капсулы сустава. Костными элементами височно-нижнечелюстного сустава являются головка нижней челюсти, нижнечелюстная ямка и суставной бугорок височной кости. Головка нижней челюсти состоит из мышцелкового отростка, расположенного на вершине узкой шейки нижней челюсти. Он составляет от 15 до 20 мм в поперечном направлении и от 8 до 10 мм в переднезаднем [4].

М. Г. Гайворонская и соавторы (2014) исследовали формы головок нижней челюсти и показали, что в изученной выборке чаще всего встречалась овальная форма головки – в 59,9 %, бобовидная – в 33,4 %, конусовидная – в 6,7 % [5].

В другом своем исследовании М. Г. Гайворонская и соавторы (2018) провели сравнительную оценку морфометрических параметров головки нижней челюсти при нормальном и аномальном видах прикуса, с полной сохранностью целостности зубного ряда, при котором сагиттальный диаметр головки нижней челюсти при ортогнатическом прикусе составил  $12,7 \pm 0,4$  мм, а при открытом прикусе  $9,3 \pm 0,5$  мм [6].

Головка нижней челюсти по сравнению с другими элементами височно-нижнечелюстного сустава в основном представлена губчатой костью. Деформация головки нижней челюсти и участки склерозирования губчатой кости могут наблюдаться при ряде патологических процессов. Передне-верхний участок головки покрыт хрящом. Нижние отделы головки имеют плавный переход в шейку мышцелкового отростка. Шейка суставного отростка, по мнению В. В. Коннова и соавторов, в основном состоит из компактного вещества, построенного по типу трубчатой кости [7].

По данным В. Н. Гинали (1966), А. М. Соколова (2000), суставная поверхность головки покрыта тонким слоем гиалинового хряща и надхрящницей до 25-летнего возраста. В старшем возрасте он замещается слоем типичного волокнистого хряща [8, 9].

По данным Е. А. Петрова (2003), нижнечелюстная ямка представляет собой эллипсовидную вогнутость, располагающуюся на височной кости. Спереди она отграничена задней поверхностью суставного бугорка височной кости. Суставное возвышение височно-нижнечелюстного сустава диктует путь и тип движения мышцелково-дискового комплекса [10].

Р. J. Hinton (1981) в своем исследовании отметил, что при рождении суставное возвышение отсутствует, это делает первые месяцы жизни единственным периодом, в котором нижняя челюсть совершает только движения вперед или в стороны. Следует отметить, что суставное возвышение развивается полностью в постнатальном периоде [11].

Р. Pirttiniemi et al. (1990) пришли к выводу, что на развитие суставного возвышения больше влияют функциональные нагрузки, чем морфологические особенности лица [12].

А. Demirjian (1967) доказал, что на рост и форму суставного бугорка в большей степени влияют функциональные нагрузки, чем генетические особенности формы лица [13].

Однако, А. Ikai et al. (1997), В. Ingervall (1974) выяснили в своих исследованиях, что на рост и наклон суставного бугорка влияют морфологические особенности лица [14, 15].

По данным В. Ю. Курляндского (1977) формы суставного бугорка подразделяются на плоские, средние и крутые [16].

G. Elias et al. (2002) доказали, что крутой наклон суставного возвышения может предрасполагать к дисфункции височно-нижнечелюстного сустава. В норме развитие угла наклона суставного возвышения демонстрирует симметричный характер роста (растет очень быстро, достигая почти половины размера своего взрослого значения к двухлетнему возрасту). Наклон суставного бугорка быстро меняется до завершения смены молочных зубов, достигая 45 % от своего взрослого значения. К 10 годам размер суставного бугорка составляет 70–72 % от полноценного размера, а к 20 годам развитие суставного возвышения составляет 90–94 %. Морфология суставного возвышения связана с определенными типами лица [17].

Н. М. Михельсон (1954) доказал, что высота суставного возвышения варьируется от 5 до 15 мм [18].

По мнению J. P. Okeson (1998), форма суставного возвышения имеет огромное значение в определении мышцелкового пути [19].

A. Isberg, P. L. Westesson (1998) отмечают, что при опускании нижней челюсти задняя ротация диска более заметна в суставах с более крутым суставным бугорком, чем в суставах с плоским суставным возвышением [20].

T. Deguchi et al. (1998) определили, что ориентация и траектория движения мышелка во время функциональных движений нижней челюсти определяют наклон суставного возвышения. Морфология и наклон суставного бугорка являются одним из факторов, предрасполагающих к смещению диска [21].

E. G. Katsavrias et al. (2005) доказали, что нормальное значение угла наклона суставного возвышения составляет 30–40°. Суставные возвышения со значениями угла наклона менее 30° характеризуются как плоские суставные возвышения, а со значениями угла наклона суставного возвышения более 60° – как крутые. Значения наклона суставного возвышения у взрослых должны варьироваться от 30 до 60°, однако значения наклона суставного возвышения ниже 30° или выше 60° могут приводить к смещению диска в височно-нижнечелюстном суставе [22].

Нижнечелюстная ямка сзади отграничена барабанной частью височной кости, снаружи – ножкой скулового отростка височной кости, внутри – латеральным краем отростка основной кости. Ширина и глубина суставной ямки различны, причем поперечный диаметр ямки намного больше продольного размера [23].

J. S. Quirch et al. (1965) доказали, что с возрастом глубина нижнечелюстной ямки уменьшается, что связано с ремоделированием костных структур сустава в ответ на жевательные нагрузки [23].

Согласно исследованиям G. Touré et al. (2005) и H. J. Blackwood (1966), форма и размер нижнечелюстной ямки изменяются в течение всей жизни, что связано с состоянием зубов [24, 25].

F. Meng et al. (2008) установили: чем меньше угол наклона суставного бугорка височной кости, тем меньше глубина нижнечелюстной ямки [26].

Большинство авторов научной литературы (K. Yamada et al. (2004), G. Galante et al. (1995), T. R. Jasinevicius et al. (2006)) отмечают зависимость повышенной стираемости зубов и уплощения нижнечелюстной ямки [27–29].

Таким образом, анализ отечественной и зарубежной литературы показал, что костные элементы суставной области имеют выраженную индивидуальную изменчивость, различные размерные характеристики, возрастные и половые различия элементов височно-нижнечелюстного сустава при физиологической окклюзии.

### **Список литературы**

1. Симановская Е. Ю., Болотова М. Ф., Няшин Ю. И. Адаптация зубочелюстной системы человека к изменяющимся жевательным усилиям // Российский журнал биомеханики. 2002. № 2. С. 51–62.
2. Артюшкевич А. С. Заболевания височно-нижнечелюстного сустава // Современная стоматология. 2014. № 1. С. 11–12.
3. Егоров П. М., Карапетян И. С. Болевая дисфункция височно-нижнечелюстного сустава. М. : Медицина, 1986. С. 126.
4. Жулев Е. Н., Ершов П. Э., Ершова О. А. Топографическая анатомия головок нижней челюсти у пациентов с мышечно-суставной дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава и аномалиями прикуса // Вятский медицинский вестник. 2017. № 3. С. 96–99.
5. Гайворонская М. Г., Гайворонский И. В., Иорданишвили А. К. [и др.]. Сравнительная характеристика морфометрических параметров суставных поверхностей височно-нижнечелюстного сустава у взрослого человека при различных видах прикуса // Человек и его здоровье. 2014. № 1. С. 19–23.

6. Гайворонская М. Г., Гайворонский И. В., Шашков В. А., Семенова А. А. Особенности изменения формы и размеров головки нижней челюсти при аномальных прикусах и потере зубов // Человек и его здоровье. 2018. № 1. С. 93–98.
7. Коннов В. В., Музурова Л. В., Соловьева М. В. Рентгенологическая характеристика височно-нижнечелюстного сустава у лиц с ортогнатическим прикусом и дистальной окклюзией // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. 2009. № 3. С. 26–30.
8. Гинали В. Н. Изменения височно-челюстного сустава при потере зубов. Ташкент, 1966. 75 с.
9. Соколов А. М. О патологии височно-нижнечелюстного сустава. М., 2000. 230 с.
10. Петров Е. А. Комплексное лечение больных с синдромом дисфункции височно-нижнечелюстного сустава и остеохондрозом позвоночника : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Иркутск, 2003. 24 с.
11. Hinton R. J. Form and function in the temporomandibular joint // Craniofacial Biology / Center for Human Growth and Development. 1981. № 10. P. 37–60.
12. Pirttiniemi P., Kantomaa T., Ronning O. Relation of glenoid fossa to craniofacial morphology, studied on dry human skulls // Acta Odontol Scand. 1990. № 48. P. 359–364.
13. Demirjian A. A study of the morphology of the glenoid fossa // Natl. Museum Canada Bull. 1967. № 206 P. 1–25.
14. Ikai A., Sugisaki M., Young-Sung K., Tanabe H. Morphologic study of the mandibular fossa and the eminence of the temporomandibular joint in relation to the facial structures // Am J. Orthod. Dentofacial Orthop. 1997. № 112. P. 634–638.
15. Ingervall B. Relation between height of the articular tubercle of the temporomandibular joint and facial morphology // Angle Orthod. 1974. № 44. P. 15–23.
16. Курляндский В. Ю. Взаимоотношение альвелярных гребней беззубых челюстей, различных видов прикуса // Ортопедическая стоматология. М., 1977. С. 353–358.
17. Elias G., Katsavrias E. G. Changes in articular eminence inclination during the craniofacial growth period // Angle Orthod. 2002. № 72. P. 258–264.
18. Михельсон Н. М. Патология челюстного сустава в связи с особенностями анатомического строения отдельных его компонентов // Стоматология. 1954. № 4. С. 25–31.
19. Okeson J. P. Management of Temporomandibular disorders and occlusion. 4<sup>th</sup> ed. St. Louis, Mo: Mosby-Year Book, 1998. P. 127–146.
20. Isberg A., Westesson P. L. Steepness of articular eminence and movement of the condyle and disk in asymptomatic temporomandibular joints // Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod. 1998. № 86. P. 152–157.
21. Deguchi T., Iwahara K. Electromyographic investigation of chin cup therapy in Class III malocclusion // Angle Orthod. 1998. Vol. 68. P. 419–424.
22. Katsavrias E. G., Halazonetis D. J. Condyle and fossa shape in Class II and Class III skeletal patterns: a morphometric tomographic study // Am J. Orthod. Dentofacial Orthop. 2005. № 128. P. 337–346.
23. Quirch J. S., Carraro J. J., Franchi E. Variations in the depth of the glenoid fossa of the temporomandibular joint according to age // Rev. Asoc. Odontol. Argent. 1965. № 53. P. 71–73.
24. Touré G., Duboucher C., Vacher C. Anatomical modifications of the temporomandibular joint during ageing // Surg. Radiol. Anat. 2005. № 27. P. 51–55.
25. Blackwood H. J. Adaptive changes in the mandibular joints with function // Dent. Clin. North. Am. 1966. Nov. P. 559–566.
26. Meng F., Liu Y., Hu K. [et al.]. A comparative study of the skeletal morphology of the temporomandibular joint of children and adults // J. Postgrad. Med. 2008. № 54. P. 191–194.
27. Yamada K., Tsuruta A., Hanada K., Hayashi T. Morphology of the articular eminence in temporomandibular joints and condylar bone change // J. Oral Rehabil. 2004. № 31. P. 438–444.
28. Galante G., Paesani D., Tallents R. H. [et al.]. Angle of the articular eminence in patients with temporomandibular joint dysfunction and asymptomatic volunteers // Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod. 1995. № 80. P. 242–249.
29. Jasinevicius T. R., Pyle M. A., Nelson S. [et al.]. Relationship of degenerative changes of the temporomandibular joint (TMJ) with the angle of eminentia // J. Oral Rehabil. 2006. № 33. P. 638–645.

***Информация об авторах***

***Горячева Елена Владимировна***, старший преподаватель кафедры «Стоматология», Пензенский государственный университет

***Корецкая Екатерина Александровна***, кандидат медицинских наук, доцент кафедры «Стоматология», Пензенский государственный университет

***Илюнина Ольга Олеговна***, кандидат медицинских наук, доцент кафедры «Стоматология», Пензенский государственный университет

***Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.***

## ДИНАМИКА ЛАБОРАТОРНЫХ ПАРАМЕТРОВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛОКАЛЬНОЙ ЖЕСТКОСТИ У БОЛЬНЫХ ИНФАРКТОМ МИОКАРДА НА ФОНЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ГИПОЛИПИДЕМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

Н. В. Алимов<sup>1</sup>, Л. И. Салямова<sup>2</sup>,  
А. А. Хромова<sup>3</sup>, В. Э. Олейников<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

<sup>1,2,3,4</sup>kafterpmi2014@mail.ru

**Аннотация.** Цель исследования: изучение динамики лабораторных параметров, показателей жесткости общих сонных артерий (ОСА) на фоне терапии аторвастатином и эзетимибом у пациентов с первичным острым инфарктом миокарда в течение 24 недель. *Материал и методы.* Включено 47 пациентов. Больным назначали аторвастатин – 80 мг. Исходно, через 4–6 и 24 недели определяли параметры липидного обмена, печёночные трансаминазы, креатинфосфокиназу. Состояние ОСА оценивали с помощью технологии RF. При уровне холестерина липопротеидов низкой плотности  $>1,4$  ммоль/л и снижении  $<50$  % через 4–6 недель дополнительно назначали эзетимиб – 10 мг. *Результаты.* По результатам проводимой терапии больных разделили на две группы: 1-я – 21 пациент, получавший монотерапию аторвастатином; 2-я – 26 больных, принимавших аторвастатин в комбинации с эзетимибом. В 1-й группе холестерин липопротеидов низкой плотности снизился на 50 % ( $p < 0,001$ ), холестерин липопротеидов невысокой плотности – на 44,7 % ( $p < 0,001$ ); во 2-й группе – на 58,8 % и 53,7 %, соответственно ( $p < 0,001$ ). По данным исследования ОСА технологией RF в 1-й группе показатели жесткости не изменились. Во 2-й группе выявлено снижение толщины комплекса интима-медиа на 10,6 % ( $p = 0,002$ ); индекса  $\beta$  – на 25 % ( $p < 0,001$ ). *Выводы:* 24-недельная комбинированная гиполипидемическая терапия аторвастатином и эзетимибом характеризовалась более выраженным липидснижающим и вазопротективным эффектами.

**Ключевые слова:** аторвастатин, эзетимиб, инфаркт миокарда, липидный профиль, артериальная жесткость

**Финансирование:** работа выполнена при финансовой помощи гранта Президента РФ (МК-1951.2022.3).

**Для цитирования:** Алимов Н. В., Салямова Л. И., Хромова А. А., Олейников В. Э. Динамика лабораторных параметров и показателей локальной жесткости у больных инфарктом миокарда на фоне комбинированной гиполипидемической терапии // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 2. С. 19–24.

### Введение

Острый инфаркт миокарда (ОИМ) является одним из жизнеугрожающих осложнений ишемической болезни сердца, наиболее часто возникающим на фоне атеротромботического поражения коронарных артерий. В соответствии с данными Федеральной

службы государственной статистики Российской Федерации в 2020 г. зарегистрирована гибель 58,1 тыс. человек от ОИМ, что составило 11,4 % от всех форм ишемической болезни сердца [1]. Уровень смертности от данного заболевания неуклонно повышается в каждой последующей пятилетней возрастной группе по сравнению с предыдущей [2].

В многочисленных клинических исследованиях продемонстрирована польза коррекции нарушенного липидного обмена у больных ОИМ, в связи с чем данная позиция получила отражение в актуальных российских клинических рекомендациях [3, 4]. Следует отметить, что уменьшение кардиоваскулярного риска отмечается только при достижении целевого уровня (ЦУ) ХС ЛНП [5].

Препаратами первой линии для медикаментозного лечения дислипидемии являются ингибиторы ГМГ-КоА-редуктазы или статины. При сохраняющейся концентрации ХС ЛНП в крови  $>1,4$  ммоль/л и отсутствии его снижения на 50 % и более у больных после ОИМ рекомендуется добавить к терапии эзетимиб для уменьшения риска ишемических событий [3, 4].

Аторвастатин является одним из самых изученных и широко назначаемых ингибиторов ГМГ-КоА-редуктазы. Помимо липидснижающего, он оказывает антиатеросклеротический, противовоспалительный, антиоксидантный, кардиопротективный и другие благоприятные для сердечно-сосудистой системы эффекты [6]. Комбинация аторвастатина с эзетимибом также обладает рядом положительных свойств, таких как более выраженный регресс атеросклеротической бляшки, быстрое снижение липидов в крови, выраженное противовоспалительное действие, уменьшение синтеза эндотелина-1 [7]. Двойная гиполипидемическая терапия продемонстрировала улучшение прогноза у пациентов группы очень высокого риска, снижая относительный и абсолютный сердечно-сосудистый риск на 6,4 % и 2 %, соответственно [8]. Однако плеiotропные эффекты требуют дальнейшего изучения в когорте пациентов с ОИМ.

Цель исследования заключалась в изучении динамики лабораторных параметров и показателей жесткости общих сонных артерий (ОСА) на фоне комбинированной терапии аторвастатином и эзетимибом у пациентов с первичным ОИМ в течение 24 недель наблюдения.

### ***Материал и методы***

В исследование включено 47 человек с первичным ОИМ в возрасте  $56,9 \pm 7,8$  лет, из них 4 (8,5 %) женщины и 43 (91,5 %) мужчины. Комплект документов одобрил Локальный комитет по этике ПГУ. Перед включением в исследование больные подписывали информационный лист и информированное согласие.

Диагноз подтверждали по данным электрокардиографии, коронароангиографии, а также диагностически значимым повышением тропонина I. В исследование не включали пациентов с тяжелой сопутствующей патологией.

Всем больным назначали аторвастатин 80 мг/сут. Исходно во время госпитализации, через 4–6, 24 недели определяли общий холестерин (ОХС), триглицериды (ТГ), холестерин липопротеидов низкой (ХС ЛНП), высокой (ХС ЛВП), невысокой плотности (ХС неЛВП), аспартатаминотрансферазу (АСТ), аланинаминотрансферазу (АЛТ), креатинфосфокиназу (КФК) на приборе OLYMPUS AU400 («Olympus Corporation», Япония).

Исходно и через 24 недели определяли структурно-функциональные свойства общих сонных артерий (ОСА) с помощью ультразвукового исследования (УЗИ) технологией высокочастотного сигнала RF на аппарате MyLab («Esaote», Италия). Регистрировали толщину комплекса интима-медиа (QIMT), индекс жесткости  $\alpha$ , индекс жесткости  $\beta$ , локальную скорость распространения пульсовой волны (locPWV), коэффициенты поперечной растяжимости (DC) и поперечной податливости (CC).

При ХС ЛНП >1,4 ммоль/л и снижении <50 % от исходных значений через 4–6 недель терапии больным дополнительно назначали эзетимиб 10 мг/сут.

С помощью программы STATISTICA-13 (StatSoft) осуществлялся статистический анализ. Критерий *t* Стьюдента использовали при правильном распределении количественных показателей, критерий Вилкоксона – при непараметрическом. Соответственно, в первом случае значения указывали в виде среднего и стандартного отклонения (M±SD), во втором – в виде медианы и 25-го, 75-го межквартильного размаха (Me (Q 25 %; Q 75 %)). Качественные показатели анализировали с использованием критерия  $\chi^2$ . Достоверными считали значения  $p < 0,05$ .

### Результаты и их обсуждение

По результатам наблюдения были выделены следующие группы: 1-я группа ( $n = 21$ ) – проводилась монотерапия аторвастатином; 2-я группа ( $n = 26$ ) – комбинированное лечение аторвастатином и эзетимибом. Сравнимые группы были сопоставимы по возрасту, антропометрическим характеристикам, клиническому артериальному давлению (табл. 1).

Таблица 1

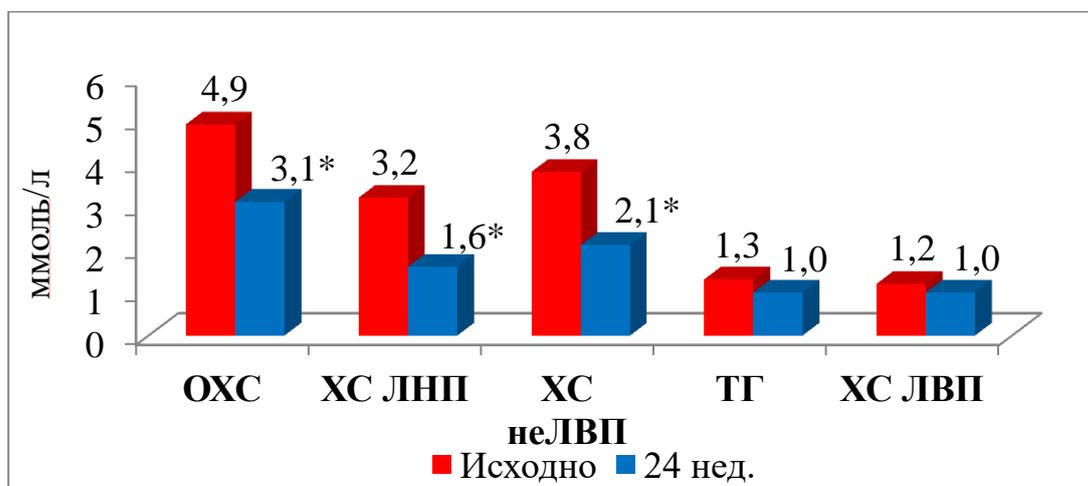
Сравнительная характеристика групп

Показатель	Группа 1 ( $n = 21$ )	Группа 2 ( $n = 26$ )	<i>p</i>
Возраст, лет	59,0 ± 7,8	56,1 ± 8,9	0,504
Женщины/мужчины, п/п (%/%)	1/20 (4,8/95,2)	3/23 (11,5/88,5)	0,413
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	26,7 (25; 29,8)	28,2 (25,2; 32,6)	0,260
Систолическое АД, мм рт. ст.	124,1 ± 15,2	123,6 ± 12,1	0,225
Диастолическое АД, мм рт. ст.	77 ± 8,6	77,8 ± 7,7	0,782

**Примечание.** *p* – достоверность, АД – артериальное давление.

В 1-й группе через 24 недели наблюдения выявлено снижение ОХС на 36,7 % ( $p < 0,001$ ) за счет регресса ХС ЛНП на 50 % ( $p < 0,001$ ). Уровень ТГ и ХС ЛВП не изменился (рис. 1).

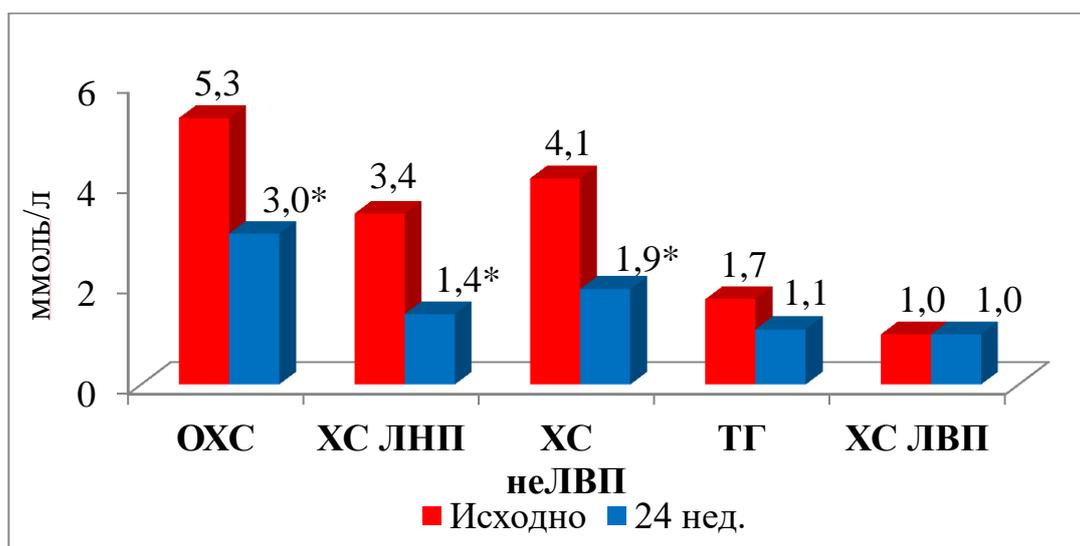
По данным К. Suzuki et al., показатель ХС неЛВП является важной характеристикой резидуального риска повторного ОИМ [9]. В настоящем исследовании монотерапия аторвастатином сопровождалась благоприятным снижением данного параметра на 44,7 % ( $p < 0,001$ ).



**Примечание.** \* $p < 0,01$  – достоверные отличия.

Рис. 1. Динамика параметров липидного обмена в 1-й группе

Во 2-й группе (рис. 2) отмечалось более выраженное снижение как ОХС ( $-43,4\%$ ;  $p < 0,001$ ), так и ХС ЛНП ( $-58,8\%$ ;  $p < 0,001$ ) по сравнению с 1-й группой. Значения ТГ и ХС ЛВП не претерпели изменений к окончанию наблюдения. Также на фоне комбинированной гиполипидемической терапии зарегистрирован максимально выраженный регресс ХС неЛВП ( $-53,7\%$ ;  $p < 0,001$ ). Полученные результаты согласуются с данными исследования PRECISE-IVUS, согласно которому монотерапия аторвастатином способствовала снижению ХС ЛНП на  $63,2 \pm 16,3$  мг/дл против  $73,3 \pm 20,3$  мг/дл в группе аторвастатина и эзетимиба ( $p < 0,001$ ) [7].



**Примечание.** \* $p < 0,01$  – достоверные отличия.

Рис. 2. Динамика параметров липидного обмена во 2-й группе

В 1-й группе АСТ исходно составила  $37,8$  ( $26,4$ ;  $62,6$ ) ед/л, к окончанию наблюдения снизившись до  $25,1 \pm 7,2$  ед/л ( $p = 0,007$ ). Показатели АЛТ и КФК не претерпели изменений. Превышение КФК  $\geq 4$  верхних границ нормы (ВГН) и АЛТ  $\geq 3$  ВГН не выявлено ни у одного пациента.

Во 2-й группе АСТ исходно оказалась равна  $35,3$  ( $29,8$ ;  $86,4$ ) ед/л, через 24 недели –  $30,2$  ( $24,5$ ;  $38$ ) ед/л ( $p = 0,014$ ). Также выявлено снижение КФК с  $290$  ( $149,3$ ;  $630,3$ ) до  $137$  ( $102$ ;  $175$ ) ед/л ( $p = 0,005$ ). Концентрация АЛТ в сыворотке крови не изменилась. Следует отметить, что повышение КФК  $\geq 4$  ВГН зарегистрировано у одного пациента ( $2,4\%$ ;  $p_{1гр-2гр} = 0,343$ ). Еще у одного больного ( $2,4\%$ ) уровень АЛТ превысил 3 ВГН к 24-й неделе наблюдения ( $p_{1гр-2гр} = 0,343$ ).

Важным критерием эффективности фармакотерапии является анализ динамики состояния сосудистой стенки. Современные инструментальные методы исследования позволяют неинвазивно определять параметры, характеризующие жесткость, эластичность артерий [10]. В настоящем исследовании использовали технологию высокочастотного сигнала RF при УЗИ ОСА, обладающую высокой точностью изменения. Важно отметить, что в 1-й группе не произошло изменений параметров сосудистой жесткости (табл. 2).

В группе комбинированной терапии выявлено благоприятное уменьшение QIMT, PWV, индексов жесткости  $\alpha$  и  $\beta$ . В свою очередь, параметры эластичности ОСА, такие как коэффициенты DC и CC, нарастали к 24-й неделе наблюдения по сравнению с исходными значениями.

**Динамика показателей УЗИ ОСА в группах сравнения**

Показатель	Группа 1 (n = 21)		Группа 2 (n = 26)	
	Исходно	24 нед.	Исходно	24 нед.
QIMT, мкм	741,5±140,8	727,1±124,2	765,6±116,9	684,8 (631,5; 751)*
PWV, м/с	7,6±1,3	7,3±1,3	8,6±1,9	7,2±1,0*
Индекс α	4,9±1,5	4,2 (3,7; 4,8)	5,7 (4,0; 6,7)	4,2±1,3*
Индекс β	9,9±3,0	8,7 (7,6; 9,7)	11,6 (8,1; 13,8)	8,7±2,5*
ДС, 1/кПа	0,015 (0,015; 0,020)	0,020 (0,015; 0,020)	0,015 (0,010; 0,020)	0,020 (0,015; 0,025)*
СС, мм <sup>2</sup> /кПа	0,88±0,32	0,86 (0,75; 1,03)	0,68±0,27	0,90±0,26*

**Примечание.** \* $p < 0,01$  – достоверные отличия между исходными значениями и через 24 недели.

### Выводы

Комбинированная липидснижающая терапия аторвастатином и эзетимибом вносит существенный вклад в улучшение параметров липидного обмена по сравнению с монотерапией аторвастатином. При этом отмечена выраженная ферментативная безопасность, что подтверждается отсутствием нарастания печеночных трансаминаз и КФК в сыворотке крови у пациентов в постинфарктном периоде.

По результатам анализа основных структурно-функциональных параметров ОСА с использованием технологии высокочастотного сигнала RF продемонстрирован вазопротективный эффект двойной гиполипидемической терапии по сравнению с монотерапией.

### Список литературы

1. Здравоохранение в России. 2021 : стат. сб. Росстат. М., 2021. 171 с.
2. Самородская И. В., Бубнова М. Г., Акулова О. А., Драпкина О. М. Показатели мужской и женской смертности от острых форм ишемической болезни сердца в пятилетних возрастных группах в Российской Федерации: о чем говорят цифры? // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2022. № 21. С. 34–60. URL: <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-3460>
3. Российское кардиологическое общество (РКО). Острый инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST электрокардиограммы. Клинические рекомендации 2020 // Российский кардиологический журнал. 2020. № 25. С. 4103. URL: <https://doi.org/10.15829/29/1560-4071-2020-4103>
4. Барбараш О. Л., Дупляков Д. В., Затейщиков Д. А. [и др.]. Острый коронарный синдром без подъема сегмента ST электрокардиограммы. Клинические рекомендации 2020 // Российский кардиологический журнал. 2021. № 26. С. 4449. URL: <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4449>
5. Пырочкин В. М., Карпович Ю. И., Мирончик Е. В., Ковтун А. В. Дислипидемии: обзор рекомендаций ESC/EAS 2019 по диагностике и лечению. Ч. 2. Таргетная терапия // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2021. № 19. С. 236–241. doi: 10.25298/2221-8785-2021-19-2-236-241
6. Oesterle A., Laufs U., Liao J. K. Pleiotropic Effects of Statins on the Cardiovascular System // Circ Res. 2017. № 120. P. 229–243. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.116.308537
7. Tsujita K., Sugiyama S., Sumida H. [et al.]. PRECISE–IVUS Investigators. Impact of Dual Lipid-Lowering Strategy with Ezetimibe and Atorvastatin on Coronary Plaque Regression in Patients with Percutaneous Coronary Intervention: The Multicenter Randomized Controlled PRECISE-IVUS Trial // J. Am Coll Cardiol. 2015. № 66. P. 495–507. doi: 10.1016/j.jacc.2015.05.065

8. Cannon C. P., Blazing M. A., Giugliano R. P. [et al.]. IMPROVE-IT Investigators. Ezetimibe Added to Statin Therapy after Acute Coronary Syndromes // N. Engl. J. Med. 2015. Jun 18;372(25). P. 2387–2397. doi: 10.1056/NEJMoa1410489

9. Suzuki K., Oikawa T., Nochioka K. [et al.]. Elevated Serum Non-HDL (High-Density Lipoprotein) Cholesterol and Triglyceride Levels as Residual Risks for Myocardial Infarction Recurrence Under Statin Treatment // Arterioscler Thromb Vasc. Biol. 2019. № 39. P. 934–944. doi: 10.1161/ATVBAHA.119.312336

10. Васюк Ю. А., Иванова С. В., Школьник Е. Л. [и др.]. Согласованное мнение российских экспертов по оценке артериальной жесткости в клинической практике // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2016. № 15. С. 4–19. URL: <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2016-2-4-19>

### ***Информация об авторах***

**Алимов Николай Витальевич**, студент, Пензенский государственный университет

**Салямова Людмила Ивановна**, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры «Терапия», Пензенский государственный университет

**Хромова Ангелина Анатольевна**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры «Терапия», Пензенский государственный университет

**Олейников Валентин Эливич**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой «Терапия», Пензенский государственный университет

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

## НАБЛЮДЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С ГЕПАТИТОМ D В УСЛОВИЯХ ДНЕВНОГО СТАЦИОНАРА

А. Х. Девликамова<sup>1</sup>, М. В. Никольская<sup>2</sup>, Н. В. Свистунова<sup>3</sup>,  
Я. В. Курташкина<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup>Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

<sup>3</sup>Пензенский областной клинический центр  
специализированных видов медицинской помощи, Пенза, Россия

<sup>1</sup>alsoydevl2001@mail.ru

<sup>2</sup>missmarina1956@yandex.ru

<sup>3</sup>svmp@penzadom.ru

<sup>4</sup>yana.shimakhanova@bk.ru

**Аннотация.** Гепатит D – один из самых тяжелых известных вирусных гепатитов, при котором отмечаются большая частота перехода в хронические формы и высокий процент летальных исходов. В настоящее время нет точных данных о распространенности этого заболевания, структура заболеваемости подвержена изменениям в связи с расширением миграционных процессов и проведением вакцинации против гепатита В. Весьма ограничен выбор лекарственных препаратов для лечения данной патологии. Приведены данные о клинических особенностях течения гепатита D у пациентов инфекционной больницы, наблюдающихся и проходящих лечение на базе дневного стационара.

**Ключевые слова:** гепатит D, диагностика, противовирусная терапия, дневной стационар

**Для цитирования:** Девликамова А. Х., Никольская М. В., Свистунова Н. В., Курташкина Я. В. Наблюдение пациентов с гепатитом D в условиях дневного стационара // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 2. С. 25–29.

### **Введение**

Хронический гепатит D, возникающий в результате коинфекции гепатитов B и D, считается наиболее тяжелой формой вирусного гепатита и поражает 12–20 млн человек во всем мире. Вирус гепатита D (HDV), вирус-сателлит при гепатите B (HBV), представляет собой небольшой дефектный РНК-вирус, тесно связанный с наиболее тяжелой формой гепатита и прогрессирующим хроническим заболеванием печени и циррозом [1, 2]. Вирус гепатита D (HDV) был идентифицирован в 1977 г. при обнаружении нового антигена в печени пациентов, уже инфицированных вирусом гепатита B (HBV) и имеющих симптомы более опасной инфекции. Первоначально этот антиген, D-антиген, считался белком более агрессивной формы ВГВ [3]. Однако вскоре было обнаружено, что он вырабатывается отдельным вирусом – HDV, который использует HBV в качестве своего вируса-помощника. С тех пор многое стало известно о репликации HDV и HBV, его естественно-го вируса-помощника [4].

Глобальная эпидемиология гепатита D меняется в связи с широким внедрением вакцинации против гепатита В. В странах с высоким уровнем дохода, которые достигли оптимального контроля над HBV, эпидемиология гепатита D двойственная, состоящая из стареющей когорты местных пациентов с прогрессирующим фиброзом печени, которые представляют собой конечную стадию естественной истории HDV, и молодого поколения иммигрантов из эндемичных стран, которые составляют достаточно большую часть населения. Отличительной клинической характеристикой хронического гепатита D в эндемичных странах является ускоренное прогрессирование до цирроза и гепатоцеллюлярной карциномы. Несмотря на некоторый недавний прогресс, терапевтическое лечение HDV остается неудовлетворительным, поскольку большинство пациентов не имеет возможности лечиться от HDV доступными в настоящее время лекарствами [5].

Гепатит D может протекать в двух формах – острой и хронической. Заражение происходит только в присутствии гепатита В [6]. Известны два варианта острого гепатита D: коинфекция и суперинфекция. Коинфекция реализуется при одновременном заражении двумя вирусами – В и D. Этот тип инфекции протекает остро и характеризуется клиникой острого гепатита В [6]. При суперинфекции вирус гепатита D попадает в организм уже на фоне хронической HBV-инфекции. Клинически суперинфекция HDV проявляется развитием острого гепатита с относительно коротким инкубационным периодом или обострением уже имеющегося ХГВ. При суперинфекции, в сравнении с коинфекцией, спонтанная элиминация HDV происходит только у небольшого количества пациентов [7]. В течении хронического гепатита D выделяют три фазы: сначала вирус гепатита D подавляет репликативную активность HBV (1-я фаза); затем, во 2-ю фазу, наблюдаются умеренная репликация HDV и постепенная реактивация HBV; в 3-ю фазу снижается активность репликации обоих вирусов [8].

Диагностика гепатита D предусматривает обследование всех больных гепатитом В на наличие маркеров гепатита D. Подтверждается инфицирование пациента вирусом гепатита D обнаружением антител IgM и IgG и HDV RNA в сыворотке крови. При этом надо учитывать, что антитела класса IgM обнаруживаются, как правило, только при коинфекции HBV/HDV и не встречаются при суперинфекции. Anti-HDV IgG встречаются как при острой, так и при хронической D-инфекции. Основным маркером, указывающим на активную репликацию HDV в организме человека, считают обнаружение HDV RNA в сыворотке крови методом ПЦР [9]. Идентификация рецептора HBV/HDV и разработка новых моделей инфекции *in vitro* и на животных позволили в последние годы более детально изучить жизненный цикл HDV, что способствовало разработке специфических противовирусных препаратов. Характеристика эпитопов CD4+ и CD8+T-клеток, специфичных для HDV, у нелеченых и пролеченных пациентов также позволила более точно понять иммунологию HDV и, возможно, проложила путь к иммунотерапевтическим стратегиям для поддержки будущих специфических методов лечения, нацеленных на вирусные факторы или факторы хозяина [2]. В настоящее время при лечении гепатита D используются две схемы лечения: монотерапия булевиртидом в течение 48 недель и комбинированная терапия булевиртидом и пэгинтерфероном альфа-2а [10]. Еще один препарат, ингибитор пренилирования – лонафарниб, в настоящее время исследуется в рамках 3-й фазы клинических испытаний. Другие стратегии лечения направлены на поверхностный антиген гепатита В, включая полимер нуклеиновой кислоты REP2139Ca. Эти новые достижения в вирусологии, иммунологии и лечении являются важными шагами к тому, чтобы сделать HDV менее трудноизлечимым вирусом [10].

### **Цель исследования**

Изучить клинические и лабораторные особенности течения микст-гепатита В и D у пациентов дневного стационара Пензенского областного клинического центра специализированных видов медицинской помощи (ГБУЗ «ПОКЦСВМП»).

### **Материалы и методы**

Проведены ретроспективный анализ и обработка данных историй болезней (форма № 003/у) шести пациентов с микст-гепатитом В+D, неоднократно в течение последних лет (2018–2022 гг.) находившихся на лечении в дневном стационаре. Диагноз подтвержден методами иммуноферментного анализа (ИФА) и полимеразной цепной реакции (ПЦР). Статистический анализ и обработка полученных данных проведены с помощью стандартной программы BioStat с определением средних значений.

### **Результаты и обсуждение**

Все пациенты, включенные в исследование, неоднократно проходили лечение в условиях дневного стационара, где проводилась патогенетическая и симптоматическая терапия, выполнялись необходимые лабораторные и инструментальные методы исследования. Одному из пациентов проведен курс лечения препаратом с противовирусным действием – мирклюдекс Б в дозе 2 мг/сут в течение 48 недель. Среди наблюдаемых больных было пять мужчин и одна женщина, средний возраст составил  $42,5 \pm 4,5$  года. Стационарное лечение занимало от 10 до 16 дней. При поступлении в стационар больные жаловались на слабость (33,3 %), тяжесть в правом подреберье (33,3 %), утомляемость (16,7 %); не предъявляли жалоб 33,3 % пациентов. Сопутствующие заболевания имели 83,3 % ( $n = 5$ ) больных: хронический гастрит – у одного пациента (16,7 %), дисфункция желчевыводящих путей – один больной (16,7 %), мелкие кисты печени у одного (16,7 %), язвенная болезнь и вирусный гепатит С – по одному пациенту (16,7 %). Степень тяжести гепатита устанавливали с учетом клинических и лабораторных данных. Заболевание протекало в средней степени тяжести в 50 % ( $n = 3$ ) случаев, тяжелая степень тяжести также диагностирована у 50 % больных. У одного больного тяжесть состояния была обусловлена наслоением острых гепатитов С и D на существующий хронический гепатит В. В клинических анализах крови не было зарегистрировано существенных изменений: эритроциты  $4,7 \pm 0,55 \cdot 10^{12}/л$ , гемоглобин  $152 \pm 17$  г/л, лейкоциты  $6,055 \pm 0,555 \cdot 10^9/л$ , тромбоциты  $183,8 \pm 16,8 \cdot 10^9/л$ , лимфоциты  $40,4 \pm 1,38$  %, СОЭ  $7,66 \pm 2,66$  мм/ч, моноциты  $6,78 \pm 2,78$  %, базофилы  $0,61 \pm 0,41$  %, эозинофилы  $1,06 \pm 0,06$  %. При биохимических исследованиях были получены следующие данные: общий билирубин  $8,58 \pm 2,68$  мкмоль/л, прямой билирубин  $3,2 \pm 0,2$  мкмоль/л, непрямой билирубин  $5,22 \pm 2,41$  мкмоль/л, АЛТ  $41,68 \pm 14,98$  ед/л, АСТ  $31,2 \pm 6,2$  ед/л, гамма-глутамилтранспептидаза  $23,55 \pm 4,75$  ед/л, щелочная фосфатаза  $93,45 \pm 34,45$  ед/л, общий белок  $72,15 \pm 3,95$  г/л, альбумин  $43,5 \pm 1,76$  г/л, мочевины  $4,06 \pm 0,86$  ммоль/л, креатинин  $85,1 \pm 13,8$  мкмоль/л, глюкоза  $5,17 \pm 0,37$  ммоль/л, альфа-амилаза  $77,25 \pm 27,65$  ед/л. В клиническом анализе мочи оксалаты выявлены в 16,7 %.

При обследовании всех больных были применены методы иммуноферментного анализа и полимеразной цепной реакции с целью обнаружения маркеров вирусных гепатитов. HBsAg выявлен у двух больных, HBeAg – у трех пациентов, три человека были негативны по HBeAg, anti-HBcor обнаружен у двух больных. Anti-HDV IgM выявлен у трех человек, у двух пациентов диагностирован микст-гепатит В+С+D. Методом ПЦР ДНК вируса гепатита В выявлена в 66,7 % ( $n = 4$ ), случаев, и анализ оказался отрицательным в 33,3 % ( $n = 2$ ). Вирусная нагрузка при гепатите В во всех случаях была низкой и не превышала  $1,5 \cdot 10^2$  МЕ/мл. Максимальное значение РНК HCV составило  $6,6 \cdot 10^3$  МЕ/мл

и РНК HDV –  $5,2 \cdot 10^1$  МЕ/мл. Фиброэластометрия была проведена трем пациентам, выявлен фиброз F = 2 по METAVIR, что соответствует умеренно выраженному портальному фиброзу с отдельными септами. При проведении ультразвукового исследования органов гепатобилиарной зоны диффузные изменения паренхимы печени обнаружены у пяти из шести пациентов, гепатоспленомегалия – у двух и не было ультразвуковых признаков патологии у одного больного.

Приводим случай микст-гепатита больного Х., 42 лет, неоднократно лечившегося в условиях дневного стационара. У данного пациента в 2014 г. выявлен микст-гепатит В+С, в течение пяти лет не лечился, не наблюдался. С 2019 г. выявлены признаки биохимической активности гепатита, маркеры гепатитов В+D+С, начато лечение энтекавиром гепатита В. Рассматривался вопрос о начале противовирусной терапии гепатита D препаратом мирклудекс В + ПЕГ-ИНФ. Лечение отложено из-за выраженной тромбоцитопении ( $16 - 30 \cdot 10^9$ ) и отказа от приема стимуляторов гемопоэза. В 2022 г. при обследовании обнаружены маркеры гепатита В (HBsAg+, anti-HBcor IgM+, HBeAg-, anti-HBeAg+, ДНК HBV  $<1,2 \cdot 10^2$  МЕ/мл); маркеры гепатита С (anti-HCV+, core+, NS3+, NS4+, NS5+, РНК HCV-) и гепатита D (anti-HDV IgG+, РНК HDV  $2,5 \cdot 10^8$  МЕ/мл). С учетом инструментальных и лабораторных методов исследования выставлен диагноз: «Хронический вирусный гепатит микст-этиологии: HBeAg-негативный гепатит В с D-агентом + хронический гепатит С, латентная фаза, умеренной биохимической активности, F4 по METAVIR. Цирроз печени в исходе хронического гепатита В+D+С, класс А по Чайлд – Пью, по MELD 6 баллов, в стадии компенсации. Портальная гипертензия: варикозно-расширенные вены пищевода 2–3-й ст. Гепатолиенальный синдром с признаками гиперспленизма. Спленомегалия. Тромбоцитопения». Учитывая полиэтиологичность гепатита, наличие цирроза, прогрессирование процесса и противопоказания к противовирусной терапии гепатита D, рассматривается вопрос о трансплантации печени.

Таким образом, лечение микст-гепатита В+D является очень трудной задачей, но появление новых противовирусных препаратов вселяет надежду на то, что в ближайшем будущем вероятно достижение хороших результатов терапии и снижение количества осложнений.

### **Заключение**

HDV-инфекция является важной глобальной проблемой общественного здравоохранения, истинная распространенность которой до сих пор неизвестна. Распространение инфекции HDV изменилось во всем мире с появлением вакцинации против HBV и моделей миграции людей. Поскольку заражение HDV ассоциируется с ускоренным течением заболевания и плохими исходами, мировому сообществу необходимо согласовать единую стратегию скрининга на HDV, чтобы понять правду о глобальной распространенности, чтобы новые методы лечения могли быть нацелены на соответствующих людей по мере их появления в будущем.

### **Список литературы**

1. Шахгильдян И. В., Михайлов М. И., Онищенко Г. Г. Парентеральные вирусные гепатиты (эпидемиология, диагностика, профилактика). М. : ФГОУ ВУНМИЦ Росздрава, 2003. 384 с.
2. Urban S., Neumann-Haefelin C., Lampertico P. Hepatitis D virus in 2021: virology, immunology and new treatment approaches for a difficult-to-treat disease // Gut. 2021. № 70(9). P. 1782–1794. doi: 10.1136/gutjnl-2020-323888
3. Bonino F., Hoyer B., Ford E. [et al.]. The delta agent: HBsAg particles with delta antigen and RNA in the serum of an HBV carrier // Hepatology. 1981. № 1. P. 127–131.
4. Branch A. D., Benenfeld B. J., Baroudy B. M. [et al.]. An ultraviolet-sensitive RNA structural element in a viroidlike domain of the hepatitis delta virus // Science. 1989. Vol. 243. P. 649–652.

5. Rizzetto M., Hamid S., Negro F. The changing context of hepatitis D // J. Hepatol. 2021. № 74(5). P. 1200–1211. doi: 10.1016/j.jhep.2021.01.014. PMID: 33484770
6. Kasymov S. Z., Davlatov S. S. Hemoperfusion as a method of homeostasis protection in multiple organ failure syndrome // Academic Journal of Western Siberia. 2013. Vol. 9, № 1. P. 31–32.
7. Yurdaydin C. Treatment of chronic delta hepatitis // Semin. Liver. Dis. 2012. Vol. 32. P. 237–244.
8. Абдурахманов Д. Т. Хронический гепатит В и D. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 288 с.
9. Olivero A., Smedile A. Hepatitis Delta virus diagnosis // Semin. Liver. Dis. 2012. Vol. 32. P. 220–227.
10. Niro G. A., Ciancio A., Gaeta G. B. [et al.]. Pegylated interferon alpha2b as monotherapy or in combination with ribavirin in chronic hepatitis delta // Hepatology. 2006. № 44 (3). P. 713–720.

### ***Информация об авторах***

***Девликамова Алсу Хамзеевна***, студентка, Пензенский государственный университет

***Никольская Марина Викторовна***, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры «Микробиология, эпидемиология и инфекционные болезни», Пензенский государственный университет

***Свистунова Наталья Владимировна***, заведующий отделением, Пензенский областной клинический центр специализированных видов медицинской помощи

***Курташкина Яна Вячеславовна***, студентка, Пензенский государственный университет

***Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.***

УДК 612.87

## ВЛИЯНИЕ SARS-COV-2 НА ФИЗИОЛОГИЮ ФОРМИРОВАНИЯ ВКУСОАРОМАТИЧЕСКИХ ОЩУЩЕНИЙ

В. А. Мишин<sup>1</sup>, К. Ю. Мурзаева<sup>2</sup>, И. С. Милтых<sup>3</sup>, С. С. Закс<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

<sup>1</sup>mishin\_pnzgumed@mail.ru

<sup>2</sup>karinamurzaeva863@gmail.com

<sup>3</sup>me@miltykh.com

<sup>4</sup>s.s.zaks@yandex.ru

**Аннотация.** Рассмотрены механизмы формирования вкусоароматических ощущений у человека и влияние на них вируса SARS-CoV-2. Проанализированы возможности восстановления хемосенсорики после заболевания.

**Ключевые слова:** обоняние, вкус, коронавирус, хемосенсорные нарушения

**Для цитирования:** Мишин В. А., Мурзаева К. Ю., Милтых И. С., Закс С. С. Влияние SARS-CoV-2 на физиологию формирования вкусоароматических ощущений // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 2. С. 30–38.

### **Введение**

В связи с большим интересом к физиологии питания и его нервной регуляции в последние годы публикуется множество исследований в области вкусовых ощущений [1, 2, 3–11]. Выявление механизмов возникновения вкусовых ощущений лежит в основе установления причин формирования определенных вкусовых предпочтений и связи процесса питания с его нервной регуляцией. Несмотря на то, что в недавнем времени ученые научились определять конкретные рецепторы вкуса, а также гены, регулирующие их работу, картина понимания этих механизмов остается неполной. Особый интерес данная область стала представлять с появлением новой коронавирусной инфекции.

Коронавирус – один из главных патогенов, вызывающих острую респираторную инфекцию. Неизвестная пневмония была выявлена у пациентов в г. Ухань (Китай) в конце 2019 г. Было установлено, что возбудителем данной инфекции является новый представитель коронавирусов – 2019-nCoV [12], которому было присвоено название SARS-CoV-2 [13]. Одними из выраженных симптомов инфекции являются неврологические нарушения, которые проявляются в том числе и в проблемах с ощущением запахов и вкусов. В связи с этим исследования физиологии вкусовых и обонятельных процессов на данный момент можно считать наиболее актуальными.

*Цель работы* – анализ данных о влиянии COVID-19 на физиологические процессы, связанные с формированием вкусовых и ароматических ощущений, и о возможности их восстановления; определение степени ограничений восприятия пищи и запахов, накладываемых данной вирусной инфекцией на жизни людей.

### **Материалы и методы**

Исследование основано на данных, полученных в ходе опроса людей, перенесших болезнь COVID-19. Опрос включал 10 пунктов:

1. Укажите Ваш пол.
2. Ваш возраст на момент болезни COVID-19.
3. Оцените тяжесть заболевания от 1 до 5, где 1 – нетяжелое течение, 5 – очень тяжелое.
4. Были ли у Вас неврологические симптомы, связанные с нарушениями обоняния и вкуса?
5. Наблюдались ли у Вас потеря или нарушения вкусовых ощущений с сохранением обонятельных?
6. Наблюдались ли у Вас потеря или нарушения восприятия запахов с сохранением восприятия вкусов?
7. Наблюдались ли у Вас одновременно потеря (нарушения) вкусовых и обонятельных ощущений?
8. Как долго сохранялись данные неврологические нарушения?
9. Оцените степень неудобства, вызванного данными нарушениями от 1 до 5, где 1 – минимальное (восприятие вкуса и запаха еды почти не отличалось от нормального), 5 – максимальное (отвращение к некоторым пищевым продуктам, невозможность получения удовольствия от приема пищи).
10. Напишите, с вкусовым и обонятельным восприятием каких продуктов возникли проблемы.

В исследовании приняли участие 92 человека, из которых 64 человека (69,6 %) – женщины и 28 (30,4 %) – мужчины. Возраст участников на момент болезни составил от 15 до 52 лет ( $M \pm SE = 24,8 \pm 1,1$ ). Опрос проводился с помощью программного обеспечения для администрирования опросов Google Forms. Анкета носила анонимный характер, и полученные данные использовались только в обобщенном виде.

### **Вкусоароматические ощущения и вирус SARS-CoV-2**

Аристотель выделил семь основных вкусов: сладкий, горький, кислый и соленый, а также вяжущий, жгучий и терпкий [1]. В настоящее время выделяют пять основных вкусов: сладкий, горький, кислый, соленый и умами. Умами – ощущение приятной остроты (вызывают или усиливают такие продукты, как соевый соус, глутамат натрия, спелые помидоры) [2].

У водных животных на низших ступенях филогенетического развития обоняние и вкус мало дифференцированы. Простейшая форма органа обоняния – обонятельные ямки, встречающиеся у рыб. По мере развития полости носа обонятельные клетки перемещались в слизистую оболочку этой полости. Дальнейшее обособление и концентрация вкусовых почек происходит у рептилий и млекопитающих.

Орган обоняния у взрослого человека представлен чувствительными обонятельными клетками, заложенными в слизистой оболочке верхнего носового хода и соответствующей части перегородки носа. Здесь локализуется тело первого нейрона. Тело второго нейрона лежит в обонятельной луковице, его аксоны образуют обонятельный тракт, который заканчивается в первичных обонятельных центрах – обонятельном треугольнике, переднем продырявленном веществе и прозрачной перегородке. Отросток третьего нейрона достигает коркового конца обонятельного анализатора, расположенного в крючке и парагиппокампальной извилине [14].

В состав главного обонятельного эпителия входят горизонтальные базальные клетки, глобозные базальные клетки, опорные клетки (*sustentacular cells*), сенсорные нейро-

ны и секреторные клетки боуменовых желез, секретирующие компоненты обонятельной слизи, покрывающей обонятельный эпителий. Обонятельные нейроны – это биполярно вытянутые клетки, от базальной части нейрона аксон проецируется в составе обонятельного нерва к гломерулам обонятельной луковицы, где происходит первичный процессинг обонятельной информации для ее дальнейшего анализа в сенсорной коре головного мозга. В физиологии обонятельной системы определяющей является концепция «один нейрон – один рецептор», согласно которой каждый нейрон случайным образом выбирает для экспрессии только один ген из семейства ОР-генов. Этот выбор определяет функциональную идентичность клетки, физиологическая специализация которой состоит в детекции ограниченного набора определенных запахов [15].

Вкусовые почки содержат вкусовые клетки, снабженные нервными окончаниями вкусовых волокон VII, IX и X пар черепных нервов. Молекулы пищи, смоченной слюной, вызывают раздражение нервных окончаний, которое передается клеткам чувствительных узлов VII, IX и X пар черепных нервов, где находятся тела первого нейрона проводящего пути вкусового анализатора. Тела второго нейрона лежат в продолговатом мозге, в ядре одиночного пути, третий нейрон расположен в таламусе. Корковый конец вкусового анализатора расположен в крючке, парагиппокампальной извилине и в коре цитоархитектонического поля.

В настоящее время исследователи склоняются к мнению, что процесс восприятия пищи необходимо рассматривать как взаимодействие вкусовых и обонятельных ощущений [3, 4]. Только малая часть наших ощущений, вызываемых приемом пищи, исходит от вкусовых сосочков. Когда мы жуем, глотаем и вдыхаем, летучие молекулы еды попадают в полость носа, где воздействуют на рецепторы запаха. Именно эти рецепторы, которых у человека 350–400 видов, являются главным источником ощущения, которое мы воспринимаем как сочетание вкуса и запаха. Этот вкусово-ароматический букет отличается и от вкуса, и от обоняния, поскольку мозг различает те запахи, которые мы вдыхаем через ноздри (ортоназальное обоняние), и те, которые попадают в полость носа сзади, когда мы едим (ретроназальное обоняние).

Особое внимание исследователей привлекает развитие вкусовых предпочтений у детей на основе вышеописанных механизмов [5–9]. По данным исследований последних лет сенсорный опыт в младенчестве может изменить последующую восприимчивость к вкусам и «воспитать» вкусовые предпочтения у ребенка раннего возраста.

Нарушения данных механизмов восприятия ведет к выпадению вкусоароматических ощущений из жизни человека. Хемосенсорные нарушения являются как ранними, так и специфическими симптомами COVID-19. Нарушения вкуса и обоняния являются наиболее частыми острыми неврологическими симптомами COVID-19, связанными с поражением периферической нервной системы, которые развиваются на ранних стадиях заболевания и поэтому считаются полезными диагностическими маркерами [10, 11, 16].

Одним из путей инвазии вируса в мозг является путь через обонятельную луковицу и верхний носовой ход транскрибирующим путем, по которому SARS-CoV-2 распространяется транснейронально в различные зоны головного мозга. Примечательно, что некоторые вирусы также могут мигрировать через периферические нервы, чтобы достичь ЦНС [17]. Независимо от пути передачи, как только вирус достигает ЦНС, последующий иммунный ответ вызывает патологические изменения.

Только обонятельные и вкусовые симптомы отмечены у 10 % пациентов с COVID-19, а у 19 % такие симптомы проявлялись до любого другого симптома COVID-19. Обонятельные сенсорные нейроны не экспрессируют АПФ2 рецепторы, что предотвращает заражение этих клеток SARS-CoV-2, однако клетки обонятельного эпителия экспрессируют их, следовательно, являются уязвимыми. Поражение обонятельного эпителия, а не повреждение нейронов, по-видимому, является причиной аносмии. Существует статистиче-

ски значимая положительная связь между обонятельными и вкусовыми дисфункциями. Скорость восстановления как обонятельных, так и вкусовых функций составила две недели после исчезновения типичных респираторных симптомов в 25,5 % случаев [16].

Одной из первых европейских стран, массово пострадавших от COVID-19, стала Италия, в результате чего на всей территории страны, и особенно в наиболее пострадавших регионах, увеличилось число пациентов с хемосенсорной симптоматикой [18]. Одной из наиболее важных проблем является процесс восстановления обонятельных и вкусовых ощущений. С. Cecchetto et al. (2021) приводят данные по выборке из 974 жителей Италии, которые участвовали в онлайн-опросе GCCR в период с 10 апреля 2020 г. по 17 октября 2020 г. и которые сообщили о частичном или полном выздоровлении [19]. Данные о восстановлении участников опроса представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Группы восстановления хемосенсорной чувствительности, Cecchetto et al. (2021)**

Группа восстановления	Число участников	Относительное число участников
Частичное восстановление	471	48,36 %
Полное восстановление	503	51,64 %

Помимо этого, участники опроса были разделены на три кластера (табл. 2).

Таблица 2

**Кластеры участников по нарушениям хемосенсорной чувствительности, Cecchetto et al.**

Кластер	Число участников	Относительное число участников
Умеренная потеря запаха / вкуса и сохраненный хеместез	132	13,55 %
Значительная потеря запаха, вкуса и хеместеза	516	52,98 %
Значительная потеря запаха, вкуса, но сохраненный хеместез	326	33,47 %

Данные о восстановлении вкусовых и обонятельных ощущений в рамках кластеров представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Восстановление хемосенсорной чувствительности в рамках трех кластеров, Cecchetto et al. (2021)**

Кластер	Частичное восстановление		Существенное выздоровление	
	Абсолютное количество	Относительное количество	Абсолютное количество	Относительное количество
1	117	88,6 %	15	11,4 %
2	176	34,1 %	340	65,9 %
3	178	54,6 %	148	45,4 %

Примечательно, что большинство лиц со значительной потерей обоняния, вкуса и химического восприятия продемонстрировали самый высокий уровень выздоровления.

У многих людей медленно восстанавливается чувство вкуса и обоняния, и похоже, что примерно у 10 % пациентов состояние не улучшилось или ухудшилось через шесть месяцев или год. Ранние сообщения о последствиях данных нарушений включают потерю удовольствия от еды и развитие депрессии, что приводит к снижению качества жизни. Потеря запаха оказывает различное влияние на потребление пищи – некоторые пациенты увеличивают потребление, другие уменьшают, при этом у большинства наблюдается общее снижение качества питания [20].

### Результаты

В ходе исследования были выявлены две основные группы участников:

- 1) имеющие симптомы, связанные с нарушениями хемосенсорной чувствительности вследствие болезни COVID-19;
- 2) не имеющие симптомы, связанные с нарушениями хемосенсорной чувствительности вследствие болезни COVID-19.

Первую группу составило большинство респондентов – 72 человека (78,3 %). Во вторую группу вошли 20 человек (21,7 %). Таким образом, наше исследование является очередным подтверждением того, что нарушения обоняния и вкуса являются важным диагностическим маркером. Далее опрос проводился исключительно среди людей, составивших первую группу.

Из 72 человек были выявлены три подгруппы (рис. 1):

- 1.1 – самая многочисленная; 44 человека (61,1 %) одновременно испытали нарушения (или потерю) вкусовых и обонятельных ощущений;
- 1.2 – 22 человека (30,6 %) испытали нарушения (или потерю) только обонятельных ощущений;
- 1.3 – наименьшая; 6 человек (8,3%) испытали нарушения (или потерю) только вкусовых ощущений.



Рис. 1. Диаграмма «Подгруппы участников с хемосенсорными нарушениями»

По длительности сохранения данных нарушений были определены три группы участников (рис. 2). Только во время болезни хемосенсорные нарушения наблюдались у 26 человек (36,1 %). У 37 человек (51,4 %) подобные симптомы сохранялись и после выздоровления некоторое время (относительно недолго). У девяти опрошенных (12,5 %) данные нарушения сохраняются длительное время.

Как долго сохранялись данные неврологические нарушения?

72 ответа

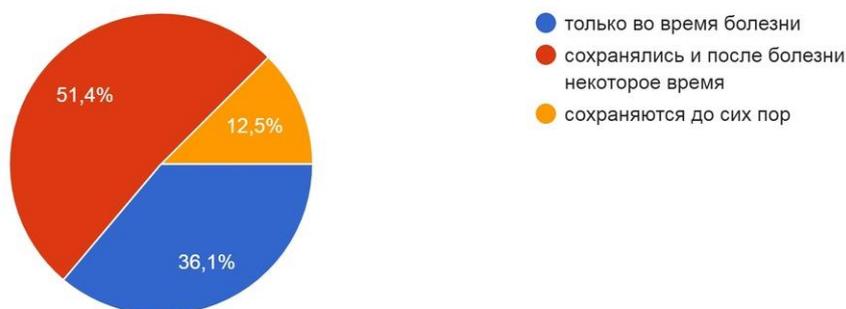


Рис. 2. Диаграмма «Длительность сохранения хемосенсорных нарушений»

Таким образом, хемосенсорные нарушения сохранялись или продолжают сохраняться (на момент прохождения анкетирования) после выздоровления от COVID-19 у большинства опрошенных – 46 человек (63,9 %).

Важным является понимание того, как подобная симптоматика сказывается на качестве жизни людей. Респондентам было предложено оценить степень неудобства, вызванного данными нарушениями, от 1 до 5. Оценка «3» рассматривалась как «средняя степень неудобства». В эту группу вошли 16 человек (22,2 %) из тех, кто имел исследуемые симптомы; 30 человек (41,7 %) оценили степень неудобства на «1» и «2», т.е. данная группа не испытала серьезных проблем при наличии нарушений хемосенсорики, причем девять человек (12,5 %) отметили, что восприятие вкуса и запаха практически не отличалось от нормы. В число опрошенных, определивших степень неудобства как «выше среднего», вошли 26 человек (36,6 %), при этом оценку «5» поставили 18 человек (25 %), т.е. данная группа испытала максимальное неудобство, вплоть до отвращения к некоторым продуктам и невозможности получения удовольствия от приема пищи.

Последняя группа представляет для нашего исследования наибольший интерес. Из 18 человек, испытывавших сильное неудобство при нарушении восприятия запахов и вкусов, семь человек (38,9 %) оценили свое общее состояние во время заболевания на «4» и «5», т.е. как «тяжелое», при этом один человек (5,6 %) – как «очень тяжелое». Восемь участников опроса из этой группы (44,4 %) оценили общее состояние на «1» и «2» («нетяжелое»), два человека (11,1 %) перенесли заболевание легко (ответ «1»). Средняя тяжесть заболевания наблюдалась у трех участников (16,7 %). Исходя из полученных данных, нельзя сделать вывод о наличии связи между степенью общей тяжести течения болезни COVID-19 и степенью нарушения хемосенсорной чувствительности, выраженной в виде индивидуального неудобства, испытанного при заболевании, так как в обеих группах («тяжелое состояние» и «нетяжелое») примерно одинаковое количество участников. Данный вопрос требует дальнейшего изучения. Также стоит отметить, что оценивание тяжести заболевания носит субъективный характер и не может быть подтверждено реальными клиническими данными, поскольку данные для исследования были получены с помощью анонимного опроса.

Доля вакцинированных от SARS-CoV-2 до заболевания в двух крайних группах по степени вызванного хемосенсорными симптомами неудобства («1» и «5») составила 33,3 % и 16,7 %, соответственно.

Для определения продуктов питания, с восприятием которых наиболее часто возникают проблемы при COVID-19, мы предложили участникам опроса самостоятельно написать названия данных продуктов. Поскольку этот пункт анкеты был необязателен

для ответа, из 72 человек, имеющих нарушения хемосенсорного восприятия, ответ дали не все респонденты. Некоторые участники указывали несколько продуктов. Таким образом, был получен 51 ответ. Результаты опроса представлены на рис. 3.



Рис. 3. Диаграмма «Продукты, с восприятием которых возникли проблемы»

Как видно из процентного соотношения, в большинстве случаев (35 % опрошенных) нарушения восприятия вкуса и запаха были связаны с мясными продуктами. Также частыми случаями были проблемы с хемосенсорным восприятием яиц, лука, молочных продуктов и кофе.

В группе респондентов, у которых исследуемые нарушения сохранялись после болезни длительное время или сохраняются до сих пор, преобладают также проблемы с восприятием мяса (25 %). В равной степени отмечены такие продукты, как кофе, молоко, лук, яйца. В наименьшей степени проблемы возникли с восприятием сладких напитков (лимонад, сок) – 8 %. Подробное процентное соотношение представлено на рис. 4.

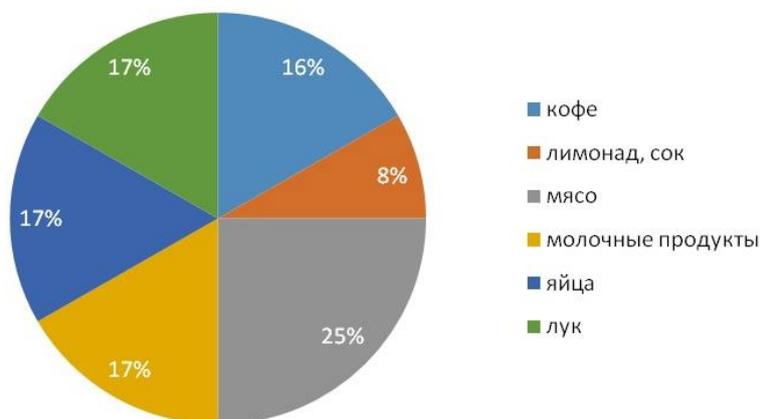


Рис. 4. Диаграмма «Продукты, с восприятием которых возникли проблемы в группе людей с наиболее долгим сохранением нарушений хемосенсорности»

Таким образом, нарушения возникают с восприятием большого количества продуктов, которые к тому же являются наиболее часто употребляемыми в пищу.

### Заключение

Проведенное исследование в очередной раз подтверждает диагностическое значение хемосенсорных нарушений при COVID-19, так как большинство участников (78,3 %) по данным опроса имели данные симптомы.

У значительной части опрошенных (63,9 %) хемосенсорная симптоматика сохранялась или продолжает сохраняться (на момент участия в исследовании) после перенесенного заболевания. Данный факт указывает на необходимость разработок программ реабилитации для пациентов с подобными нарушениями.

Степень неудобства, вызванного исследуемыми нарушениями, оценили как «выше среднего» 36,6 %. Хемосенсорные симптомы могут накладывать серьезные ограничения на жизнь людей, что может проявляться в виде депрессии на фоне отсутствия получения удовольствия от еды, в виде увеличения или, наоборот, уменьшения количества потребляемой пищи (по данным литературы).

Среди продуктов, с вкусоароматическим восприятием которых возникают наиболее частые проблемы, преобладают мясо, яйца и молочные продукты, т.е. одни из основных источников белка.

Таким образом, исследование открывает сразу несколько направлений для дальнейшей работы. Одной из главных задач, на наш взгляд, является разработка программ реабилитации для пациентов с хемосенсорными нарушениями. Вторым направлением является изучение состояния пациентов с данными нарушениями и изменения качества их жизни с сохраненной симптоматикой. Также мы считаем, что важно будет изучить, как изменяется содержание различных веществ, в первую очередь белка, у пациентов при наличии проблем с вкусоароматическим восприятием определенных продуктов.

Считаем, что исследования в данной области помогут более детально раскрыть физиологию хемосенсорных механизмов, а также будут полезны для ЛОР-врачей и неврологов.

### **Список литературы**

1. Handbook of Perception : Tasting and Smelling / Carterette E. C., Friedman M. P. (eds.). New York : Academic Press, 1978. Vol. VI, A. 488 p.
2. Ikeda K. New Seasonings // Chemical Senses. 2002. № 27. P. 847–849.
3. Fondberg R., Lundström J. N., Seubert J. (2021) Odor-taste interactions in food perception: Exposure protocol shows no effects of associative learning // Chemical Senses. doi: 10.1093/chemse/bjab003. PMID: 33474567
4. Шеперд Г. Нейрогастрономия. Почему мозг создает вкус еды и как этим управлять /пер. с англ. К. Д. Алиевой. М. : ЭКСМО, 2021. 320 с.
5. Mennella J. A., Reiter A., Brewer B. [et al.]. Early Weight Gain Forecasts Accelerated Eruption of Deciduous Teeth and Later Overweight Status during the First Year // J. Pediatr. 2020. Jun 15. doi: 10.1016/j.jpeds.2020.06.019. PMID: 32553836
6. Petty S., Salame C., Mennella J. A., Pepino M. Y. Relationship between Sucrose Taste Detection Thresholds and Preferences in Children, Adolescents, and Adults // Nutrients. 2020. № 12 (7). doi: 10.3390/nu12071918. PMID: 32610456
7. Mennella J. A., Robert K. M., Matthew P. S., & Reed D. R. Children's perceptions about medicines: Individual differences and taste // BMC Pediatrics. 2015. № 130. doi: 10.1186/s12887-015-0447-z
8. Mennella J. A., Bobowski N. K. The sweetness and bitterness of childhood: Insights from basic research on taste preferences// Physiology & Behavior. 2015. № 152. P. 502–507.
9. Mennella J. A., Reed D. R., Mathew P. S. [et al.]. "A spoonful of sugar helps the medicine go down": Bitter masking by sucrose among children and adults // Chemical Senses. 2015. № 40. P. 17–25.
10. Gerkin R. C., Ohla K., Veldhuizen M. G. [et al.]. GCCR Group Author. Recent smell loss is the best predictor of COVID-19 among individuals with recent respiratory symptoms // Chemical Senses. 2021. № 46. URL: <https://doi.org/10.1093/chemse/bjaa081>
11. Menni C., Valdes A. M., Freidin M. B. [et al.]. Real-time tracking of self-reported symptoms to predict potential COVID-19 // Nature Medicine. 2020. № 26. P. 1037–1040.
12. Zhu N., Zhang D., Wang W. [et al.]. China Novel Coronavirus Investigating and Research Team. A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019 // New England Journal of Medicine. 2020. № 382 (8). P. 727–733.

13. Coronaviridae Study Group of the International Committee on Taxonomy of Viruses. The species Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: classifying 2019-nCoV and naming it SARS-CoV-2 // *Nature Microbiology*. 2020. № 5(4). P. 536–544.

14. *Анатомия человека : учебник / под ред. С. С. Михайлова. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Медицина, 1984. 704 с.*

15. Быстрова М. Ф., Колесников С. С. Правило «один нейрон – один рецептор» в физиологии и генетике обоняния // *Успехи физиологических наук*. 2020. Т. 51, № 3. С. 3–15.

16. Бофанова Н. С., Милтых И. С., Зенин О. К. Вопросы патогенеза некоторых неврологических осложнений при новой коронавирусной инфекции (по данным зарубежной литературы) // *Профилактическая медицина*. 2022. Т. 28, № 8. С. 98–104.

17. Swanson P. A., McGavern D. B. Viral diseases of the central nervous system // *Current Opinion in Virology*. 2015. № 11. P. 44–54. URL: <https://doi.org/10.1016/j.coviro>

18. Spinato G., Fabbris C., Polesel J. [et al.]. Alterations in smell or taste in mildly symptomatic outpatients with SARS-CoV-2 infection // *JAMA*. 2020. P. 2089–2090. doi: 10.1001/jama.2020.6771

19. Cecchetto C., Di Pizio A., Genovese F. [et al.]. Assessing the extent and timing of chemosensory impairments during COVID-19 pandemic // *Sci. Rep.* 2021. № 11. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96987-0>

20. Hannum M. E., Reed D. R. COVID-19-Associated Loss of Taste and Smell and the Implications for Sensory Nutrition // *Sensory Science and Chronic Diseases / Joseph P. V., Duffy V. B. (eds.). Springer, Cham., 2021. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-86282-4\_12*

### ***Информация об авторах***

***Мишин Вадим Андреевич***, студент, Пензенский государственный университет

***Мурзаева Карина Юрьевна***, студентка, Пензенский государственный университет

***Милтых Илья Сергеевич***, студент, Пензенский государственный университет

***Зак Светлана Сергеевна***, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Физиология человека», Пензенский государственный университет

***Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.***

## СЛУЧАЙ ГЕМОРРАГИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ВЕТРЯНОЙ ОСПЫ

М. В. Никольская<sup>1</sup>, Ханфар Язан Ахмад Мохаммад Лутфи<sup>2</sup>,  
О. В. Анненкова<sup>3</sup>, О. Н. Лесина<sup>4</sup>, Е. А. Воробьева<sup>5</sup>

<sup>1,2,3</sup>Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

<sup>4</sup>Пензенский институт усовершенствования врачей  
(филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России), Пенза, Россия

<sup>5</sup>Пензенский областной клинический центр  
специализированных видов медицинской помощи, Пенза, Россия

<sup>1</sup>missmarina1956@yandex.ru

<sup>2,3</sup>yazankhanfar36@yahco.com

<sup>4</sup>olesinasampe@mail.ru

<sup>5</sup>svmp@penzadom.ru

**Аннотация.** Проведен литературный поиск, приведено собственное наблюдение случая геморрагической формы ветряной оспы с летальным исходом у подростка 14 лет. Подчеркивается важность вакцинации против ветряной оспы в детском возрасте для уменьшения опасных для жизни осложнений.

**Ключевые слова:** ветряная оспа, геморрагическая форма, диагностика

**Для цитирования:** Никольская М. В., Ханфар Язан Ахмад Мохаммад Лутфи, Анненкова О. В., Лесина О. Н., Воробьева Е. А. Случай геморрагической формы ветряной оспы // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 2. С. 39–43.

### Введение

Ветряная оспа – одно из самых распространенных детских инфекционных заболеваний, обычно протекающее с симптомами токсикоза и экзантемой. В среднем ежегодно во всем мире регистрируется около 60 млн случаев ветряной оспы [1]. При этом высокие показатели заболеваемости регистрируются у детей, но удельный вес взрослых в настоящее время увеличивается [2, 3]. По оценке ВОЗ ежегодно в 4,2 млн тяжелых и осложненных случаев ветряной оспы происходит госпитализация, а 4200 случаев приводят к летальному исходу во всем мире [4]. Обычно это заболевание протекает достаточно легко с умеренно выраженной интоксикацией и экзантемой, но иногда могут развиваться тяжелые осложнения, что может привести к летальному исходу, особенно у пациентов с ослабленным иммунитетом [5]. Редко осложнения могут возникать и у совершенно здоровых людей, в том числе у тех, у кого в анамнезе имеется иммунитет к ветряной оспе [6]. Диссеминированные формы заболевания связаны с высокой смертностью 46–55 %, и летальный исход обычно происходит в течение 48 ч от начала заболевания [7]. При возникновении инфекции индуцируется выработка антител IgM, IgG и IgA в течение 2–5 дней после появления сыпи, но они обладают неполным защитным действием. Клеточный иммунитет более важен, и при его нарушении чаще развиваются такие осложнения, как геморрагическая ветряная оспа, энцефалит, пневмонит, гепатит и тромбоцитопения [1].

© Никольская М. В., Ханфар Язан Ахмад Мохаммад Лутфи, Анненкова О. В., Лесина О. Н., Воробьева Е. А., 2023

Геморрагическая ветряная оспа может быть неправильно диагностирована врачами из-за незнания этой болезни, симптомы диссеминированной ветряной оспы включают множественные кровоизлияния (внутричерепное кровоизлияние, геморрагический гастрит, геморрагический отек легких, разрыв селезенки, кровоизлияние в надпочечники и гифему), энцефалит, пневмонию [8]. Тромбоцитопения и ДВС-синдром могут привести к возникновению гастроррагии, цисторрагии и, наконец, геморрагического шока. Болевой синдром часто является ранним симптомом диссеминации, которая свидетельствует о поражении многих системных органов, таких как желудок, кишечник и селезенка [9]. Боль часто возникает в эпигастральной области живота, иногда с вовлечением правого подреберья или с иррадиацией в спину. Боль в животе обычно появляется раньше, до появления сыпи, со средним интервалом 6,5 дней, и иногда у некоторых пациентов поражение кожи отсутствует, что может привести к неправильной диагностике [10]. Описаны различные этиологические механизмы коагулопатии при ветряной оспе, начиная от вторичной тромбоцитопении и заканчивая диссеминированным внутрисосудистым свертыванием. В обзоре Чаркса говорится о пяти основных клинических синдромах пурпуры: фебрильная пурпура, злокачественная ветряная оспа с пурпурой, постинфекционная пурпура, молниеносная пурпура и анафилактоидная пурпура (Геноха – Шенлейна) [11]. Чаркс описывает «фебрильную пурпуру» как наиболее распространенную и доброкачественную геморрагическую сыпь при ветряной оспе. Считается, что тромбоцитопения напрямую связана с высотой лихорадки. Патогенез связан с повышением капиллярного давления на фоне гиперемии кожи. Течение и прогноз обычно благоприятные. Существуют несколько теорий, которые предлагают объяснить механизм развития тромбоцитопении при ветряной оспе. Повышенный ответ антител предполагает возможность аутоиммунного механизма [12]. Методом иммуноблоттинга у пациентов с тромбоцитопенией были обнаружены тромбоцит-специфические антитела IgM против различных поверхностных гликопротеинов тромбоцитов (GP), а именно: GPIb, GPIIb, GPIIIa и GPV [12]. Другие ученые предполагают, что прямое взаимодействие между вирусом и тромбоцитами приводит к раннему удалению тромбоцитов ретикулоэндотелиальной системой [13]. Также есть предположение, что высвобождение нейраминидазы из вируса атакует сиаловую кислоту в мембране тромбоцитов и приводит к ее разрушению [14]. Еще одной причиной тромбоцитопении может быть вирусное повреждение сосудов, при котором тромбоциты удаляются с неэндотелиализированных поверхностей [15].

Первые 72 ч имеют решающее значение в развитии осложнений и прогнозе тяжелых форм ветряной оспы, потому что именно столько времени нужно организму для формирования иммунитета после появления сыпи и большинство смертей от осложненных форм ветряной оспы возникает именно в этот период [16]. Пациентам с подозрением на геморрагическую форму ветряной оспы противовирусная терапия наряду с поддерживающей терапией должна быть назначена и начата как можно скорее, чтобы свести к минимуму летальность.

Все эти данные свидетельствуют о важности вакцинации против ветряной оспы в детском возрасте для уменьшения опасных для жизни осложнений.

### ***Клинический случай***

Проанализированы литературные данные, описано собственное клиническое наблюдение случая геморрагической формы ветряной оспы у подростка, не имеющего хронических заболеваний и подтвержденного иммунодефицита.

Мальчик, 14 лет, заболел остро 25 ноября 2022 г., когда (со слов мамы) появились боли в пояснице и внизу живота. На следующий день боли усилились после участия в спортивном соревновании (занимается единоборствами). Осмотрен врачом «Скорой помощи» и врачом приемного отделения районной больницы. Направлен в Областную детскую больницу, осмотрен травматологом и хирургом, острая хирургическая патология

исключена, ребенок отпущен домой; 27 ноября 2022 г. боли в животе сохранялись, родители с ребенком вновь обратились в больницу, госпитализирован в хирургическое отделение ОДБ, в этот же день сделана диагностическая лапаротомия. В ночь на 28 ноября 2022 г. на коже ребенка появились высыпания папулезно-везикулезного характера, повысилась температура до 38,5 °С. С диагнозом «Ветряная оспа» ребенок переведен в инфекционную больницу. Из анамнеза выяснено, что ребенок рос и развивался соответственно возрасту, хроническими заболеваниями не страдал. Ветряной оспой не болел и не привит от нее. Подтвержденного контакта с большими инфекционными болезнями не установлено.

При поступлении состояние ребенка ближе к тяжелому, вялый, аппетит снижен, жалуется на боли в животе. Кожа физиологической окраски, на коже лица, волосистой части головы, туловища, конечностей обильная полиморфная сыпь – папулы, везикулы, начинают формироваться единичные геморрагические корочки. На слизистых оболочках ротовой полости – везикулезная сыпь. Менингеальных симптомов нет. Со стороны дыхательной, сердечно-сосудистой и мочевыделительной систем патологии не выявлено. Живот участвует в акте дыхания, при пальпации болезненный во всех отделах, симптомов раздражения брюшины нет, печень увеличена (+1 см). С учетом результатов лабораторного исследования – лейкоцитоз в клиническом анализе крови, изменения в коагулограмме, нарастание показателей аминотрансфераз и лактатдегидрогеназы, данных фиброгастроуденоскопии (эрозивно-геморрагический эзофагит) ребенок переведен в отделение реанимации и интенсивной терапии. Резкое ухудшение состояния отмечалось в ночь на 30 ноября 2022 г. – усилились геморрагические проявления, на коже лица, туловища появились везикулезные высыпания с геморрагическим содержимым, кровоточивость из мест инъекций, геморрагические элементы сыпи на слизистых оболочках. Ребенок был возбужден, беспокоен. Появились признаки дыхательной недостаточности – сатурация SpO<sub>2</sub> 82 % без кислорода, тахипноэ до 42 дыханий в минуту. При аускультации дыхание жесткое, выслушиваются единичные сухие хрипы слева. По данным компьютерной томографии – интерстициальные изменения в обоих легких (с учетом клинических данных соответствует вирусной пневмонии). Начата низкопоточная оксигенотерапия увлажненным кислородом. Состояние прогрессивно ухудшалось – нарастали явления дыхательной и сердечно-сосудистой недостаточности (тахипноэ, тахикардия 140–150 уд/мин), нарушения микроциркуляции.

Проведено лабораторное и инструментальное обследование ребенка. В анализах крови выявлена анемия от 1 декабря 2022 г. – гемоглобин 76 г/л, эритроциты  $2,65 \cdot 10^{12}/л$ , тромбоцитопения  $78 \cdot 10^9/л$ , лейкоцитоз  $21,61 \cdot 10^9/л$ , гипоальбуминемия 27,32 г/л, повышение уровня билирубина до 52,39 мкмоль/л, повышение активности аминотрансфераз (АЛТ 4457,2 Ед/л, АСТ 7228,4 Ед/л), повышение уровня лактатдегидрогеназы (13 351 Ед/л), мочевины до 16,1 ммоль/л. Анализ крови на прокальцитонин – 37,03 нг/мл. Показатели коагулограммы: АЧВТ – 52,7–67,0 с, фибриноген 0,34 г/л, протромбин по Квику не определяется. Методом ИФА антитела к вирусам гепатитов А, В, С, Е отрицательны, выявлены IgG к цитомегаловирусу, IgG к капсидному антигену вируса Эпштейн – Барр, что свидетельствует о недавно перенесенном инфекционном мононуклеозе. При рентгенологическом исследовании органов грудной клетки диагностирована двусторонняя очаговая полисегментарная пневмония. Методом ПЦР подтверждена ветряная оспа – выделена ДНК VZV из содержимого везикул и крови больного. На основании клинических и лабораторных данных выставлен диагноз: «Ветряная оспа, генерализованная геморрагическая форма, тяжелая степень тяжести. Гепатит, двусторонняя очаговая полисегментарная пневмония, кардит, геморрагический эзофагит, мезаденит. Осложнения заболевания: ИТШ 3-й степени, геморрагический синдром, полиорганная недостаточ-

ность: дыхательная недостаточность 2–3-й степени, сердечно-сосудистая недостаточность II В. Не исключается иммунная недостаточность». Проводилась терапия: противовирусные препараты (ацикловир), антибактериальные препараты, инфузионная дезинтоксикационная терапия, иммуноглобулин человеческий, глюкокортикостероиды, свежезамороженная плазма, посиндромная терапия. Проведена телемедицинская консультация с врачом-реаниматологом г. Москвы. Несмотря на проводимую терапию, состояние ребенка прогрессивно ухудшалось, и 1 декабря 2022 г. при явлениях полиорганной недостаточности и геморрагического синдрома наступила смерть пациента.

### **Заключение**

Описанное клиническое наблюдение представляет интерес как крайне редкий вариант течения широко распространенного заболевания – ветряной оспы у подростка без сопутствующих хронических и острых заболеваний. Можно предположить, что недавно перенесенная герпетическая инфекция, вызванная вирусом Эпштейн – Барр, оказала неблагоприятное, иммуносупрессивное действие и способствовала более тяжелому течению другой герпетической инфекции – ветряной оспы. Доказана целесообразность вакцинации людей против вируса варицелла-зостер, которое способствует уменьшению тяжелых осложнений этого заболевания в человеческой популяции.

### **Список литературы**

1. Nageswaramma S., Kumari G. S., Dorai B. K. Hemorrhagic Varicella. Indian // Journal of Paediatric Dermatology. 2018. № 19(2). P. 143–145. doi: 10.4103/ijpd.IJPD\_24\_17
2. Кокорева С. П., Илунина Л. М., Казарцева Н. В. Клиника и течение ветряной оспы в современных условиях // Лечение и профилактика. 2016. № 4. С. 13–20.
3. Lamont R. F., Sobel J. D., Carrington D. [et al.]. Varicellazoster virus (chickenpox) infection in pregnancy // BJOG: An International Journal of Obstetrics and Gynaecology. 2011. Sep. 118 (10). P. 1155–1162.
4. World Health Organization // Wkly Epidemiol. Rec. 2014. № 89. P. 265–287.
5. Akiyama M., Kobayashi N., Fujisawa K., Eto Y. Disseminated Varicella-Zoster virus infection in a girl with T-lineage acute lymphoblastic leukemia // Pediatr. Blood Cancer. 2007. № 48 (7). 716 p. doi: 10.1002/pbc.20867
6. Petrun B., Williams V., Brice S. Disseminated varicella-zoster virus in an immunocompetent adult // Dermatol. Online J. 2015. № 21 (3). doi: 13030/qt3cz2x99b
7. Grant R. M., Weitzman S. S., Sherman C. G. [et al.]. Fulminant disseminated Varicella Zoster virus infection without skin involvement // J. Clin. Virol. 2002. № 24 (1-2). P. 7–12. doi: 10.1016/s1386-6532(01)00217-7
8. Matsuo K., Uozumi Y., Miyamoto H. [et al.]. Varicella-zoster vasculitis presenting with cerebellar hemorrhage // J. Stroke Cerebrovasc. Dis. 2015. № 24 (6). P. e153–e155. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2015.03.003
9. Uthayakumar A., Harrington D. Spontaneous splenic rupture complicating primary varicella zoster infection: a case report // BMC Res Notes. 2018. № 11 (1). P. 334. doi: 10.1186/s13104-018-3430-6
10. Müller I., Aepinus C., Beck R. [et al.]. Noncutaneous varicella-zoster virus (VZV) infection with fatal liver failure in a child with acute lymphoblastic leukemia (ALL) // Med. Pediatr. Oncol. 2001. № 37 (2). P. 145–147. doi: 10.1002/mpo.1186
11. Charkes N. D. Purpuric chickenpox: Report of a case, review of the literature, and classification by clinical features // Ann Intern. Med. 1961. № 54. P. 745–759. doi: 10.7326/0003-4819-54-4-745
12. Mayer J. L., Beardsley D. S. Varicella-associated thrombocytopenia: autoantibodies against platelet surface glycoprotein V // Pediatr. Res. 1996. № 40 (4). P. 615–619. doi: 10.1203/00006450-199610000-00017
13. Feusner J. H., Slichter S. J., Harker L. A. Mechanisms of thrombocytopenia in varicella // Am J. Hematol. 1979. № 7 (3). P. 255–264. doi: 10.1002/ajh.2830070308

14. Scott S., Reimers H. J., Chernesky M. A. [et al.]. Effect of viruses on platelet aggregation and platelet survival in rabbits // Blood. 1978. № 52 (1). P. 47–55.
15. McKay D. G., Margaretten W. Disseminated intravascular coagulation in virus diseases // Arch. Intern. Med. 1967. № 120 (2). P. 129–152.
16. Suman S. Hemorrhagic chickenpox // International Journal of Research in Dermatology. 2020. № 6 (4). P. 573. doi: 10.18203/issn.2455-4529.intjresdermatol20202670

### ***Информация об авторах***

***Никольская Марина Викторовна***, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры «Микробиология, эпидемиология и инфекционные болезни», Пензенский государственный университет

***Ханфар Язан Ахмад Мохаммад Лутфи***, студент, Пензенский государственный университет

***Анненкова Ольга Владимировна***, студентка, Пензенский государственный университет

***Лесина Ольга Николаевна***, кандидат медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой «Инфекционные болезни», Пензенский институт усовершенствования врачей (филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России)

***Воробьева Елена Александровна***, заведующий отделением, Пензенский областной клинический центр специализированных видов медицинской помощи

***Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.***

# ЭКОНОМИКА, СОЦИОЛОГИЯ, ПРАВО

УДК 351.74

## ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СОТРУДНИКОВ ПОЛИЦИИ

О. А. Ермачкова

Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

olesaermackova66@gmail.com

**Аннотация.** Технологическое развитие общества ставит новые задачи перед государством в обеспечении информационной безопасности сотрудников полиции. Личная профессиональная безопасность сотрудников является первоначальной мерой для компетентной и продуктивной службы полицейских. Помимо обеспечения информационной безопасности сотрудников полиции, необходимо также следить и за защитой их близких в информационном пространстве.

**Ключевые слова:** информационная безопасность, личная профессиональная безопасность, сотрудники полиции, организация защиты информации, защищенность сотрудников полиции

**Для цитирования:** Ермачкова О. А. Особенности обеспечения информационной безопасности сотрудников полиции // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 2. С. 44–50.

В условиях технического прогресса информация играет существенную роль как в жизни гражданского общества, так и в жизни органов государственной власти. Полиция в данном случае не является исключением. Актуальность темы исследования обусловлена тем, что стремительное развитие средств коммуникаций и инновационных технологий не всегда обеспечивает полную безопасность информации. Можно с уверенностью сказать о том, что в современных условиях существует достаточное количество угроз информации, выраженное в возможности получить неправомерный доступ к ней. Однако подобного рода угрозы могут исходить от самой информации: недостоверная, ложная, вредоносная информация наносит урон личности, обществу и государству. Угроза информации также может выражаться в недостатке самой информации.

В настоящее время для поддержания достаточного уровня эффективности деятельности сотрудников полиции защита информационных ресурсов на всех направлениях их деятельности является одной из приоритетных задач.

Личная безопасность сотрудника полиции – это особая система мер: психологических, тактических, правовых и защитных. Совокупность этих мер направлена на защиту личности сотрудников полиции, их жизни, здоровья, имущества, психологического состояния, а также воспитание в сотруднике полиции готовности стойко переносить неблагоприятные факторы служебной деятельности. Обеспечение профессиональной безопасности признается нравственной задачей, этому направлению уделяется большое

внимание. В число составляющих личной профессиональной безопасности сотрудника полиции входит право на защиту информации, а также на предоставление актуальной информации по мере необходимости.

Органы внутренних дел представляют большой интерес для гражданского общества и преступного мира, и в этой связи информационная безопасность сотрудников полиции находится под угрозой. Так, в 2019 г. произошла крупная утечка личных данных порядка 500 сотрудников полиции в результате крупной хакерской атаки на информационную систему ряда банков. В результате взлома базы данных в свободном доступе оказались паспортные данные, номера телефонов и адреса проживания нескольких сотен сотрудников полиции [1, с. 2].

Несмотря на последние события, Россия продолжает реализовывать свою деятельность на международной арене. В своей деятельности российские полицейские используют зарубежные информационные технологии. Все это провоцирует рост угроз относительно всей информационной структуры безопасности органов государственной власти России. Несмотря на то, что ежедневно разрабатываются методы по адекватному противодействию всем вышеуказанным угрозам, к сожалению, некоторые проблемы все же имеются.

Проблемы организации информационной безопасности как одного из компонентов всей системы личной профессиональной безопасности сотрудника полиции в настоящее время становятся все более актуальными. Обусловлено это активным переходом от традиционной бумажной документации к автоматизированным системам ведения документооборота. Информационная безопасность сотрудников полиции носит концептуальный характер и включает в себя различные методы и средства защиты и предоставления доступа к информации.

Все вышеизложенное обуславливает актуальность темы исследования.

Деятельность по обеспечению личной профессиональной безопасности, как и всякая система обеспечительных мер, имеет свою нормативно-правовую базу. Так, при регулировании вопросов обеспечения личной профессиональной безопасности сотрудников полиции в сфере обеспечения информационной безопасности применяются положения таких нормативных актов, как Федеральный закон «О безопасности»<sup>1</sup>, «О государственной тайне»<sup>2</sup>, «О полиции»<sup>3</sup>, «Об информации»<sup>4</sup> и некоторые другие.

С точки зрения направлений обеспечения информационной безопасности в деятельности полиции можно выделить два основных компонента, входящих в эту систему:

1. Правовой компонент, заключающийся в праве на получение сотрудниками полиции достоверной, актуальной и своевременной информации.
2. Правовой компонент, заключающийся в обеспечении надлежащей защиты личной и профессиональной информации сотрудников полиции.

Если более четко сформулировать направления деятельности, которые входят в систему задач по обеспечению информационной безопасности в деятельности сотрудников полиции, необходимо выделить следующие меры:

- разработка направлений научно-технической политики в сфере обеспечения информационной безопасности деятельности сотрудников полиции;

<sup>1</sup> О безопасности : федер. закон № 390-ФЗ от 28.12.2010 (в ред. от 09.11.2020) // Российская газета. 29.12.2010. Ст. 2.

<sup>2</sup> О государственной тайне : федер. закон № 5485-1 от 21.07.1993 (в ред. от 05.12.2022) // Российская газета. 22.07.1993. Ст. 6.

<sup>3</sup> О полиции : федер. закон № 3-ФЗ от 07.02.2011 (в ред. от 24.02.2021) // Российская газета. 08.02.2011. Ст. 5.

<sup>4</sup> Об информации, информационных технологиях и о защите информации : федер. закон № 149-ФЗ от 27.07.2006 (в ред. от 05.12.2022) // Российская газета. 27.07.2006. Ст. 8.

- организация защиты информации от несанкционированного доступа к ресурсам системы полиции;
- реализация методов и средств, обеспечивающих своевременное прогнозирование, а также ликвидацию угроз информационной безопасности деятельности сотрудников полиции, и дальнейшее устранение негативных последствий реализованной угрозы;
- обеспечение информационной безопасности сотрудников полиции на уровне межведомственного взаимодействия;
- контроль технического аудита уровня состояния защищенности информационной системы сотрудников полиции;
- совершенствование материально-технической базы, направленной на защиту информации сотрудников полиции;
- педагогическая и практическая работа с сотрудниками полиции, в целях приобретения навыков защиты информации, внутри образовательных учреждений полицейской системы и на курсах повышения квалификации.

В рамках настоящего исследования необходимо рассмотреть каждое из направлений защиты информационной безопасности сотрудников полиции более подробно.

В настоящее время существует необходимость в быстром и надежном получении сведений, используемых в правоохранительной деятельности, по различным физическим и логическим каналам передачи данных.

Выше было упомянуто, что одной из составляющих личной профессиональной безопасности органов полиции является их право на своевременное и беспрепятственное получение необходимой информации. Под этим понимается степень доступности получения необходимых сведений сотрудниками полиции, которые касаются их деятельности. В широком смысле этого определения понимается способность вышестоящих органов и руководящих лиц предоставлять сотрудникам полиции информацию, необходимую для осуществления ими своей профессиональной деятельности, а также предоставление возможности беспрепятственно запрашивать, искать и получать в режиме реального времени необходимую информацию с возможностью передачи и распространения вышеуказанной информации в дальнейшем.

Под информацией, необходимой сотрудникам полиции, понимается разнообразный спектр документации и материалов, которые непосредственно связаны с деятельностью органов полиции, вне зависимости от их форм хранения, а также источников и временных рамок издания [2, с. 122–123].

На законодательном уровне также закрепляются гарантии полноты и сохранности сведений, которые запрашивают сотрудники полиции, вне зависимости от формы хранения запрашиваемой информации.

Законодатель также устанавливает запрет на распространение указанной выше информации, а также запрет на разглашение личных сведений о лицах, состоящих на службе в полиции, в совокупности с правом невмешательства в частную жизнь.

Любые отказы в предоставлении информации сотрудникам полиции должны быть четко обоснованы, в том числе и с ссылками на законодательство.

Если сотрудник полиции получает отказ на предоставление запрашиваемой информации, он должен получить письменное разъяснение, в котором будут обоснованы основания для отказа с ссылками на нормы законодательства. В этом же случае сотруднику полиции должно быть предоставлено право на юридическое обжалование отказа, а также указаны разумные сроки подачи жалобы в случае с несогласием сотрудника на отказ в предоставлении необходимой ему информации [3, с. 199–206].

Важной составляющей информационной защиты сотрудников полиции являются принципы, которыми руководствуются полицейские при реализации полномочий в сфере информационного обеспечения граждан, обращающихся за предоставлением необхо-

димых сведений к сотрудникам полиции. На практике их также называют принципами информационной открытости деятельности полиции.

Соблюдение и реализация этих принципов, бесспорно, влияют на уровень информационной защиты полицейских, поскольку своевременное и полное предоставление информации сотрудниками полиции защищает их от несанкционированных вмешательств в информационные базы (на практике фиксируются случаи, когда недобросовестные граждане в случае отказа предоставлении информации пытались получить ее самостоятельно, в том числе путем хакерских атак на информационные базы подразделений полиции), а также от психологических потрясений и эмоционального давления со стороны лиц, не получивших доступ к необходимой информации.

В рамках настоящего исследования необходимо озвучить эти принципы:

– принцип доступности, предусматривающий право граждан получать от сотрудников полиции необходимую информацию, в некоторых случаях не только в отношении себя лично, но и других лиц;

– принцип равенства. Любой гражданин имеет право на получение необходимой информации от сотрудников полиции вне зависимости от его социального статуса;

– принцип оперативности. Процедура предоставления необходимой гражданам информации должна быть быстрой, эффективной и слаженной. Срок рассмотрения запроса на получение информации должен быть разумным, не выходящим за временные рамки, установленные законодательством;

– принцип достоверности предоставляемой информации сотрудниками полиции по запросу граждан. Предоставляемая информация должна быть актуальной и полной. Необходимо законодательно предусмотреть ответственность за намеренное искажение предоставляемой информации;

– принцип открытости. Все мероприятия по предоставлению информации должны быть доступны для граждан;

– принцип правомерного ограничения предоставляемой информации. Отказ на предоставление информации должен быть обоснован законодательно.

Это далеко не все принципы, но перечислены самые значимые. Сотрудникам полиции, в целях обеспечения личной профессиональной безопасности в сфере информационной защиты, необходимо непрерывно заниматься профессиональной подготовкой с целью приобретения знаний, касаемых получения информации как самим лично, так и в процессе предоставления ее гражданам. В рамках этого направления необходимо усвоить нормы законодательства, источники, возможные для получения информации, и т.д. [4, с. 811–821].

При обеспечении информационной безопасности сотрудников полиции необходимо обратить внимание на качество и количество информации, передаваемой в средства массовой информации. СМИ являются первичным источником информации, и в этой связи очень важно тщательно отбирать информацию, передаваемую им. Построение межорганизационных связей полиции и представителей федеральных каналов, периодических изданий крайне важно для избежание утечки информации, способной оклеветать и дискредитировать деятельность сотрудников полиции [5, с. 181–187].

Конституция Российской Федерации закрепляет право на неприкосновенность частной жизни, тайну переписки и личной тайны. Действие этого конституционного положения также распространяется на деятельность сотрудников полиции. В настоящее время можно констатировать тот факт, что защита личной информации сотрудников полиции организована неудовлетворительно.

В 2016 г. независимыми экспертами проводилось исследование. Так, в рамках этого исследования были получены следующие аналитические данные. Ниже приведен пере-

чень самых распространенных угроз личной информации сотрудников полиции. К ним относятся:

- намеренная кража сведений из информационных систем полицейских подразделений;
- внедрение вредоносного программного обеспечения в информационные системы подразделений полиции с целью кражи информации (вирусных программ по типу «Троян»);
- спам (сотруднику направляется ссылка, переходя по которой, он получает вредоносное ПО);
- халатность сотрудников, обеспечивающих защиту личной информации сотрудников полиции;
- ненадлежащая работа информационных программных обеспечений, аппаратные и программные сбои;
- преступные действия, направленные на кражу оборудования;
- эпизоды финансового мошенничества.

Основным направлением деятельности в области обеспечения личной информационной безопасности сотрудников полиции являются пресечение и ликвидация возможных каналов утечки информации. Под утечкой информации в правоприменительной практике понимается несанкционированный выход информации за пределы информационных баз, т.е. акт неправомерного завладения этой информацией и использование ее в собственных интересах. Утечка информации может быть выражена в намеренной краже и взломе информационных систем, раскрытии, разглашении и распространении таких данных.

Утечка информации, бесспорно, представляет большую опасность для деятельности органов полиции. Несанкционированное получение личной информации сотрудника полиции может подорвать его профессиональный авторитет, а также спровоцировать возникновение реальной угрозы его жизни и здоровью и его близким [6, с. 167].

Фиксировались случаи, когда преступные элементы намеренно крали личную информацию сотрудника, в основном адреса места жительства, с целью осуществления мести сотруднику за выполнение им профессиональных задач – изблечение преступных деяний и задержание виновных лиц [7, с. 63–68].

Тем не менее, раскрытие и разглашение личной информации сотрудника полиции может исходить не только от преступных элементов, но также и внутри коллектива. В практике деятельности полиции возникали случаи, когда по вине сотрудника подразделения разглашались сведения о личной и семейной жизни другого сотрудника, вследствие чего подрывался профессиональный авторитет последнего, а также портились отношения в коллективе.

В настоящее время с целью защиты личной информации сотрудников полиции разработано множество средств и методов, в том числе и система технической защиты персональных данных сотрудников полиции от несанкционированного доступа третьих лиц. Доступ к личной информации сотрудника имеет сам сотрудник полиции, а также его руководство в необходимых случаях [8, с. 38–42].

С целью защиты личной информации сотрудника полиции организуется слаженная регистрация учета такой информации, устанавливается антивирусная защита (в случаях, если информация хранится на электронном носителе или в электронной системе базы данных), реализуется криптографическая защита персональных данных [9, с. 38–42].

В системе хранения личной информации периодически проводятся контроль обнаружения незаконных вторжений, анализ защищенности информации.

В целом, существующие системы защиты в достаточной мере обеспечивают целостность и конфиденциальность информации, касающейся лично сотрудников полиции [10, с. 1–8].

Отдельное внимание необходимо обратить на такое направление обеспечения информационной безопасности: информация с грифом секретности. В органах полиции уделяется большое внимание засекречиванию такой информации, разглашение которой может нанести непоправимый ущерб государству и отдельным сотрудникам полиции, в частности. Доступ к такой информации осуществляется только на основании законодательства и по решению вышестоящих органов в отношении того или иного лица [11, с. 1–8].

Таким образом, по итогам исследования можно сделать следующие выводы.

В настоящее время с целью поддержания надлежащего уровня информационной защищенности сотрудников полиции реализуется политика в нескольких направлениях, таких как, например, возможность получения необходимой информации и защиты личной информации сотрудников полиции.

Тем не менее, можно констатировать тот факт, что в настоящее время при проведении государственной политики в области информационной защиты сотрудников полиции все же имеются некоторые проблемы. Возникают проблемы в предоставлении сотрудникам полиции необходимой информации, рассекречиваются их личные сведения.

Ухудшается ситуация с обеспечением сохранности сведений, составляющих государственную тайну.

В современных условиях ограничения финансирования деятельности по защите информации в органах полиции решение этой проблемы просто не представляется возможным, но пути разрешения рассмотренных выше проблем необходимо найти, потому что надлежащее обеспечение предоставления и защиты информации прямо влияет не только на информационное обеспечение сотрудника полиции, но и на его физическую, психологическую и экономическую безопасность.

### **Список литературы**

1. Личные данные сотен сотрудников МВД и ФСБ попали в Сеть. URL: <https://dailystorm.ru> (дата обращения: 23.11.2022).
2. Бакулин В. М. О некоторых аспектах обеспечения информационной безопасности сотрудниками органов внутренних дел // Научный портал МВД России. 2018. № 1. С. 121–126.
3. Долинко М. В. Некоторые аспекты информационной безопасности системы материально-технического снабжения ОВД МВД России в особых условиях // Вестник Московского университета МВД России. 2013. № 7. С. 199–206.
4. Ефремов А. В. Проблемы обеспечения информационной безопасности в системе МВД России при работе с базами данных // Вопросы российского и международного права. 2020. Т. 10, № 11А. С. 229–235.
5. Завгородний Е. Н. Развитие системы обеспечения информационной безопасности в органах внутренних дел // StudNet. 2021. № 7. С. 811–821.
6. Кобелева Н. А. Современные информационные технологии в правоохранительной деятельности // Молодой ученый. 2022. № 18. С. 279–283.
7. Козьминых И. С. Аудит информационной безопасности // Вестник Московского университета МВД России. 2016. № 1. С. 181–187.
8. Козьминых С. Н. Моделирование систем и процессов обеспечения информационной безопасности в органах внутренних дел // Вестник Московского университета МВД России. 2016. № 2. С. 161–169.
9. Лебедев В. Н. Мероприятия по обеспечению безопасности персональных данных как элемент системы технической защиты персональных данных в органах внутренних дел // Труды Академии управления МВД России. 2015. № 3. С. 63–68.

10. Лебедев В. Н. Система технической защиты персональных данных в органах внутренних дел Российской Федерации: основные положения и элементы // Труды Академии управления МВД России. 2014. № 1. С. 38–42.

11. Козьминых С. И. Организация защиты информации в органах внутренних дел : учеб. пособие. М. : Моск. ун-т МВД России, 2013. Ч. I. 167 с.

### ***Информация об авторе***

**Ермачкова Ольга Александровна**, студентка, Пензенский государственный университет

**Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.**

## ПРИЧИНЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ «АУЕ» СРЕДИ НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИХ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Ю. В. Никитина

Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

msnikitinao2@mail.ru

**Аннотация.** Рассматривается криминальное молодежное движение «АУЕ», действующее в большинстве субъектов Российской Федерации. «АУЕ» на современном этапе развития общества известно каждому подростку нашей страны, что не может оставаться незаметным правоохранными органами. Главной задачей правоохранных органов являются пресечение распространения криминального молодежного движения, профилактика и недопущение дальнейшего его распространения.

**Ключевые слова:** криминальное молодежное движение, «АУЕ», Арестантский Уклад Един, Арестантско-Уркаганское Единство, криминальная субкультура, подростковая преступность

**Для цитирования:** Никитина Ю. В. Причины распространения «АУЕ» среди несовершеннолетних: проблемы и пути решения // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 2. С. 51–57.

Преступность несовершеннолетних – это составная часть всех преступлений на территории страны, но имеющая определенные особенности в силу возраста. Несовершеннолетним признается лицо, не достигшее на момент совершения преступления 18-летнего возраста<sup>1</sup>.

«АУЕ» – название общественного движения, девиз криминальной субкультуры и неформального объединения банд, состоящих из несовершеннолетних. Данная аббревиатура расшифровывается по-разному: Арестантский Уклад Един, Арестантско-Уркаганское Единство, Арестантское Уголовное Единство.

Актуальность проблемы распространения «АУЕ»-движения обуславливается тем, что на сегодняшний день так называемых «АУЕшников» насчитывается около 36 тыс. человек (из них более 47 % составляют лица, достигшие 13–17 лет), охвачено 40 областей и округов. На 2020 г. в популярной социальной сети «ВКонтакте» было около 39 тыс. групп с численность более 6 млн участников (на состояние 2022 г. все группы были заблокированы) [1, с. 100]. Самыми «зараженными» регионами являются: республика Бурятия, Забайкальский край, Смоленская и Ульяновская области. Это обуславливается тем, что внушению идеологии движения подвергается самая неустойчивая ячейка общества, эмоционально нестабильная – несовершеннолетние. Этим и пользуются люди, отбывающие наказания в местах лишения свободы.

Большую часть движения составляют несовершеннолетние из неблагополучных семей, родители которых ведут антиобщественный образ жизни, пропагандируют:

- 1) насилие;

---

© Никитина Ю. В., 2023

<sup>1</sup> Конституция Российской Федерации от 12 декабря 1993 г. (с изм., одобренными в ходе общерос. голосования 01.07.2020) // Собрание законодательства РФ. 2014. № 12. Ст. 1201.

- 2) отрицание общественной морали и любых форм правления;
- 3) борьбу с правоохранительными органами;
- 4) бунты.

Все это делается с целью, как говорят сами участники движения «АУЕ», «чтобы подогреть пацанов на зоне». Мотивами вступления в субкультуру «АУЕ» могут служить разные факторы, но более распространены:

- 1) пропаганда и «блатная романтика» (среди несовершеннолетних считается, что это авторитетно);
- 2) принуждение.

Назвать каждого второго подростка, кто выкрикивает «АУЕ», рисует надписи на стенах зданий и т.д., «АУЕшниками» нельзя. «АУЕшниками» признаются несовершеннолетние, которые уже состоят или состояли на учете в ПДН либо отбывают наказание в исправительных колониях, ведут аморальный образ жизни, противоречащий нормам общества.

Общественное движение признано экстремистским в соответствии с решением Верховного суда Российской Федерации от 17.08.2020, и его деятельность на территории России запрещена<sup>2</sup>. Уголовным кодексом Российской Федерации предусмотрена ответственность за организацию, участие, финансирование экстремистской деятельности (рег. ст. 282.1 – 282.4 УК РФ)<sup>3</sup>.

По данным судебной статистики, 150 человек были осуждены суммарно за период 2021 г., из них 84 человека осуждены по ч. 2 ст. 282.2 УК РФ (участие и пропаганда экстремистской деятельности) [2]. По статистическим данным можно заметить, что все открывшиеся дела были заведены в отношении лиц, находящихся в местах лишения свободы. Как правило, распространением и пропагандой движения занимаются в колониях, а антиобщественный образ жизни за пределами колонии берут на себя сторонники АУЕ. Именно поэтому статистика отличается от ситуации в стране, так как большинство преступлений, совершенных «АУЕ»-движением, рассматривается по отдельным статьям УК РФ, не касающимся экстремистской деятельности.

Известно, что движение сформировывалось в 1950-е гг., но не имело своего названия. Лица, отбывающие наказания в местах лишения свободы, выстраивали иерархию в колониях, подчинялись уставу тюрьмы, жили «по понятиям», но за пределы колонии это не выливалось, поэтому не затрагивало интересы несовершеннолетних. Изначально «АУЕ» признавалось принципом мирного существования в тюрьме и означало приветствие. Это один из важнейших принципов, который заключается в том, что все конфликты должны разрешаться только мирным способом – все равны и находятся в равных условиях.

В 1990-е гг., когда был резкий скачок в преступлениях, о данном направлении заговорили снова. Уклад, иерархия в тюрьмах сохранились и по сей день, но в этот промежуток времени несовершеннолетние не были затронуты.

В 2000 г. субкультура вышла за пределы колонии, начала набирать свое распространение из-за того, что началом становления «АУЕ»-субкультуры послужил Евгений Васин (он же «Джем»), который отбывал наказание в Забайкальском крае. Именно он начал привлекать несовершеннолетних в качестве «помощников». Также Евгений открыл свой футбольный клуб для подростков, в котором обучали не только искусству владения мячом, но и воровским методам. Уже в 2011 г. в Забайкальском крае впервые услышали выражение «АУЕ». Группа подростков напала на частную фирму [3, с. 109].

<sup>2</sup> О признании АУЕ экстремистским движение : решение Верховного суда РФ от 17.08.2020.

<sup>3</sup> Уголовный кодекс Российской Федерации № 63-ФЗ от 13.06.1996 (в ред. от 24.09.2022) // Собрание законодательства РФ. 1996. № 25. Ст. 2954; 2014. № 6. Ст. 556.

После расследования этого дела оказалось, что в школах, детских домах были «смотрящие», которые терроризировали одноклассников и собирали деньги в «общак»: часть уходила в тюрьмы и лагеря, а оставшаяся часть – в карманы тех, кто собирал эти деньги.

С этого периода времени «АУЕ» стало быстро набирать свою «популярность» в Оренбургской области, Иркутской и республике Бурятия.

Единогласного «главаря» в движении «АУЕ» не существует, но есть лидеры, которые стоят на вершине иерархии в отдельных населенных пунктах. Стремительный рост вызвал волну опасения и вышел на федеральный уровень борьбы с движением «АУЕ». Особый слой общества, как подростки, мог избегать наказания в силу своей недееспособности, т.е. по факту отсутствия одного из элементов состава преступления – субъекта.

Так, в марте 2015 г. несовершеннолетние убили и изнасиловали ребенка 13 лет, который нарушил правила игры «Права или действие», по словам несовершеннолетних, «поступил не по понятиям». Самый младший из них избежал наказания в силу своего 12-летнего возраста.

Еще одна ситуация случилась в Ульяновской области. Четверо молодых людей, двое из которых были несовершеннолетние, избили 43-летнего мужчину из-за просьбы перестать издеваться над девушкой и юношей. Мужчина был избит, после выхода из комы стал инвалидом. По словам очевидцев, данная компания ведет аморальный образ жизни, а также уже не раз была замечена в подобных ситуациях. У одного из несовершеннолетних была замечена татуировка «роза ветров».

Зарубежным опытом «АУЕ»-движения служат американские банды в Южной Америке *Mara Salvatrucha* (Сальвадорские муравьи). Они занимаются как заказными убийствами, так и поднятием народа на бунт и восстанием против политического строя. Есть также сведения, что данная группа имеет связи и с российскими ОПГ (транснациональная преступность). Движение в Южной Америке охватывает более взрослое поколение, нежели несовершеннолетние, это обуславливается недоверием к подростку и более серьезными преступными делами [4, с. 78].

Существует также движение в Западной Европе А.С.А.В. («All Cops Are Bastards» или «1312»), оно похоже на «АУЕ», но широкое распространение носит у мелких хулиганов и футбольных болельщиков. Появилось движение в Великобритании (1959 г.) из-за восстания шахтеров, дословно переводится как «Все копы – ублюдки». Символику можно увидеть в России как в виде граффити, так и татуировки на теле подростков. Чтобы у сотрудников полиции не было подозрений по поводу татуировки с символикой «А.С.А.В.» или же «1312», что является положением букв в английском алфавите, подростки придумали другую расшифровку аббревиатуры «Always Carry A Bible» («Всегда носи с собой Библию») и «All Cats Are Beautiful» («Все кошки – красивые»).

Символом «АУЕ» в России является пятиконечная звезда (она же «роза ветров», «роза воров»). Быть частью этой субкультуры достаточно просто. Ведь нужно просто принять этот образ жизни, проявить к нему симпатию, также один из вариантов стать частью – «набить» татуировку с символикой. Несовершеннолетние тайно делают такие рисунки у себя на теле, как правило, у неквалифицированного специалиста и в условиях, вредящих жизни и здоровью ребенка.

Проблема заключается в том, что, вступив в движение, ребенок уже не в состоянии оттуда выйти. Как говорят сами представители «АУЕ», «тюрьма уже не отпустит». Но даже те, кто отбывает наказание или уже отбыл его, говорят о том, что несовершеннолетних в этой субкультуре нельзя остановить гуманными методами. Они понимают только силу и жестокость. «Количество» и «качество», например, для них практически синонимы. Для них не составит труда забить толпой здорового сильного мужчину и отнять у него кошелек, они это сделают, ибо это «по понятиям». О простом трудоустройстве на работу члены «АУЕ» даже и не думают, ведь «работать – влом». Можно только воро-

вать, заниматься грабежами или уж, на худой конец, мошенничеством. Учиться, получать высшее образование или просто читать книги в их понимании – тоже «влом» [5, с. 295]. Члены «АУЕ» верят только в тот опыт, который они рано или поздно получают в тюрьме, а в том, что такой этап в их жизни наступит, они даже не сомневаются. Они не боятся тюрьмы, ведь они «работают» на эту тюрьму, как говорят сами малолетние «АУЕ»-«преступники» – «сегодня мы греем тюрьму подачками, завтра эти подачки будут собираться для нас».

Сама суть жизни таких подростков заключается в противоречии нормам морали и общественным ценностям, а именно: не быть как все. То, что делает законопослушный гражданин, для них это ненормально и является подчинением системе государства, которую они «не уважают». Например, все учатся – я не буду учиться, потому что и так знаю все, что мне нужно знать; все сверстники ведут здоровый образ жизни – я буду пить, курить и вести аморальный образ жизни, дабы показаться крутым; все создают семьи – я не буду создавать семью, ведь мой родной дом будет тюрьма. Такими высказываниями руководствуются не все, некоторые вступают в это движение лишь для того, чтобы казаться «своим» и обезопасить себя от других подростков, имеющих отношения к этой субкультуре.

К сожалению, в современной России процветает «арестантское братство» – субкультура, состоящая из малолетних преступников, пропагандирующих воровские «понятия», о которых им самим неизвестно фактически ничего. Зато они радостно отнимают деньги у людей для «общака», назначают «смотрящих» и апеллируют филигранным «ты кто по жизни» и «не по-пацански» [6, с. 70]. Вместе с этим, понимания того, что на самом деле скрывается за такими долгожданными посиделками в тюрьме, у несовершеннолетних, конечно же, нет.

Зато если они попадают на зону, то разочарование приходит быстро, потому что заключенные там живут совсем по другим законам, а представители движения «АУЕ» для них просто беспредельщики, что подтверждает чуждость данной субкультуры даже криминальному миру.

«АУЕ» остается субкультурой где-то на пересечении уголовного мира и детской игры, которая создана лишь для подражания и возвышения себя сверстникам. Тюремной субкультуре среди несовершеннолетних, конечно, не место, но наказание должно соответствовать преступлению. Например, создателя одного из пабликов в социальных сетях приговорили к лишению свободы на семь лет, его модератора – на три года, а жену создателя приговорили на четыре года условно.

К тому же большой вопрос в том, к чему стремится государство? Перевоспитать сбившихся с пути детей или просто наказать тех, кто подрывает безопасность государства. Если подросток решил жить «по воровским» понятиям, то, отправив в колонию для несовершеннолетних, его не перевоспитаешь и не решишь проблему. Просто общество получит еще одного преступника, получит человека с поломанной судьбой, с не совсем правильными представлениями о жизни в законопослушном обществе.

Проблема государства состоит в том, что у общества сложилось негативное представление о пенитенциарной системе России, если даже лица, не имеющие опыта нахождения в местах лишения свободы, попадают под влияние этой криминальной субкультуры. Люди, не имеющие криминального опыта, вдохновляются иными правилами, понятиями, и начинают жить по ним, совершая совершенно противоречащие общечеловеческим ценностям действия [7, с. 24]. Сажая таких людей, государство само вынуждает из увлекшихся криминальной «романтикой» наивных подростков растить настоящих преступников.

Почему несовершеннолетние из дальних регионов увлекаются данной «романтикой», данной культурой? Ответ прост: у них просто нет альтернативы. Молодые люди,

оказавшись на улице, не видят никаких перспектив в своем развитии, не видят справедливости. Люди, которые живут среди беспредела не только обычных граждан, но и правоохранительных органов [8, с. 25]. Они просто не видят законных путей, чтобы вырваться из своего населенного пункта, и единственный выход, который они видят, – это воровская культура, воровская «романтика», где, им кажется, больше возможностей, стремлений и справедливости.

Проблема формирования и подражания «АУЕ»-движению состоит не только в криминологическом аспекте (большинство тех, кто относит себя к этому движению, не имеют представления о тюремной жизни), но и в социальном. Именно поэтому решать проблему нужно не только на законотворческом уровне, но и на уровне жизни людей. Изучая статистику, можно говорить о том, что чем дальше область от развитого города или же от центра столицы, тем больше там расцветает преступность. Это обуславливается тем, что большое количество времени несовершеннолетнего невозможно направить в правильное русло. В неразвитых районах нет достаточных финансов на постройку спортивных комплексов, культурных учреждений и т.д. Подростки находят другие занятия, связанные с преступным миром.

Множество населенных пунктов находятся за чертой бедности. Несовершеннолетний, который вырос в достатке: будь то материальном, духовном, культурном, будет в меньшей степени стремиться совершать преступления, нежели несовершеннолетний, у которого в раннем возрасте не было ни игрушек, ни возможности ходить на спортивные секции или же в художественный кружок.

Причины и пути решения проблемы «АУЕ» у несовершеннолетних [9, с. 192]:

1. Недостаточное внимание со стороны родителей или напряженные отношения с родителями. Самый активный период в жизни человека выпадает именно на возраст 12–17 лет, перестройка организма, гормоны и многое другое делают ребенка уязвимым к различным ситуациям. На данном этапе развития важно сформировать авторитет семьи и попытаться наладить контакт с ребенком. Некоторые несовершеннолетние предпочли бы поделиться со сверстниками, нежели с родителями, что может вылиться в негативные последствия. Таким образом, следует дать понять несовершеннолетнему, что семья – это больше, чем просто ячейка в обществе, попытаться наладить с ним отношения, став ему другом.

2. Занять время несовершеннолетнего. Кружки, секции, внеурочные занятия. Здесь может возникнуть проблема в том, что не везде есть такая возможность, например, села, места, отдаленные от центра нашей страны, особенно подвергаются такой проблеме. Слишком дорогостоящие абонементы, которые не под силу некоторым семьям. Именно поэтому в 2022 г. политика страны направлена на уменьшение пробела в молодежной политике – при школах создаются так называемые «точки роста», секции различного рода деятельности, кружки и т.д.

3. Попытаться ограничить доступ к сети «Интернет». Интернет – это как огонь, им нужно уметь пользоваться, чтобы получить положительный результат. Несовершеннолетний не в состоянии самостоятельно отфильтровать информацию, что может обернуться негативными последствиями, втягиванием в криминалистическое сообщество. Борьба с криминальными сообществами продолжается и на сегодняшний день, многочисленные группы «АУЕ» были заблокированы, некоторые не функционируют, но все также несут в себе информацию и идеологию преступной субкультуры [10, с. 53].

4. Понижение возраста ответственности в уголовном и административном праве. Общество меняется, развиваются технологии, и люди развиваются быстрее, нежели, например, в 1970–1980-х гг. На сегодняшний день 12-летний может совершить такие преступления, который не смог бы сделать и 30-летний, даже опираясь на повышенную эмоциональность несовершеннолетнего, информированность с развитием сети «Интер-

нет». Поэтому снизить возраст необходимо по уголовным делам с 12 лет, прописанных в ст. 20 УК РФ, с 14 лет по общему правилу, а по административным делам – с 14 лет<sup>4</sup>. Также в силу доступности современная молодежь знает свои права лучше, чем обязанности, поэтому знает о лояльности к несовершеннолетним при назначении наказания, тем самым отодвигая боязнь ответственности за совершенное преступление.

5. Целесообразно дополнить ст. 282.1 УК РФ тем, что распространение, аббревиатура и прочая атрибутика тоже должны быть наказаны. Объясняется это тем, что большинство преступлений, совершенных членами субкультуры, наказываются по самостоятельным составам преступления, а это может влиять на статистику, тем самым искажает действительное положение в стране, что затрудняет борьбу с этой субкультурой.

6. По трудовому законодательству, с разрешения родителей, ребенок может работать с 14 лет. Несовершеннолетние не имеют возможности занять свое время спортом или кружками, в основном, это касается населенных пунктов, в которых политика молодежи развита не в полном объеме. Поэтому приобщение детей к благоустройству населенного пункта с 14 лет работниками ПДН (с небольшой оплатой труда) может значительно снизить уровень воровства и разбойных нападений не только движением «АУЕ», но и подростками в целом [11, с. 20].

Таким образом, движение «АУЕ» будет существовать до тех пор, пока не решатся вопросы социального обеспечения. Признав движение экстремистским, государство лишь пытается сдерживать развитие и процветание этой культуры, но полностью искоренить ее не получится по той причине, по какой существует и преступность в целом. Пока есть общество, будет существовать и преступность.

Положительной стороной является тот факт, что большая часть несовершеннолетних лишь оперируют своим отношением к данному движению, но, по сути своей, не представляют опасности для общества.

### **Список литературы**

1. Кочои С. М., Трапаидзе К. З. Нужно ли признаватьотягчающим наказание обстоятельством «вовлечение несовершеннолетнего в криминальную субкультуру»? // Актуальные проблемы российского права. 2022. № 3. С. 93–101.
2. Судебная статистика РФ. URL: <https://sudstat.ru>
3. Гайдай М. К., Курико С. Н. Современная молодежная субкультура: влияние криминалитета // Государственная служба и кадры. 2021. № 3. С. 109–111.
4. Клейменов М. П., Козловская М. Г., Савельева А. И. Экстремистское преступное сообщество «АУЕ» // Вестник Омского университета. 2020. № 17. С. 75–80.
5. Рябков А. М., Степанова Е. С., Муслимов Р. Р. Особенности распространения криминальной субкультуры среди несовершеннолетних подозреваемых, обвиняемых и осужденных // Психопедагогика в правоохранительных органах. 2022. № 3. С. 291–297.
6. Шиханов В. Н. Криминализация АУЕ: подводные камни, реализация политико-правового решения // Сибирский юридический вестник. 2021. № 1. С. 68–73.
7. Акимова Г. В. К вопросу о современных тенденциях молодежного экстремизма в России // Вестник Московского университета МВД России. 2022. № 2. С. 23–27.
8. Рухадзе А. Г., Веселов Д. О. Проблема распространения АУЕ среди несовершеннолетних: причины и пути решения // Отечественная юриспруденция. 2020. № 19. С. 25–27.
9. Меняйло Д. В., Иванова Ю. А. Способы профилактики и противодействия криминальному молодежному движению АУЕ // Вестник экономической безопасности. 2019. № 3. С. 184–197.
10. Ситникова М. П. Экстремистское движение АУЕ: сущность и меры противодействия // THEORIA: педагогика, экономика, право. 2021. № 2. С. 51–54.

<sup>4</sup> Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях № 195-ФЗ от 30.12.2001 (в ред. от 04.11.2022) // Собрание законодательства РФ. 2002. № 1. Ст. 1.

11. Борисов Е. А. Распространение криминальной субкультуры АУЕ среди молодежи: ключевые факторы, угрозы, меры противодействия // Вестник Прикамского социального института. 2020. № 1. С. 16–21.

***Информация об авторе***

**Никитина Юлия Владимировна**, студентка, Пензенский государственный университет

**Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.**

УДК 343.97

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ КИБЕРПРЕСТУПЛЕНИЯМ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А. В. Яшин<sup>1</sup>, Т. А. Фролова<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

<sup>1</sup>andrej.yashin@yandex.ru

<sup>2</sup>tanafrolova497@gmail.com

**Аннотация.** Исследуются актуальные проблемы, связанные с предупреждением преступлений, совершаемых в сфере компьютерной информации либо с использованием информационно-телекоммуникационных технологий. Отмечается, что в последние годы население Российской Федерации перешло на мобильные коммуникации, вследствие чего виртуальное пространство стало неотъемлемой частью жизни людей. Вместе с тем в стране ежегодно увеличивается число зарегистрированных киберпреступлений, посягающих на разнообразные общественные отношения. Преступные деяния, осуществляемые злоумышленниками в информационном пространстве, относятся к довольно опасным и непредсказуемым, поскольку причиняют серьезный вред личности, обществу и государству. Делается вывод о том, что киберпреступления представляют угрозу не только для общественной, но и национальной безопасности России. В целях противодействия их совершению предлагаются меры организационного и правового характера, направленные на повышение эффективности деятельности правоохранительных органов в рассматриваемой сфере.

**Ключевые слова:** виртуальное пространство, киберпреступления, компьютерные технологии, персональные данные, правоохранительные органы, киберпространство, цифровизация, киберугрозы

**Для цитирования:** Яшин А. В., Фролова Т. А. Современные проблемы противодействия киберпреступлениям в Российской Федерации // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 2. С. 58–62.

Вопросы противодействия киберпреступлениям являются довольно актуальными не только в современной России, но и во всем мире. Это связано с тем, что любая информация обладает исключительной важностью и является тем ресурсом, который оказывает огромное влияние на все сферы жизни. Общение посредством сети Интернет занимает значительную часть времени любого члена общества, поскольку уже во всем мире население перешло на мобильные коммуникации и такой способ общения считается самым удобным, оптимальным и быстрым. Тем не менее, помимо многих указанных положительных моментов, существуют довольно серьезные проблемы, связанные с обеспечением информационной безопасности пользователей сети Интернет, а также защитой их персональных данных от несанкционированного доступа и вмешательства со стороны злоумышленников.

К сожалению, за последнее десятилетие в информационном пространстве во много раз увеличилось число лиц, обладающих специальными знаниями и высоким уровнем квалификации [1, с. 97], которые входят в организованные преступные кибергруппы с со-

временной технической оснащенностью [2, с. 470]. При этом киберпреступники нередко координируются в своей деятельности, используя стратегии прогресса, и достаточно талантливы в сфере кибербизнеса [3, с. 61].

В настоящее время персональные данные каждого гражданина Российской Федерации хранятся в облачных сервисах либо на цифровых носителях. Современными и достаточно удобными местами хранения персональных данных, которые не требуют дополнительной памяти на собственном устройстве, считаются платные серверы. Общеизвестно, что прогресс цифровизации позволяет повысить эффективность использования компьютерных технологий и упростить их эксплуатацию. Однако наряду с этим создаются угрозы проникновения злоумышленников в серверы для хищения личной информации пользователя, вследствие чего правоохранительным органам необходимо повышать эффективность реализации мероприятий по защите жертв киберпреступлений [4, с. 126].

В последние годы многие преступники стали переходить на дистанционный формат в целях реализации своих противоправных действий. Во многом это связано с распространением новой коронавирусной инфекции COVID-19, вследствие чего произошло реструктурирование преступности. В России ежегодно наблюдается снижение уличной преступности, в то же время фиксируется рост зарегистрированных общественно опасных деяний, совершаемых с использованием информационно-телекоммуникационных технологий или в сфере компьютерной информации (киберпреступлений), и, согласно официальным статистическим данным, в 2022 г. темп их прироста составил 0,8 % [5]. Это объясняется тем, что молодежь, которая составляет существенную часть населения страны, уходит в социальные сети, тем самым изолируясь от общества.

Киберпреступления совершаются, как правило, при помощи таких основных информационно-технических средств, как:

- мессенджеры (Telegram, Viber, WhatsApp);
- смартфоны;
- интернет-ресурсы (социальные сети, сайты знакомств, форумы);
- средства массовой информации в сети Интернет;
- онлайн-игры;
- навигационная аппаратура;
- беспилотные летательные аппараты [6, с.154].

По оценкам Интерпола преступления, совершаемые в сети Интернет, считаются самыми скоротечными во всем мире. Общественно опасные деяния, осуществляемые виновными в информационном пространстве, относятся к самым непредсказуемым и опасным, поскольку ущерб, причиненный такими видами посягательств, не имеет границ. К сожалению, правоохранительные органы не располагают достоверной информацией о состоянии преступлений в сфере киберпространства в силу их высокого уровня латентности.

На фоне распространения новой коронавирусной инфекции к настоящему времени сложилась определенная классификация киберпреступлений. К ним можно отнести следующие виды:

- публичная пропаганда ложной информации о пандемии COVID-19 и о мерах по противодействию распространения заболеваемости на территории Российской Федерации;
- обман граждан через фишинговые сайты, где происходит сбыт поддельных вакцин, антисептиков, сертификатов о вакцинации; посредством таких сайтов мошенники могут получить и личные персональные данные пользователей [7, с. 88];
- неправомерный доступ к компьютерной информации, в частности, срыв дистанционного учебного занятия;

- несанкционированное проникновение на сайты государственных органов власти, здравоохранения, социальных служб для получения служебной информации в личных целях;
- противоправные деяния на игровых онлайн-платформах;
- киберсталкинг;
- незаконный оборот наркотических средств, психотропных веществ или их аналогов [8, с. 96];
- кибертерроризм;
- мошеннические деяния в банковской сфере и т.д. [9, с. 36].

Следует отметить, что за последние три года чаще всего кибератакам подвергались органы здравоохранения, что неудивительно, поскольку в данный период граждане особо остро нуждались в лекарственных средствах либо способах приобретения вакцины [10, с. 101–102].

В настоящее время во всем мире, в том числе и России, стремительный рост набирает игровая индустрия, которая, во многом благодаря пандемии, подталкивает людей искать новые способы развлечений и общения. Получив такой мощный толчок, игровая отрасль до сих пор остается на подъеме, несмотря на смягчение ограничений. Онлайн-игры считаются достаточно прибыльной платформой, где заработки осуществляются посредством продажи предметов в формате онлайн и осуществления разнообразных подписок. Игровой онлайн-проект постепенно переходит на монетизацию, что становится более привлекательным полем для кибератак [11, с. 175].

Игровые пользователи в целях оптимизации компьютерной системы во время онлайн-игр нередко отключают антивирусные программы, снижая тем самым безопасность самого устройства и своих пользовательских данных. Такая ситуация создает благоприятную почву для преступной деятельности хакеров, приводя онлайн-игроков к следующим видам угроз:

- заражение устройств вредоносными программами, основная опасность которых заключается в способности следить за вводом клавиатуры и изымать с носителей информацию, относящуюся к игровым пользователям и учетным данным [12, с. 29];
- переход на фишинговые сайты, где находятся фальшивые игровые площадки, причем некоторые мошенники используют при этом поддельные URL-адреса, очень схожие с официальными сайтами, что способствует не только причинению вреда пользователю вирусными программами, заложенными на таком сайте, но и хищению у него денежных средств [13, с. 47];
- создание мошенниками специализированных учетных записей, активированных в качестве администраторов сайтов для похищения личных данных пользователей.

В юридической литературе справедливо отмечается, что масштабы и серьезность угроз киберпреступности в последние годы достигли очень высокого уровня, вследствие чего в сфере обеспечения кибербезопасности недостаточно совершенствования только программного обеспечения. Для наиболее эффективной борьбы с киберпреступлениями необходима разработка действенных мер как организационного, так и правового характера [14, с. 102].

В целях противодействия киберпреступлениям предлагается следующее:

- реорганизовать специализированное обучение сотрудников правоохранительных органов, для чего создать программы обучения и переподготовки кадров по таким предметам, как «Основы и методы борьбы с киберпреступностью», «Социальная инженерия», «Правовые основы информационной безопасности»;
- внести изменения и дополнения в ст. 272.1 УК РФ, изменив словосочетание «неправомерный доступ к охраняемой законом компьютерной информации» на «получение путем введения в заблуждение или методом социальной инженерии», поскольку непра-

вомерным доступом является незаконное либо не разрешенное собственником или иным ее законным владельцем использование возможности получения компьютерной информации.

В качестве мер, разрабатываемых для предотвращения кибератак, необходимо также минимизировать количество киберпреступлений в сети Интернет путем просвещения населения. Создание эффективной системы оповещения об опасности киберпреступности и мошенничества в сфере компьютерных технологий путем размещения рекламы в школах, средних и высших образовательных организациях, государственных учреждениях, а также транслирования в средствах массовой информации предупредит большую часть населения об опасности, которая может встретиться в сети Интернете.

В качестве мер индивидуальной профилактики киберпреступлений следует проводить разъяснительные беседы с гражданами и обучающимися в учебных заведениях, организовывать и проводить конференции об опасности кибератак и о новых способах, которые помогут обезопасить личные данные пользователей в сети Интернет и на компьютерных носителях. Кроме того, надлежит периодически опубликовывать актуальные новости в интернет-источниках и социальных сетях, чтобы предупредить распространение киберпреступности в игровой и информационной платформах.

Для разработки и усовершенствования методов борьбы с информационными преступлениями необходимо доводить до граждан актуальные статистические сведения о киберпреступности в России, изучить опыт правоохранительных органов в осуществлении информационно-технической защиты населения от мошенников в виртуальном мире и доводить его результаты до населения через средства массовой информации [15, с. 21]. Полезным будет и проведение анализа судебной практики и нормативно-правовой базы, изучение технического обеспечения, рассмотрение сравнительной статистики раскрываемости преступлений в сфере компьютерных технологий. Это позволит разработать новые методы для сокращения кибератак. Следует также перенять и зарубежную практику противодействия киберпреступлениям, поскольку анализ международного опыта способствует выработке наиболее эффективных и современных методов воздействия на киберпреступления. Кроме того, предлагается разработать методические рекомендации, включающие в себя научно-практические советы по устранению пробелов в законодательстве и его совершенствованию, а также разработку новых мер воздействия на мошенников, работающих в дистанционном формате, в целях нейтрализации формирования их преступного поведения [16, с. 85].

На основании изложенного следует сделать вывод, что общественно опасные деяния, совершаемые с использованием информационно-телекоммуникационных технологий или в сфере компьютерной информации (киберпреступления), представляют серьезную угрозу национальной безопасности Российской Федерации. Следует полагать, что вышеприведенные предложения смогут снизить уровень киберпреступности и оказать превентивное воздействие на лиц, склонных к осуществлению данных противоправных посягательств.

### ***Список литературы***

1. Тимофеев А. В., Комолов А. А. Киберпреступность как социальная угроза и объект правового регулирования // Вестник Московского государственного областного университета. Сер.: Философские науки. 2021. № 1. С. 95–101.
2. Яковлева М. А. Алгоритм мер эффективной работы правоохранительных органов в сфере предупреждения киберпреступности // Правоохранительная деятельность органов внутренних дел в контексте современных научных исследований : материалы междунар. науч.-практ. конф. (г. Санкт-Петербург, 7 декабря 2018 г.). СПб. : С.-Петербург. ун-т МВД России, 2019. С. 469–473.

3. Иванова Ю. А., Сарбаев Г. М. К вопросу о киберпреступности // Цифровые трансформации экономики и права : сб. науч. тез. по материалам Национальной науч.-практ. конф. «Цифровые технологии и управление качеством в технических системах» (г. Москва, 8 декабря 2021 г.). Волгоград : ИП Черняева Ю. И., 2022. С. 58–64.

4. Яшин А. В. Типология жертв преступлений – участников уголовного судопроизводства // Современное право. 2011. № 6. С. 126–128.

5. Статистика и аналитика // Официальный сайт МВД России. URL: <https://мвд.рф> (дата обращения: 27.02.2023).

6. Долженко Н. И., Ярошук И. А. Киберпреступность как одна из ключевых проблем современности // Правовая парадигма. 2020. Т. 19, № 1. С. 151–157.

7. Задера В. В. Проявление киберпреступности на игровых онлайн-платформах: пути законодательного решения // Киберпреступность: риски и угрозы : материалы Всерос. студ. круглого науч.-практ. стола с Междунар. участием (г. Санкт-Петербург, 11 февраля 2021 г.). СПб. : Астерион, 2021. С. 87–90.

8. Чуманов А. С. Проблемы противодействия незаконному обороту наркотических средств, психотропных веществ или их аналогов с использованием информационно-телекоммуникационных сетей // Киберпреступность: риски и угрозы : материалы Всерос. студ. круглого науч.-практ. стола с Междунар. участием (г. Санкт-Петербург, 11 февраля 2021 г.). СПб. : Астерион, 2021. С. 96–99.

9. Зверева Е. Б. Киберпреступность как угроза безопасности современного общества: виды, особенности, методы борьбы и профилактики // Молодой ученый. 2020. № 10. С. 35–37.

10. Маньков М. А. К вопросу об уголовной ответственности за кибертерроризм // Киберпреступность: риски и угрозы : материалы Всерос. студ. круглого науч.-практ. стола с Междунар. участием (г. Санкт-Петербург, 11 февраля 2021 г.). СПб. : Астерион, 2021. С. 100–105.

11. Мартыянов Н. Р. Уголовно-правовая борьба с киберпреступлениями на современном этапе // Государственная служба и кадры. 2020. № 1. С. 175–177.

12. Маслиенко М. А. Киберпреступность на современном этапе // Проблемы правоохранительной деятельности. 2021. № 2. С. 28–32.

13. Номоконов В. А. Киберпреступность как новая криминальная угроза // Криминология: вчера, сегодня, завтра. 2012. № 1. С. 45–55.

14. Кобец П. Н. Правовые основы предупреждения киберпреступлений: отечественный и зарубежный опыт // Научный вестник Омской академии МВД России. 2022. № 2. С. 101–105.

15. Яшин А. В. Постпреступное поведение : автореф. дис. ... канд. юрид. наук. Саратов, 2005. 22 с.

16. Яшин А. В. К вопросу о преступном поведении и его механизме // Успехи современного естествознания. 2005. № 1. С. 84–85.

### ***Информация об авторах***

**Яшин Андрей Владимирович**, доктор юридических наук, профессор кафедры «Правоохранительная деятельность», Пензенский государственный университет

**Фролова Татьяна Александровна**, студентка, Пензенский государственный университет

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

## СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ КРИМИНАЛИСТИЧЕСКОЙ ОДОРОЛОГИИ

А. И. Канунник<sup>1</sup>, Ю. О. Русяева<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

<sup>1</sup>kaf\_pravd@mail.ru

<sup>2</sup>julierusyeva@yandex.ru

**Аннотация.** Рассматриваются вопросы становления и развития криминалистической одорологии как самостоятельной научной отрасли, в рамках которой исследуются природа и механизм образования запаховых следов, а также средства и методы их обнаружения. Констатируется, что возникновение одорологии связано с применением в XIX в. в странах Европы специально обученных служебных собак для раскрытия и расследования преступлений. Приводится хронология этапов развития криминалистической одорологии в нашей стране и за рубежом. Делается вывод о том, что в современном мире ускоренными темпами развиваются технологии, направленные на выявление запаховых следов и проведение соответствующих исследований в данной сфере.

**Ключевые слова:** криминалистическая одорология, запаховые следы, служебные собаки, расследование преступлений, раскрытие преступлений, судебно-odoroлогическая экспертиза, центры служебного собаководства, правоохранительная практика

**Для цитирования:** Канунник А. И., Русяева Ю. О. Становление и развитие криминалистической одорологии // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 2. С. 63–67.

Исследование проблем использования запаховых следов в правоохранительной практике представляется актуальным, поскольку одорологические методы применяются в криминалистике относительно недавно. Тем не менее, как показывает судебно-следственная практика, правильное и точное их применение в деятельности по раскрытию и расследованию преступлений зачастую способствует выявлению виновных лиц «по горячим следам». Кроме того, посредством применения специально обученных служебных собак удается обнаруживать наркотические средства либо взрывные устройства на вокзалах, в аэропортах и ряде других мест.

Общепринятое определение термина «odoroлогия» – учение о запахах. Данное понятие используется во многих науках. Думается, что для правоохранительной сферы необходимо применять такое словосочетание, как «криминалистическая одорология», которое подразумевает не только исследование запаховых следов, но и возможность их использования при раскрытии и расследовании преступлений.

Одорология сама по себе является самостоятельной научной сферой, которая, как и любая другая система знаний, направлена на установление особенностей предмета исследования путем использования установленных методов и решения соответствующих данной сфере задач. Считается, что криминалистическая одорология является отраслью научного знания, занимающегося исследованием природы и механизма образования запаховых следов, средств и методов их обнаружения и использования [1, с. 928].

Привлекать специально обученных служебных собак для розыска преступников начали еще в конце XIX в. Анализируя официальные данные, возможно установить год и место начала их использования, а именно: 1896 г., г. Гильдесгейм, Германия. Следует отметить при этом известного криминалиста Г. Гросса, приложившего значительные усилия для привлечения к работе в муниципалитете служебных собак, которые, в свою очередь, должным образом были обучены необходимым действиям. Существуют и негативные мнения ученых того времени по поводу привлечения служебных собак для поиска злоумышленников по запаховым следам. В частности, Р. Гендель высказывал точку зрения о том, что полицейские собаки не являются превосходными ищейками, а лишь

в отдельных, очень редких и особенно благоприятных ситуациях оправдывали возлагаемые на них надежды, но часто эксперименты с ними давали отрицательные результаты [2, с. 445]. В его словах, конечно, наличествует доля истины, поскольку в проведении оперативно-розыскных мероприятий и расследовании преступных действий необходимо, в первую очередь, использовать специфические интеллектуальные, а в какой-то мере и творческие способности, включая логическое мышление, наблюдательность и сообразительность. Иными словами, указанные качества невозможно заменить способностями служебных собак работать с запахами и, тем более, выявлять личность преступника [3, с. 10].

Криминалисты Германии к началу XX в. разработали новые методы по сбору одорантов (запаховых следов). Смысл новизны заключался в том, чтобы на месте совершения преступления, где находился носитель одоранта, собрать пахучие образцы хлопчатобумажной тканью, которые потом помещались в стеклянные контейнеры. В данном случае криминалисты не обходились без применения служебных собак, однако анализы следов запаха все равно проводились в криминалистических лабораториях. С помощью данных усовершенствований были определены оптимальные условия для использования собак в розыскных целях.

Венгерские ученые также внесли существенный вклад в развитие одорологии. Криминалисты данного государства предложили использовать сразу несколько животных при исследовании запаха, а также применили метод длительного обнюхивания необходимых предметов специально обученными собаками. Надлежит отметить, что Венгрия считается одной из стран, которая урегулировала на законодательном уровне анализ запаха при помощи служебной собаки в качестве одного из средств доказывания. Следует также обратить внимание на тот факт, что венгерские криминалисты ввели в практику создание и пополнение банков (или так называемых коллекций) запахов лиц, склонных к совершению преступлений. Данные нововведения явились важными в развитии одорологии, так как активно стали применяться в правоохранительной деятельности других стран [4, с. 33].

Таким образом, ученые-криминалисты Германии и Венгрии впервые изобрели способы сохранения и анализа запаховых следов, которые используются и в наши дни.

В Российской империи началом развития криминалистической одорологии можно считать начало XX в. Первым городом, в котором стали применяться специально обученные собаки в правоохранительных органах, является Санкт-Петербург. Именно здесь было сформировано «Общество поощрения собак в полицейской сторожевой службе». В этом учреждении готовили сотрудников, которые занимались разведением и обучением служебных собак. Ряд школ и специальных питомников до Первой мировой войны был открыт и в других крупных городах (Ташкент, Владивосток, Псков и т.д.), но в военное время 1914–1918 гг. применение собак в служебной деятельности приблизилось к нулю. Считается, что по всей стране в 1918 г. можно было сосчитать не более сотни поисковых собак.

Тем не менее, в Петрограде после революции возобновляется разведение специально обученных для сыскной деятельности собак. Следует отметить, что в 20-е гг. XX в. широко создаются школы-питомники, а в 1924 г. в одном из Положений о НКВД была регламентирована роль собаководства в борьбе с преступностью [5, с. 6]. В 1924 г. был также создан Центральный учебно-опытный питомник – школа военных и сторожевых собак (который чуть позже был переименован в Центральную военную школу служебного собаководства) [6, с. 488]. В те же годы для розыска лиц по запаху использовались служебные поисковые собаки. Во время Великой Отечественной войны и в послевоенные годы «четвероногие помощники» помогали нашим бойцам в поиске мин и взрывчатых веществ, а также при разминировании зданий, дорог, местности. Научные данные по использованию собак в оперативно-розыскной деятельности и в практике следственных органов нашли отражение в «Наставлении по служебно-розыскному собаководству» 1954 г.

Необходимо отдельно отметить основоположника отечественной одорологии, которым являлся советский юрист-криминалист А. И. Винберг. Именно он со своими единомышленниками (криминалистами) опубликовал статью, в которой указал такой метод одорологии в криминалистике, в смысл которого входят сохранение запаха с места совершения преступления и использование собак для обнаружения источника запаха. Следует упомянуть, что в то время был создан прибор для отбора проб запаха. Работы многих криминалистов, в частности, Р. Н. Тодорова, И. В. Старовойтова, Н. Т. Малоховской, Р. С. Белкина и других научных деятелей, освещали вопросы криминалистической одорологии. К сожалению, на сегодняшний день опубликовано мало научных статей по одорологии, что не позволяет в полной мере провести систематизацию в вышеуказанной области криминалистики.

В 60-е гг. XX в. использование служебных собак в целях розыска не только лиц, совершивших общественно опасные деяния, но и орудий преступлений или вещей преступника не теряло своей актуальности, а напротив, применялось на практике все больше. Это связано с особенностями запахов, указывающих на то, что все материальные объекты, так или иначе, обладают обонятельной информацией, имеющей существенное значение для служебно-оперативной деятельности правоохранительных органов и уголовно-процессуального доказывания события преступления [7, с. 124].

В 1979 г. специалистами и учеными ВНИИ МВД СССР проводились масштабные исследования по определению и рассмотрению проблем достоверности работы розыскной собаки. При этом использовались не только отечественные научные изыскания, но и результаты исследований зарубежных криминалистов. В итоге была сформулирована методика идентификации конкретного человека по запаховым следам. Все это позволило объективно интерпретировать сигнальное поведение служебных собак в целях раскрытия, расследования и предупреждения преступлений [8, с. 110]. Примечательно, что данные методы не противоречат законодательству, но в то же время их применение не требует нормативно-правового регулирования [9, с. 752].

Важный вклад в развитие криминалистической одорологии внес В. А. Снетков, опубликовавший в 1983 г. статью «Кинологическая выработка». Во многом данный научный труд определил дальнейшее направление исследований специалистов ВНИИ МВД СССР. В нем рассмотрены вопросы организации и методики обнаружения следов запаха человека с помощью обоняния собаки с позиций теории судебно-медицинской идентификации, урегулированы рекомендательные данные к объектам исследования, к которым можно отнести как самих собак, так и научно-методическое обеспечение. В. А. Снетков одним из первых обратил внимание на тот факт, что специально обученная собака, которая используется при анализе обонятельных особенностей в качестве детектора, должна быть одновременно испытана и в качестве своеобразного объекта исследования [10, с. 234].

МВД России в сентябре 1996 г. издал приказ, регулирующий положения о собаководстве в органах внутренних дел. Смысл и значимость данного документа состояли в том, что в нем регламентировалось создание центров служебного собаководства в главных управлениях, управлениях и министерствах внутренних дел субъектов Российской Федерации.

Отечественный и зарубежный опыт расследования преступлений по следам запаха свидетельствует о нескольких вариантах идентификации:

- следование собаки от места преступления до местонахождения виновного лица;
- следование собаки от отдельных предметов, оставленных преступником;
- определение преступника из ряда модельных пахучих проб.

Первые два варианта в полной мере входят в оперативно-розыскную деятельность, а третий вариант во многих странах мира используется в качестве самостоятельного следственного действия. В России же третий вариант представляет собой судебно-одорологическую экспертизу, результаты которой могут быть допущены в качестве доказательства по уголовным делам [11, с. 192].

На современном этапе ученые криминалистических, биологических, химических и других направлений решают вопросы о внедрении в деятельность правоохранительных структур и органы правосудия [12, с. 119] технологических средств, предназначенных для искусственного анализа запаха. Специфика работы данных средств направлена на установление точного химического состава летучих соединений, содержащихся в пробе. Такие приборы, как «Шельф-ДС» или мобильный хромато-масс-спектрометр «Навал», уже используются для определения взрывчатых веществ либо наркотических средств [13, с. 74].

Существует направление развития информационных технологий в области производства одорологических экспертиз, составными частями которого являются:

- сбор проб запаха с целью формирования базы данных на электронной основе и кодирования конкретных компонентов запаха, что может помочь при анализе схожих либо аналогичных запахов;
- разработка и дальнейшее усовершенствование технологических устройств, позволяющих анализировать и представлять достоверные данные о запахе в соответствии с вышеуказанной базой данных; такие приборы применяются в правоохранительной практике, в частности, при проведении судебных экспертиз путем использования хроматографа или мобильного хромато-масс-спектрометра;
- применение информационно-компьютерных средств, с помощью которых представляется возможность сбора запаховых проб для дальнейшего исследования;
- создание соответствующих программных обеспечений [14, с. 106].

На основании изложенного следует констатировать, что первое применение служебных собак произошло в Германии в конце XIX в., а массовое использование их в практике как отечественных, так и зарубежных правоохранительных органов началось в XX в. В это же время стала развиваться и сама криминалистическая одорология, основоположником которой является отечественный криминалист А. И. Винберг, внесший неоценимый вклад не только в установление способов сохранения запаховых следов, обнаруженных на месте происшествия, но и в обоснование использования служебных собак при раскрытии и расследовании преступлений [15, с. 200]. На современном этапе служебные собаки также широко применяются как в правоохранительной деятельности в целом, так и в расследовании преступлений, в частности. Однако необходимо отметить тот факт, что в современном мире все большее внимание уделяется приборам и технологиям, способным отбирать запаховые следы и оказывать помощь при проведении соответствующих исследований.

### **Список литературы**

1. Аверьянова Т. В., Белкин Р. С., Корухов Ю. Г., Россинская Е. Р. Криминалистика : учебник. М. : НОРМА, 2022. 928 с.
2. Комиссаренко Л. Г. Проблемы криминалистической одорологии // Аллея науки. 2022. Т. 2, № 5. С. 443–447.
3. Яшин А. В. Постпреступное поведение : автореф. дис. ... канд. юрид. наук. Саратов, 2005. 22 с.
4. Сулимов К. Т., Ибрагимова О. А. Использование шакало-псовых бастардов в криминалистической одорологии: история, теория и практика // Полицейская и следственная деятельность. 2017. № 1. С. 27–48.
5. Астраханцев Д. В., Валебная А. А., Гладких А. В. История развития и становления криминалистической одорологии // Инновационные тенденции развития российской науки : материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых (г. Красноярск, 8–9 апреля 2020 г.) : в 2 ч. Красноярск : Красноярский гос. аграрный ун-т, 2020. Ч. 2. С. 5–7.
6. Балашов Д. Н., Балашов Н. М., Маликов С. В. Криминалистика : учебник. М. : НОРМА, 2020. 448 с.
7. Яшин А. В. Уголовно-процессуальные нормы как одно из средств предупреждения преступлений против участников уголовного судопроизводства // Современное право. 2011. № 10. С. 123–125.
8. Яшин А. В. Роль знаний о постпреступном поведении в практике предупреждения преступлений // Современные проблемы науки и образования. 2006. № 1. С. 110.
9. Александров И. В., Яблоков Н. П. Криминалистика : учебник. М. : НОРМА, 2022. 752 с.
10. Черчен О. А. Предмет и история развития криминалистической одорологии // XIX Царскосельские чтения : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (г. Санкт-Петербург, 21–22 апреля 2015 г.) : в 2 т. СПб. : Ленинград. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, 2015. Т. 2. С. 232–235.
11. Гюльметова А. Р., Джумагишиева З. А. Проблемы криминалистической одорологии // Молодой ученый. 2021. № 50. С. 191–193.
12. Варыгин А. Н., Яшин А. В. Правовая культура и формирование личности преступника, посягающего на интересы правосудия // Правовая культура. 2008. № 2. С. 115–122.
13. Зубов В. А., Бурько А. В. Естественные и лабораторные исследования одорологических следов человека с целью обнаружения предметов контрабанды, наркотических средств, сильнодействующих психотропных, ядовитых и взрывчатых веществ // Ученые записки Санкт-Петербургского имени В. Б. Бобкова филиала Российской таможенной академии. 2022. № 2. С. 72–75.
14. Лукманов И. А. Особенности развития криминалистической одорологии // Меридиан. 2020. № 12. С. 105–107.
15. Алмаганбетов П. А., Брушковский К. Б. Проблемы криминалистической одорологии // Вестник Института законодательства и правовой информации Республики Казахстан. 2020. № 1. С. 196–202.

### **Информация об авторах**

**Канунник Александр Иосифович**, кандидат юридических наук, доцент, доцент кафедры «Правоохранительная деятельность», Пензенский государственный университет

**Русяева Юлия Олеговна**, студентка, Пензенский государственный университет

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

УДК 343.3/7

## ЗАЩИТА ПРЕДПРИЯТИЯ ОТ НЕЗАКОННОГО РАЗГЛАШЕНИЯ СВЕДЕНИЙ, СОСТАВЛЯЮЩИХ КОММЕРЧЕСКУЮ, НАЛОГОВУЮ ИЛИ БАНКОВСКУЮ ТАЙНУ, В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Е. А. Алёшкина

Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

katia20012@list.ru

**Аннотация.** Экономическая безопасность любой организации базируется на информационной безопасности, которая направлена на защиту сведений, составляющих коммерческую, налоговую или банковскую тайну. Уголовная ответственность за посягательства на перечисленные сведения закреплена в ст. 183 УК РФ. Приведены основные сведения по вопросам обеспечения безопасности информации: способы ее защиты, источники возникновения угроз, юридически закреплённая норма, регулирующая приведенное преступление, а также статистическая информация.

**Ключевые слова:** информационная безопасность, сведения, составляющие коммерческую, налоговую или банковскую тайну, преступления в сфере экономической деятельности, экономическая безопасность

**Для цитирования:** Алёшкина Е. А. Защита предприятия от незаконного разглашения сведений, составляющих коммерческую, налоговую или банковскую тайну, в условиях современного социально-экономического развития // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 2. С. 68–72.

В современных условиях для обеспечения экономической безопасности организации необходимо учитывать возможные риски, связанные с незаконным переходом информации к лицам, не имеющим законных оснований на право владения данными сведениями, что может принести огромные негативные экономические последствия, даже банкротство с дальнейшей ликвидацией организации. Поэтому необходимо знать способы защиты от этих угроз, одним из которых является юридический.

Государство обеспечивает сохранность сведений, составляющих коммерческую, налоговую или банковскую тайну, в норме, закреплённой в ст. 183 УК РФ.

При этом ст. 183 УК РФ предполагает, что объективная сторона преступления – это совершение любых незаконных действий, если их целью является получение сведений, указанных в диспозиции статьи.

Объектом рассматриваемого преступления является установленный порядок обращения со сведениями, составляющими коммерческую, налоговую или банковскую тайну<sup>1</sup>.

В ФЗ № 98 от 29.07.2004 «О коммерческой тайне» раскрывается, что понимается под коммерческой тайной: «это режим конфиденциальности информации, позволяю-

---

© Алёшкина Е. А., 2023

<sup>1</sup> Уголовный кодекс Российской Федерации № 63-ФЗ от 13.06.1996 (в ред. от 25.03.2022) // Собрание законодательства РФ. 1996. № 25. Ст. 2954.

щий ее обладателю при существующих или возможных обстоятельствах увеличить доходы, избежать неоправданных расходов, сохранить положение на рынке товаров, работ, услуг или получить иную коммерческую выгоду»<sup>2</sup>.

Согласно ст. 102 НК РФ налоговую тайну составляют любые полученные государственными органами (налоговые, внутренних дел, государственного внебюджетного фонда, таможенные) сведения о налогоплательщике, за исключением некоторой информации<sup>3</sup>.

В ГК РФ и ФЗ «О банках и банковской деятельности» дается следующее определение: «банковская тайна – это не подлежащая разглашению информация о банковском счете и вкладе, операциях по счету и сведениях о клиенте»<sup>4,5</sup>.

Классификации сведений, охраняемых ст. 183 УК РФ, приведена на рис. 1.



Рис. 1. Сведения, составляющие коммерческую, налоговую или банковскую тайну

В условиях современного социально-экономического развития большинство сведений незаконно получают путем использования информационно-телекоммуникационной сети Интернет. При этом каждое подобное преступление, в том числе по ст. 183 УК РФ, в настоящее время входит в официальную статистику Судебного департамента. Количество осужденных лиц по рассматриваемому составу представлено на рис. 2 [1].

Стоит отметить, что на графике в 2021 г. наблюдается рост значений, это может быть связано с тем, что с 11.06.2021 в диспозиции статьи произошло изменение способов совершения преступления (так, к похищению документов, подкупу или угрозам добавились обман, шантаж, принуждение).

На основе исходных данных получаем графики изменения числа осужденных во времени (рис. 3, 4).

<sup>2</sup> О коммерческой тайне : федер. закон № 98-ФЗ от 29.07.2004 // Собрание законодательства РФ. 2004. № 32. Ст. 3283.

<sup>3</sup> Налоговый кодекс Российской Федерации (часть первая) № 146-ФЗ от 31.07.1998 (в ред. от 01.05.2022) // Собрание законодательства РФ. 1998. № 31. Ст. 3824.

<sup>4</sup> Гражданский кодекс Российской Федерации (часть вторая) № 14-ФЗ от 26.01.1996 (в ред. от 01.07.2021, с изм. от 08.07.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2022) // Собрание законодательства РФ. 1996. № 5. Ст. 410.

<sup>5</sup> О банках и банковской деятельности : федер. закон № 395-1 от 02.12.1990 (в ред. от 01.04.2022) // Собрание законодательства РФ. 1996. № 6. Ст. 492.

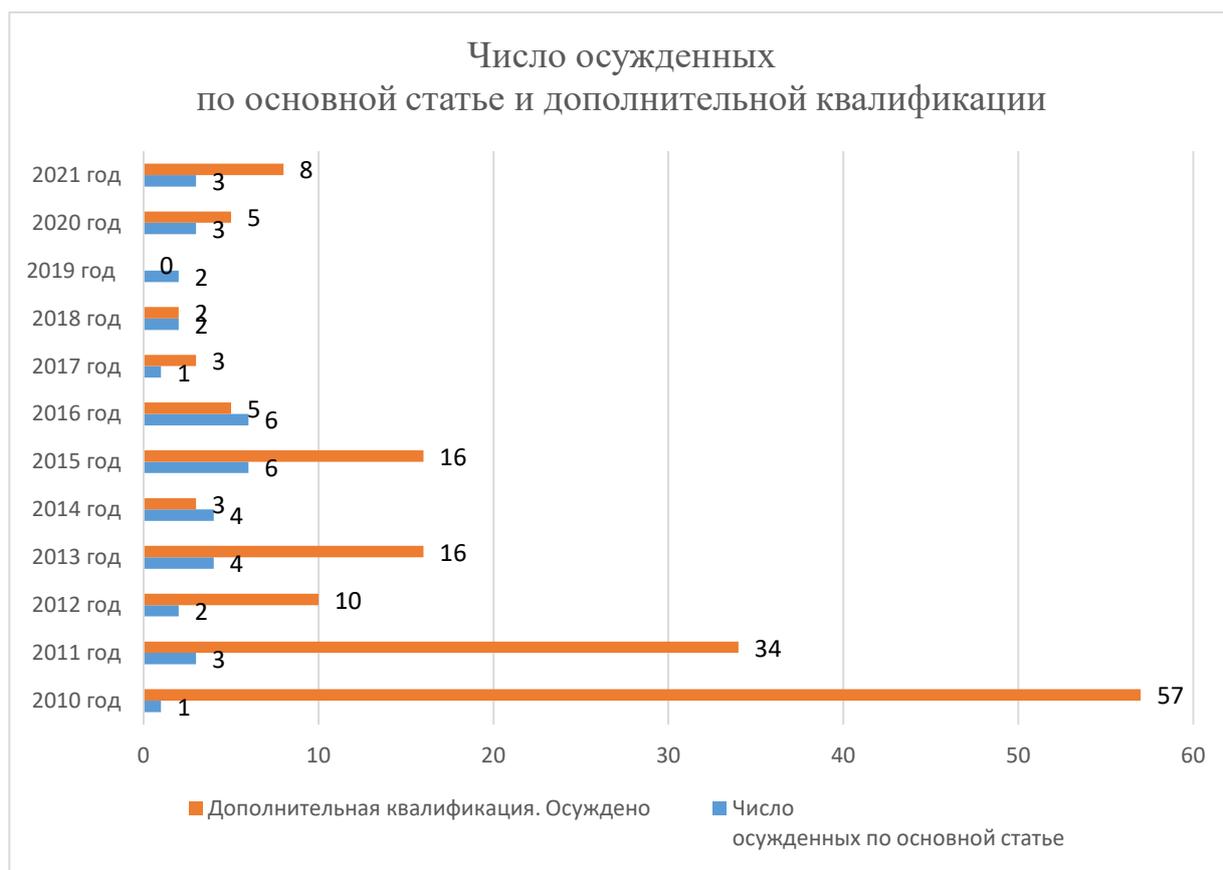


Рис. 2. Число осужденных по ст. 183 УК РФ по годам

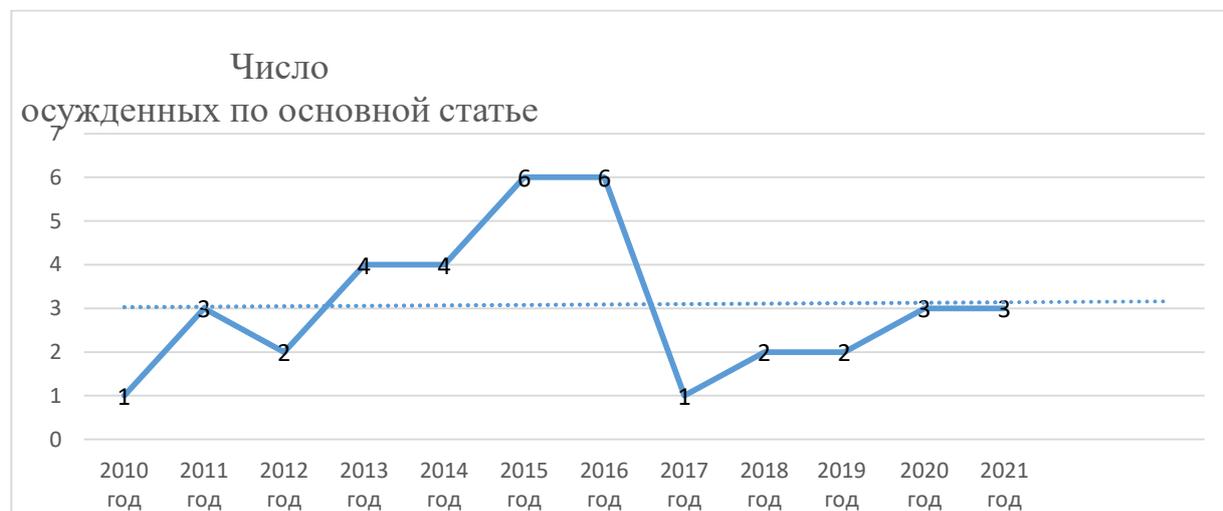


Рис. 3. Число осужденных по основной статье

Исходя из представленных данных можно констатировать, что число осужденных по ст. 183 УК РФ за последнее десятилетие в целом практически не изменилось и по дальнейшим прогнозам не изменится, если не будет никаких влияний внешних факторов, но, помимо стабильной ситуации, в 2015–2016 гг. замечен резкий скачок роста показателей, это может являться последствием экономического кризиса в России в 2014–2015 гг., так как социально-экономическое состояние внутри любой страны напрямую влияет на криминогенную обстановку.

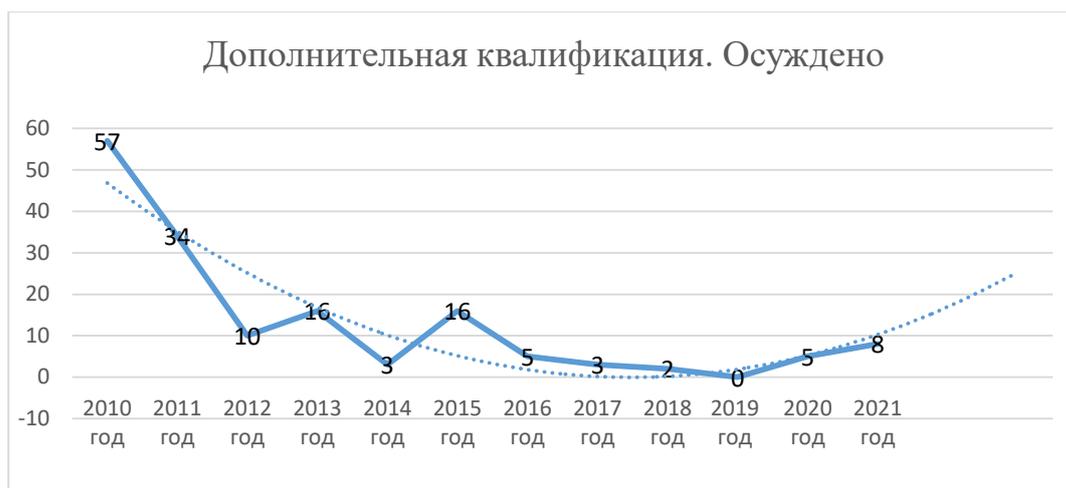


Рис. 4. Дополнительная квалификация. Осуждено

По дополнительной классификации отмечается сильное снижение числа осужденных в 2021 г. по сравнению с 2010 г., что является позитивным результатом.

В условиях развития государственной защиты общества происходит параллельное развитие криминального мира, их способов и методов влияния на общественные отношения. В настоящее время преступники стали использовать более продвинутые инструменты совершения преступлений, среди которых присутствуют кибератаки. Так как в современном обществе любые сведения зачастую хранятся в электронном виде, лица, имеющие корыстный умысел в отношении нее, начинают искать способ ее заполучить.

Чтобы обезопасить организацию от неправомерного сбора информации, необходимо также использовать различные методы защиты: организационные, правовые, технические:

1. Организационная защита конфиденциальной информации — это меры процедурного и административного характера, которые регламентируют процессы работы с важными данными: их хранение, передачу, обработку и т.д. Кратко их можно сгруппировать по следующим видам, представленным на рис. 5.



Рис. 5. Организационные средства защиты информации

2. Правовые основы защиты информации заложены в законодательных нормативных правовых актах в сфере защиты информации. Основные положения представлены на рис. 6.

## Правовое обеспечение включает в себя:

Нормотворческую деятельность по созданию законодательства, регулирующего общественные отношения в области информационной безопасности

Исполнительную и правоприменительную деятельность по исполнению законодательства в области информации, информатизации, защиты информации органами государственной власти и управления, организацией (юридическими лицами), гражданами

Рис. 6. Правовое обеспечение защиты информации

3. Технические (аппаратные) средства защиты информации. Это различные по типу устройства (механические, электромеханические, электронные и др.), которые на уровне оборудования решают задачи информационной защиты, например, такую задачу, как защита помещения от прослушивания.

Если владельцы сведений, составляющих коммерческую, налоговую или банковскую тайну, будут грамотно использовать специально разработанные методы защиты, тогда уровень преступлений по ст. 183 УК РФ будет падать. Также данные организации перестанут терпеть убытки, повысят уровень экономической безопасности своей организации.

### **Список литературы**

1. Данные судебной статистики. Сайт Судебного департамента при Верховном Суде Российской Федерации. URL: <http://www.cdep.ru>

### **Информация об авторе**

**Алёшкина Екатерина Александровна**, студентка, Пензенский государственный университет

**Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.**

УДК 351.74

## ГОСУДАРСТВЕННАЯ ЗАЩИТА СОТРУДНИКОВ ПОЛИЦИИ В РФ И ЧЛЕНОВ ИХ СЕМЕЙ

**Е. И. Лесникова**

Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

lena.lesnikova.01@list.ru

**Аннотация.** Рассматриваются меры государственной защиты, применяемые к сотрудникам полиции и членам их семей, поднимается вопрос о роли семьи в жизни служащего в органах внутренних дел, а также приводятся конкретные государственные гарантии и предусмотренные ими мероприятия по защите сотрудников полиции и их близких.

**Ключевые слова:** государственная защита, члены семьи, мероприятия, меры правовой защиты, социальные гарантии, обеспечение физической безопасности

**Для цитирования:** Лесникова Е. И. Государственная защита сотрудников полиции в РФ и членов их семей // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 2. С. 73–78.

Вопрос обеспечения личной профессиональной безопасности сотрудников полиции на сегодняшний день стоит достаточно остро.

Задачи, которые поставлены перед сотрудниками полиции, реализуются, по большей части, в условиях повышенной опасности. В этой связи государство законодательно закрепило положение о том, что каждый гражданин, служащий в ОВД, получает от государства гарантированную защиту его прав и свобод как отдельной ячейки гражданского общества. Таким образом отметим, что сотрудники полиции выступают одним из важнейших субъектов социальной защиты со стороны государства. Тем не менее, государством предусмотрены меры защиты также для членов семей граждан, проходящих службу в органах полиции [1, с. 78].

Несмотря на наличие широкого спектра гарантий, предусмотренных законодательно, нельзя сказать, что в настоящее время все меры государственной защиты для сотрудников полиции и их семей реализуются в полном объеме. Представляется, что и сами сотрудники не до конца понимают свои права и гарантии, в связи с чем их реализация в полном объеме не представляется возможной [2, с. 63].

На это влияет множество факторов: отсутствие необходимой информации о государственных гарантиях (так, зачастую сотрудники полиции и их семьи просто не знают о существовании некоторых положений), недостатком внимания со стороны руководства структурных подразделений к определенным социальным потребностям сотрудников, находящихся в подчинении, отсутствием должного финансирования системы социальной защиты сотрудников полиции и их семей. Разумеется, перечисленные причины не являются исчерпывающими. В этой связи видится необходимым продолжать исследование в этой области [3, с. 138].

Сотрудники полиции и их семьи, как никто иной, нуждаются в реализации гарантий, предоставляемых государством с целью защиты сотрудников полиции и их семей, в полной мере.

У некоторых правоведов и обычных граждан зачастую возникает вопрос: если члены семьи сотрудников полиции не выполняют никаких служебных обязанностей и, как следствие, не находятся в зоне постоянного риска, о реализации каких гарантий может идти речь? Безусловно, это мнение является ошибочным. Для оспаривания этого суждения в рамках настоящего исследования необходимо уяснить взаимосвязь и степень влияния на работу сотрудника полиции общего уровня благосостояния его семьи.

Во-первых, для сотрудника полиции, как и для любого гражданина, семья представляется жизненно важной составляющей. Семья для сотрудника полиции – это некий источник получения поддержки и энергии. Имея хорошие отношения с семьей, сотрудник полиции стремится работать более качественно, старается прилежно выполнять свои обязанности, чтобы обеспечить для своих домочадцев достойный уровень жизни.

Во-вторых, сотрудник полиции, в первую очередь, остается обычным человеком, а у каждого человека есть своя «ахиллесова пята», т.е. слабое место. Наибольшую уязвимость для сотрудника правоохранительных органов представляет семья, и в этой связи любой сотрудник закона заинтересован в обеспечении безопасности своей семьи путем недопущения негативного воздействия издержек своей профессиональной деятельности: невротичного состояния, возникающего из-за неблагоприятной обстановки на работе, от посягательств со стороны преступных элементов, угроз, шантажа и т.д. Преступники, обладая низким уровнем социальной ответственности, понимают, что, например, угрожая семье сотрудника полиции, можно добиться от него нестандартных поступков с целью получения собственной выгоды.

Вследствие этого можно уверенно заявить о том, что семья сотрудника полиции не может рассматриваться отдельно от его профессиональной деятельности. В этой связи вполне логично поставить уже другой вопрос: каким образом ищется баланс интересов семьи сотрудника полиции и государства?

Именно поэтому государство законодательно определило цели, виды и методы защиты служащих органов внутренних дел и их близких, которые бы позволяли сотруднику защитить себя и свою семью не только от негативных издержек своей профессиональной деятельности, но и от посягательств со стороны преступного мира.

Необходимо рассмотреть каждую из мер, которые государство предоставляет служащим и членам их семей в качестве государственной защиты.

В зависимости от задач, поставленных перед сотрудниками полиции, меры государственной защиты можно сгруппировать по нескольким направлениям:

1. Правовые меры государственной защиты сотрудников ОВД и членов их семей.
2. Обеспечение физической защиты.
3. Социальные меры государственной защиты сотрудников полиции и их близких, в частности, защита жизни, здоровья и имущества [4, с. 180].

Нетрудно догадаться, что под имущественными правами сотрудника полиции могут пониматься принадлежащее ему недвижимое имущество, в которой проживает сотрудник полиции и его семья, земельные участки, личный транспорт и т.д. Причинение имущественного ущерба сотруднику полиции априори влечет за собой причинение имущественного ущерба членам его семьи. Законодатель предусмотрел возможность привлечения к уголовной ответственности лица, виновного в причинении имущественного вреда сотруднику полиции и его семье.

Отдельно необходимо рассмотреть вопрос о предоставлении государственных гарантий по вопросу физической безопасности сотрудника полиции и членов его семьи.

Так, сотрудник полиции имеет право на ношение огнестрельного оружия и специальных средств с целью обороны, а законодатель оставляет за сотрудником право на его применение в случаях, предусмотренных законодательством.

В некоторых случаях при возникшей угрозе физической безопасности сотрудника полиции и его семьи возникает необходимость временно переместить всех вышеуказанных лиц в более безопасное место. Эта государственная мера защиты считается одной из самых эффективных, поскольку она позволяет временно спрятать субъектов, находящихся под защитой, пока не будут выявлены и нейтрализованы источники возможной угрозы. Сюда же можно отнести такую государственную меру защиты сотрудников полиции и их лиц, как переселение на постоянное место жительства в другое место в случае возникновения угрозы физической безопасности сотрудников полиции и их семей. Эффективность такой меры тоже очевидна, но при этом для избрания такой меры безопасности должны возникнуть исключительные условия угрожающего характера.

С целью обеспечения личной физической безопасности сотрудников полиции и их семей государство обеспечивает полную конфиденциальность сведений вышеуказанных лиц. Закрытие подобных информационных массивов позволяет предотвратить возможность утечки информации в руки преступных элементов с целью дальнейшего использования полученных сведений в противоправных целях.

В рамках настоящего исследования необходимо рассмотреть такой способ государственной защиты физической безопасности сотрудников полиции и их семей, как замена внешности и документов. В настоящее время эта мера практикуется крайне редко, поскольку она представляется самой вынужденной и крайней из практикуемых мер государственной защиты физической безопасности сотрудников полиции и их семей.

**Приведем практический пример.** В рамках реализации мер государственной защиты у руководящих органов возникла необходимость обеспечить физическую безопасность сотрудника Н. и его семьи. Было установлено, что вышеупомянутый сотрудник предотвратил преступление, которое должно было быть совершено в составе преступной группировки. Осужденные решили отомстить Н., планируя учинить над ним физическую расправу, а также нанести физический вред членам его семьи.

Членам преступной группировки удалось выяснить его личные данные, в том числе и место жительства, из-за чего возникла необходимость изменить документы сотрудника и его семьи, при этом обеспечив полную, всестороннюю безопасность этих сведений, поскольку было основание полагать, что угрозы со стороны преступного мира – реальны. Путем хирургического вмешательства сотрудник, а также члены его семьи были подвергнуты операции по изменению внешности. Их документальные данные также были полностью изменены. Сотрудник был переведен на постоянное место жительства в другой город, а также трудоустроен на новую работу по месту жительства после переезда.

Сложность заключена в том, что в подобной ситуации достаточно тяжело сохранить все предусмотренные законом льготы и социальные гарантии, при этом не ущемив законные права и интересы сотрудника и членов его семьи.

Все вышеперечисленные меры применяются, как правило, в комплексе, в зависимости от конкретно взятого случая. При этом на детей сотрудников полиции также применяется полный комплекс мер безопасности и только после согласования рассматриваемых мер с родителями.

Все рассмотренные выше государственные гарантии и предусмотренные ими мероприятия по защите сотрудников полиции и их семей осуществляются вплоть до полной ликвидации угрозы.

При реализации вышеперечисленных мер государственной защиты расходы финансируются из бюджета.

Итак, в рамках настоящего исследования необходимо рассмотреть самые известные меры государственной защиты сотрудников полиции и их семей – меры социальной защиты. Под социальной защитой принято понимать ту систему мер, которая законодательно устанавливается и обеспечивает служащим полиции и членам их семей достойный уровень жизни не только в период прохождения службы сотрудником полиции, но и после ее прекращения по предусмотренным основаниям [5].

Меры социальной защиты сотрудников полиции и их семей условно можно разделить на три группы:

1. Меры государственной социальной защиты, реализуемые в период прохождения сотрудником службы в полиции.

2. Меры государственной социальной защиты, проводимые после прекращения сотрудником службы в полиции.

3. Меры государственной социальной защиты, предусмотренные в случае смерти сотрудника.

На основании действующего законодательства можно рассмотреть те меры, которые в настоящее время законодательно закрепляются и реализуются с целью социальной защиты сотрудников полиции и членов их семей. К ним относят:

– право на получение единовременного пособия в случае смерти сотрудника полиции. Эта социальная гарантия устанавливается Федеральным законом «О полиции». Так, в случае гибели сотрудника полиции при исполнении им своих служебных обязанностей его семья имеет право на получение денежной компенсации в размере до 2 млн руб. с учетом инфляции и роста цен. При этом страховая сумма может отличаться, поскольку индексируется она в связи с инфляцией и ростом цен. На январь 2018 г. размер такой денежной выплаты в среднем составил 2 430 847 руб. Право на получение страховой выплаты имеет законный супруг(а) погибшего, дети, родители или усыновители, подопечные, несовершеннолетние дети [6, с. 23];

– служащие органов внутренних дел и члены их семей имеют право на медицинское обеспечение в организациях федерального органа исполнительной власти в сфере органов внутренних дел. В контексте вышеуказанной социальной гарантии полицейские и члены их семьи имеют право на санаторно-курортное лечение либо оздоровительный отдых. В рамках этой льготы сотрудник полиции и члены его семьи получают возможность приобретать медикаменты, необходимые для лечения, на безвозмездной основе;

– дети сотрудников полиции имеют право на предоставление льготных мест в общеобразовательных и дошкольных организациях, на отдых в летних оздоровительных лагерях. Рассматриваемая социальная гарантия также предоставляется на основании Федерального закона «О полиции» [6, ст. 46];

– если сам сотрудник был захвачен в качестве заложника либо в плен, а также если он был признан пропавшим без вести, то члены его семьи имеют право на получение суммы его денежного довольствия до момента полного выяснения обстоятельств пропажи либо до момента освобождения или объявления сотрудника умершим<sup>1</sup>;

– в случае переезда на новое место прохождения службы сотрудник полиции и его семья имеют право на получение выплаты. В практике такую льготу принято называть «подъемным пособием». Речь идет о бесплатном проезде к месту несения службы, оплате предоставленного жилья и собственно самой сумме подъемного пособия: 25 % от заработной платы сотрудника полиции на каждого из членов его семьи. Итоговая сумма такой льготы зависит от трудового стажа сотрудника и его профессионального звания;

<sup>1</sup> О полиции : федер. закон № 3-ФЗ от 07.02.2011 (в ред. от 21.12.2021) // Собрание законодательства РФ. 2011. № 2. Ст. 5985.

– сотрудники полиции и члены его семьи могут получить денежную компенсацию на оплату проезда к месту каникулярного отпуска и обратно. Однако на оплату проезда имеет право только сотрудник и один из членов его семьи;

– служащие ОВД и их семьи обладают правом на оплату расходов на проезд и перевоз багажа;

– члены семьи сотрудников полиции имеют право на получение единовременной социальной выплаты для строительства либо приобретения жилого помещения в том случае, если сотрудник полиции погиб вследствие увечья, полученного в период несения службы, либо вследствие прогрессирования заболевания, которое сотрудник полиции приобрел в период осуществления служебной деятельности;

– члены семьи сотрудников полиции имеют право на предоставление в собственность жилого помещения за счет бюджетных ассигнований в том случае, если сотрудник полиции погиб вследствие увечья, полученного в период несения службы, либо вследствие прогрессирования заболевания, которое сотрудник полиции приобрел в период прохождения службы;

– в том случае, если сотрудник полиции погиб вследствие увечья, полученного в период несения службы, либо вследствие прогрессирования заболевания, которое сотрудник полиции приобрел в период прохождения службы, члены его семьи имеют право на получение ежемесячной денежной компенсации за наем жилого помещения до того момента, как истекнут три месяца со дня получения единовременной социальной выплаты [7, с. 56];

– в том случае, если сотрудник полиции погиб вследствие увечья, полученного в период несения службы, либо вследствие прогрессирования заболевания, которое сотрудник полиции приобрел в период прохождения службы, члены его семьи имеют право на получение денежной компенсации за оплату коммунальных услуг;

– члены семьи служащего органов внутренних дел обладают правом на возмещение расходов, предусмотренных на оплату проезда к месту лечения в санаторной организации, за отправку ребенка в летние лагеря, за проезд к новому месту проживания [8, с. 368];

– члены семьи сотрудника полиции имеют право на компенсацию расходов на оплату проезда к месту погребения погибшего сотрудника.

Таким образом, рассмотрев подробно каждую из предоставляемых гарантий государственной защиты сотрудников полиции и членов их семей, можно прийти к следующим выводам.

Несмотря на то, что в настоящее время существует достаточно детальная законодательная имплементация таких гарантий, в процессе их реализации все же возникают определенные трудности. Например, можно выделить большую проблему в процессе реализации социальных гарантий сотрудников полиции и членов их семей, связанных с медицинским обслуживанием: имеются серьезные проблемы с обеспечением медицинских учреждений лекарственными препаратами.

Подобные организации нуждаются в современном медицинском оборудовании, которое может предоставлять качественную медицинскую помощь самим сотрудникам и членам их семей.

Большие проблемы также возникают в процессе реализации государственных гарантий физической защиты сотрудников полиции и членов их семей в случаях посягательства со стороны преступных элементов. В процессе реализации таких гарантий часто ущемляются права и льготы сотрудников полиции и членов их семей в связи с изменением документов.

Возникают проблемы в сфере получения единовременной выплаты в случае гибели сотрудника полиции: суммы значительно различаются по величине, а иногда обещанная законодательно компенсация до семьи погибшего сотрудника попросту не доходит.

Для того, чтобы упростить правоприменительную практику и практическую деятельность, позволяющую обеспечить государственные гарантии сотрудникам полиции и членам их семей в полной мере, необходимы качественная систематизация и обобщение всех норм из разных отраслей действующего законодательства в отдельной главе Федерального закона «О полиции» [9].

### **Список литературы**

1. Саранкина Ю. А. Социальное обеспечение членов семей сотрудников органов внутренних дел: проблемы нормативно-правового регулирования // Евразийский юридический журнал. 2015. № 11. С. 180–181.
2. Мещеряков А. Н. Социальные гарантии сотрудникам органов внутренних дел Российской Федерации в контексте социальной политики государства // Правопорядок: история, теория, практика. 2015. № 1. С. 138–144.
3. Иванов В. И. О некоторых финансовых гарантиях при прекращении государственной службы в органах внутренних дел Российской Федерации // Академическая мысль. 2018. № 2. С. 17–23.
4. Чернышова Л. В. Организация социально-правовой защиты сотрудников полиции : монография. Уфа, 2013. 213 с.
5. Овсянников Д. А. Понятие «социальное обеспечение сотрудников полиции и членов их семей»: теоретический анализ сущности и содержания // Молодой ученый. 2021. № 22. С. 368–370.
6. Зайцев Н. В. Государственная защита сотрудников полиции и их близких // Вестник Уфимского юридического института МВД России. 2016. № 1. С. 78–82.
7. Хисматуллин О. Ю. К вопросу об унификации законодательства, регулирующего выплаты для приобретения или строительства жилого помещения отдельным категориям должностных лиц // Евразийская адвокатура. 2016. № 1. С. 104–107.
8. Набока А. А. Особенности социальной защиты сотрудников органов внутренних дел Российской Федерации // Вестник Белгородского юридического института МВД России. 2020. № 4. С. 54–59.
9. Елфимова Е. В., Еремеев Ю. А. Предложения по совершенствованию законодательства в сфере социальной защиты сотрудников органов внутренних дел Российской Федерации // Проблемы обеспечения, реализации, защиты конституционных прав и свобод человека. 2016. № 5. С. 63–72.

### **Информация об авторе**

**Лесникова Елена Ивановна**, студентка, Пензенский государственный университет

**Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.**

## ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТМЕНЫ И ИЗМЕНЕНИЯ НОТАРИАЛЬНО УДОСТОВЕРЕННОГО ЗАВЕЩАНИЯ

А. А. Дружинина<sup>1</sup>, В. П. Пивцаева<sup>2</sup>, А. А. Рыжова<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

<sup>1</sup>druzhininanastya24@yandex.ru

<sup>2</sup>p\_v\_p\_04@mail.ru

<sup>3</sup>17593r@mail.ru

**Аннотация.** Рассматриваются основные правовые положения, регулирующие изменение и отмену завещания. Такие действия, в первую очередь, связаны с правом выбора и волей наследодателя. Рассматриваются принцип свободы завещания и его реализация. Анализируются проблемы, возникающие в результате отмены и изменения завещаний, составленных при чрезвычайных обстоятельствах, и совместных завещаний супругов. Представлены последствия рассматриваемых нотариальных действий. Представлены предложения по совершенствованию законодательства, с учетом недостатков, выявленных в ходе изучения нотариальной практики по теме.

**Ключевые слова:** завещание, нотариус, совместное завещание, наследование, нотариат, отмена завещания, нотариальное действие, принцип свободы завещания, изменение завещания

**Для цитирования:** Дружинина А. А., Пивцаева В. П., Рыжова А. А. Проблемы и перспективы правового регулирования отмены и изменения нотариально удостоверенного завещания // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 2. С. 79–83.

Основы законодательства Российской Федерации о нотариате в ст.1 закрепляют, что нотариат призван обеспечивать защиту прав и законных интересов граждан. В этом контексте необходимо отметить, что призвание нотариата будет исходить из публично-правовой функции. Эта взаимосвязь состоит в том, что без наличия государственных гарантий невозможно реализовать частный интерес. Нотариальные действия, соединяя в себе начала публично-правовых гарантий со стороны государства и гарантий по реализации субъективных прав, являются самостоятельным и специфическим правозащитным средством, без которого невозможно осуществление законных интересов лиц. Одно из прав, реализация которого возможна с помощью нотариуса, – это распоряжение имуществом путем совершения завещания. Порядок составления завещания законодательно урегулирован. Однако дискуссионным остается вопрос правовой регламентации отмены и изменения нотариально удостоверенного завещания. Профессор О. В. Романовская указывает, что более чем 25-летняя история нового нотариата показала и наличие значительного числа системных ошибок в его организации [1]. Данный аспект позволяет рассмотреть проблемы отмены и изменения нотариально удостоверенного завещания.

Гарантировать собственникам свободу распоряжения принадлежащим имуществом позволяет принцип свободы завещания. Одним из проявлений данного принципа высту-

пает возможность завещателя в любое время отменить или изменить составленное им завещание. Причинами в этом случае могут быть разные обстоятельства, и их объективность и значимость определяются исключительно наследодателем [2].

Помимо существующих традиционных нотариально удостоверяемых форм, существуют закрытые завещания, завещания при чрезвычайных обстоятельствах. Относительно недавно в законодательстве были закреплены совместные завещания супругов, наследственные договоры. Особый интерес к данной теме проявляется в необходимости изучения и анализа нотариальной практики по вопросам, связанным с необходимостью завещателем внести какие-либо коррективы в уже удостоверенное завещание либо вовсе его отменить по тем или иным обстоятельствам.

Считаем необходимым обратиться к нормам законодательства по теме и рассмотреть порядок отмены и изменения завещаний классической формы.

Возможность проводить определенные операции с содержательной стороной завещания предусмотрена в ст. 1130 Гражданского кодекса РФ: «завещатель вправе отменить или изменить составленное им завещание в любое время после его совершения, не указывая при этом причины его отмены или изменения. Для отмены или изменения завещания не требуется чье-либо согласие, в том числе лиц, назначенных наследниками в отменяемом или изменяемом завещании»<sup>1</sup>. За разъяснением данной нормы, так как она носит общий характер, обратимся к Постановлению Пленума ВС РФ от 29.05.2012 «О судебной практике по делам о наследовании» № 9<sup>2</sup>. Завещанием может быть отменено либо изменено прежнее завещание; завещательное распоряжение правами на денежные средства в банке (п. 23 указывает примеры, когда данная норма будет применяться). В свою очередь «Основы законодательства Российской Федерации о нотариате»<sup>3</sup> и «Методические рекомендации по удостоверению завещаний и наследственных договоров»<sup>4</sup> содержат положения, детально регламентирующие порядок осуществления данного действия. Так, п. 4.18<sup>4</sup> поясняет, что отмена завещания осуществляется путем:

- 1) составления специального документа – распоряжения об отмене завещания;
- 2) включения распоряжения об отмене в новое завещание;
- 3) составления нового завещания, полностью противоречащего предыдущему.

С учетом ст. 58 Основ необходимо указать, что распоряжение об отмене завещания должно быть нотариально удостоверено. В ней речь идет о том, что нотариус обязан сделать отметку на экземпляре завещания, которое хранится у него, а также в реестре регистрации нотариальных действий, такие положения обуславливают, в частности, больше не правовое, а организационное значение. Если нотариусом по какой-то причине эти действия не были совершены, то это не повлечет за собой никаких материально-правовых последствий, а изменение или отмена завещания будут по-прежнему оставаться действительными сделками<sup>3</sup>. Таким образом, отмена и изменение завещания не ограничиваются ни временем, ни кругом оснований, в пределах которых мог бы действовать гражданин, в то время как круг лиц, наделенных данным правомочием, сужен, им выступает сам завещатель.

Иным образом к вопросу отмены завещаний подходит законодатель в ряде европейских стран. Так, например, во Франции существует особое понятие утраты силы

<sup>1</sup> Гражданский кодекс Российской Федерации (часть третья) № 146-ФЗ от 26.11.2001 (в ред. от 01.07.2021) // Собрание законодательства РФ. 2001. № 49. Ст. 4552.

<sup>2</sup> О судебной практике по делам о наследовании : Постановление Пленума Верховного Суда РФ № 9 от 29.05.2012 (в ред. от 24.12.2020). URL: <https://www.consultant.ru>

<sup>3</sup> Основы законодательства Российской Федерации о нотариате (утв. ВС РФ 11.02.1993, № 4462-1) (в ред. от 28.12.2022) // Российская газета. 1993. № 49.

<sup>4</sup> Методические рекомендации по удостоверению завещаний и наследственных договоров (утв. решением Правления ФНП от 02.03.2021, протокол № 03/21). URL: <https://www.consultant.ru>

(caducité), когда исполнение акта невозможно вследствие наступления события, не зависящего от воли сторон [3]. Законодательство Германии закрепляет широкий перечень способов отмены завещания по сравнению с отечественным. В Германском Гражданском Уложении закреплены следующие способы отмены – это изъятие завещания из официального хранения и уничтожение завещания [3].

Содержащийся в методических рекомендациях порядок отмены и изменения является основным и применяется в отношении большинства видов завещаний. Однако некоторые из них в силу специфики своей формы и содержания имеют определенные особенности и требуют «нестандартного» подхода.

Завещание представляет собой форму односторонней сделки, поэтому, как и любая другая форма сделки, она может быть отменена или изменена в той же форме, в какой был составлен первоначальный документ. Несмотря на схожую процедуру осуществления действий по отмене и изменению, между ними необходимо проводить четкое разграничение. Так, изменение завещания дает возможность преобразовать или прекратить только отдельные распоряжения предыдущего завещания. Отмена же завещания – волеизъявление, направленное на прекращении действия составленного им ранее нотариально удостоверенного завещания.

Процедура изменения завещания представляет собой последовательность некоторых действий, обязательных для исполнения.

Во-первых, наследодатель должен определить порядок, в какой части будет изменено завещание, таким образом может быть составлен отказ или возложение, исключены или добавлены наследники, возможно исключение части имущества или активов и т.д.

Во-вторых, гражданин, который хочет изменить завещание, должен обратиться в нотариальную контору к нотариусу с первоначальным бланком завещания либо в присутствии нотариуса составить новый документ, в который будут включены условия, подлежащие изменению.

В-третьих, в полномочия нотариуса входят требования, которые он обязан совершить при изменении завещания. К таким действиям относятся: проверка дееспособности гражданина, нотариус также должен убедиться в том, является ли волеизъявление гражданина свободным; далее нотариус обязан удостоверить документ путем проставления нотариального штампа, а также внести сведения об удостоверении в федеральный реестр.

В результате вышеперечисленных действий гражданин получает измененный бланк завещания, второй экземпляр которого остается у нотариуса.

Общий порядок удостоверения распоряжения об отмене завещания соответствует порядку изменения, описанному выше, за исключением правовых последствий, влекущих в данном случае полное прекращение действия ранее удостоверенного завещания, и в связи с этим проставления соответствующей пометки на отмененном документе. Обратиться за совершением данных нотариальных действий можно к любому нотариусу. Не является обязательным уведомление нотариуса, у которого было совершено первоначальное завещание, так как все необходимые сведения и изменения будут внесены в единый реестр и доступ к ним будет открыт. Кроме того, завещатель не ограничен в количестве возможных обращений с целью изменения завещания несколько раз. В практике существует случаи, когда завещание подвергалось изменению почти каждый месяц в течение года. В этом контексте укажем мнение К. П. Победоносцева, что «ни одно распоряжение, постановленное в завещании, ни одно слово, помещенное в нем, не может приобрести действительного значения, не может превратиться в факт неоспоримый до тех пор, пока жив завещатель. До самой смерти он держит волю свою при себе и может переменить ее».

Так, например, гражданин имеет возможность составить закрытое завещание, содержание которого может быть раскрыто только после смерти завещателя. До наступления этого момента оно остается неизвестным для всех, включая нотариуса. Следовательно, лицо, решившее отменить действие закрытого завещания посредством составления иного, напрямую противоречащего раннему, должно сделать в нем соответствующее указание, так как иной возможности удостовериться в необходимости отмены не представляется.

Имеет свои особенности и отмена действия закрытого завещания путем составления распоряжения. В нем завещатель должен указать ряд сведений, позволяющих однозначно определить отменяемое завещание: дату принятия нотариусом закрытого завещания, а также номер, за которым в реестре зарегистрировано свидетельство о его принятии. Указанная информация позволяет нотариусу ориентироваться во всем множестве имеющихся в его архиве сведений. Распоряжение помещается в дело «Конверты хранения» вместе с конвертом с закрытым завещанием и свидетельством о его принятии. При проставлении отметки об отмене закрытое завещание не вскрывается и завещателю не возвращается. Изменение проходит аналогичным образом. Нотариус получает запечатанный конверт с измененным завещанием и проставляет штамп непосредственно на нем, не зная при этом содержания.

Иначе разрешается вопрос об отмене завещаний, совершенных при чрезвычайных обстоятельствах. Специфику порядка отмены предопределяет сама форма документа – отсутствие нотариального удостоверения, так как возможность оформления в соответствии с необходимыми требованиями отсутствует. Отменить же завещания, составленные при чрезвычайных обстоятельствах, и изменить их могут лишь аналогичные формы завещаний, что представляется довольно проблематичным. Также следует отметить, что составленное завещателем нотариально удостоверенное завещание не может быть отменено с использованием формы завещания, предусмотренной ст. 1129 ГК РФ.

Сравнительно новым для российского гражданского права является институт совместного завещания супругов. Несмотря на то, что конструкция совместного завещания была имплементирована из наследственного права иностранных государств, в частности Германии, российский институт совместных завещаний имеет свои принципиальные особенности. Одной из характерных особенностей выступает субъектный состав. Оно предполагает возможность распоряжения имуществом в случае смерти обоих супругов в пользу определенного лица, т.е. сам по себе этот документ представляет собой волеизъявление граждан, состоящих в браке (п. 4 ст. 1118 Гражданского кодекса РФ), в то время как в ряде иностранных законодательств, к примеру, Англии и США, совместные завещания вправе составить любые лица, в том числе бизнес-партнеры [4]. Количество таких завещаний в РФ за период январь–август 2022 г. увеличилось на 13 % по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года [5].

Совместное завещание отличается от обычного тем, что супруги сами могут установить порядок наследования совместно нажитого имущества, например, установить размер доли. Такое завещание позволяет снизить число семейных конфликтов по поводу наследства, особенно в тех семьях, где есть дети от разных браков. Как установлено законом, переживший супруг, получив свидетельство о праве на наследство, может отменить совместное завещание или составить новое завещание. В то же время каждый из супругов после смерти другого супруга может отменить совместное завещание распоряжением.

Анализ положений ст. 1118 Гражданского кодекса РФ, регламентирующей общие положения о совместных завещаниях, позволяет сделать вывод об отсутствии гарантий исполнения последнего волеизъявления умершего супруга [4]. При наличии совместного завещания нотариус, удостоверяя последующее завещание или удостоверяя распоряжение об отмене совместного завещания одним из супругов при жизни обоих супругов, обя-

зан направить другому супругу уведомление о факте совершения последующего завещания или об отмене совместного завещания супругов. Указанное положение является основанием для дискуссии многих исследователей, так как в данном случае одним супругом не учитывается воля другого, в то время как заключение совместного завещания – акт обоюдного согласия на распоряжение наследственным имуществом. В связи с этим целесообразно внести изменения в действующее законодательство и изменить порядок отмены совместного завещания с учетом консенсуса между супругами непосредственно при обращении к нотариусу и исключить возможность одностороннего обращения при жизни одного из них.

Подводя итог всему вышесказанному, можно прийти к выводу, что принцип свободы завещания позволяет завещателю полностью отменить или же изменить какую-либо часть завещания. Для нотариуса законом предусмотрена строгая регламентация действий. Следует сказать, что разграничение таких понятий, как отмена и изменение, позволяет завещателю достигнуть необходимого результата. Порядок реализации таких действий зависит от характера и вида завещания, составленного гражданином. Однако в правоприменительной практике возникают ситуации, когда нормы действующего законодательства не в полной мере защищают право гражданина свободно распоряжаться собственным имуществом путем составления завещания. Данный аспект требует выработки предложений со стороны законодателя, нотариального и научного сообщества, что в последующем может послужить основанием для внесения изменений в законодательство.

### ***Список литературы***

1. Романовская О. В. Нотариат в России и Германии: опыт правовой компаративистики // Наука. Общество. Государство. 2020. Т. 8, № 1. С. 80–88.
2. Кузьминова А. В. Отмена и изменение завещания. Недействительность завещания // Аллея науки. 2021. Т. 1, № 11. С. 934–937.
3. Максуров А. А. Отмена, изменение завещания и признание его недействительным по законодательству России и европейских стран // Правопорядок: история, теория, практика. 2020. № 3. С. 82–88.
4. Садыкова Р. Т. Институт совместного завещания в законодательстве России и зарубежных государств // COGNITIO RERUM. 2022. № 12. С. 102–105.
5. Родионова О. М. Гражданско-правовая сущность совместного завещания супругов // Вестник Саратовской государственной юридической академии. 2019. № 5. С. 99–103.

### ***Информация об авторах***

***Дружинина Анастасия Александровна***, студентка, Пензенский государственный университет

***Пивцаева Валентина Петровна***, студентка, Пензенский государственный университет

***Рыжова Анастасия Андреевна***, кандидат юридических наук, доцент, доцент кафедры «Государственно-правовые дисциплины», Пензенский государственный университет

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

# АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

УДК 512

## МЕТОД ПЕРЕМЕНЫ ЗНАКА ДЛЯ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

М. Ю. Медведик<sup>1</sup>, А. А. Дюньдяева<sup>2</sup>,  
В. Н. Поплевина<sup>3</sup>, Э. М. Давыдова<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

<sup>1</sup>\_medv@mail.ru

<sup>2</sup>andyundyaeva@gmail.com

<sup>3</sup>vikulirux@mail.ru

<sup>4</sup>elmira.davydova.02@bk.ru

**Аннотация.** Изучается численный метод перемены знака для решения систем нелинейных уравнений, возникающих в различных физических и математических задачах. В основе метода лежит нахождение изменения знака функции в ячейках расчетной сетки. Описан численный метод перемены знака для одномерного, двумерного и многомерного случаев, а также приведен пример решения нелинейной системы алгебраических уравнений для функции двух переменных.

**Ключевые слова:** метод перемены знака, нелинейные системы уравнений, нелинейные уравнения, численный метод, расчетная сетка

**Для цитирования:** Медведик М. Ю., Дюньдяева А. А., Поплевина В. Н., Давыдова Э. М. Метод перемены знака для решения нелинейных систем алгебраических уравнений // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 2. С. 84–91.

### **Введение**

В теории численных методов для решения нелинейных уравнений применяют методы минимизации, итерационные методы, а также методы, которые основаны на использовании производных функции. К прямым методам минимизации относят метод «золотого сечения», метод Фибоначчи. На практике чаще применяют методы, основанные на использовании производных функции из-за их быстрой сходимости. К таким методам относятся метод дихотомии, метод хорд, наиболее популярен метод Ньютона.

Метод «золотого сечения» состоит в том, что исходный отрезок уменьшается по определенному закону, постепенно стягиваясь к точке минимума. Сокращение отрезка происходит за счет его деления и отбрасывания частей, не содержащих экстремальной точки. Отрезок делится в отношении «золотого сечения» (отсюда название).

Метод Фибоначчи почти полностью совпадает с методом «золотого сечения», но есть два отличия: отрезок делится с помощью чисел Фибоначчи; требуется до начала работы метода задать число шагов  $n$ .

---

© Медведик М. Ю., Дюньдяева А. А., Поплевина В. Н., Давыдова Э. М., 2023

Метод «золотого сечения» имеет несколько меньшую скорость сходимости, чем метод Фибоначчи.

К недостаткам рассмотренных методов можно отнести ошибки в вычислении точек деления отрезка, которые накапливаются в результате округлений в процессе решения задачи (на ЭВМ).

В методе дихотомии корнем системы предполагают середину отрезка: если среднее значение на отрезке удовлетворяет системе, оно и будет приближенным корнем, который отличается от точного не более чем на половину длины отрезка. Метод хорошо применим для тех функций, которые пересекают ось на данном отрезке только один раз. Основное достоинство метода состоит в том, что его скорость сходимости не зависит от вида функции.

В основе метода хорд лежит свойство непрерывных функций, заключающееся в том, что если функция  $f(x)$  на концах отрезка  $[a, b]$  принимает значения разных знаков, т.е.  $f(a) \cdot f(b) < 0$ , то внутри этого отрезка содержится по меньшей мере один корень уравнения  $f(x) = 0$ .

Метод Ньютона используется только для выпуклых функций. Данный метод использует не только первую, но и вторую производные функции. При определенных условиях он обеспечивает значительно более высокую скорость сходимости к точке минимума, чем рассмотренные выше методы минимизации. Для реализации этого метода функция  $f(x)$  должна быть выпуклой, дважды дифференцируемой функцией. Преимущество метода Ньютона в его быстрой сходимости. Основным недостатком является наличие производной, которую иногда бывает сложно вычислить, например, производные для специальных функций [1].

Метод перемены знака, предложенный в статье, можно использовать для решения систем нелинейных алгебраических уравнений, которые возникают при изучении нелинейных электрических цепей, содержащих нелинейные элементы: полупроводниковые ключи, индуктивности с магнитным сердечником. Нелинейные уравнения возникают в задачах оптимального управления, когда необходимо отыскивать экстремум целевой функции. Данный метод также может применяться для функции комплексного переменного. Например, если функция  $z = f(x_1, x_2)$  зависит от двух переменных, то метод можно применить для функции комплексного переменного, где  $x_1$  – действительная часть комплексного числа, а  $x_2$  – мнимая часть комплексного числа.

### ***Метод перемены знака для одномерной задачи***

#### **Постановка задачи.**

Рассмотрим на отрезке  $[a, b]$  функцию  $y = f(x)$ . Необходимо найти решения уравнения  $f(x) = 0$ . Для этого воспользуемся методом перемены знака.

#### **Описание численного метода для одномерного случая.**

1. Разобьем интервал  $[a, b]$  на  $n$  равномерных отрезков. Предполагаем разбиение настолько малым, что функцию можно представить в виде вписанных в нее кусочно-линейных функций (рис. 1).

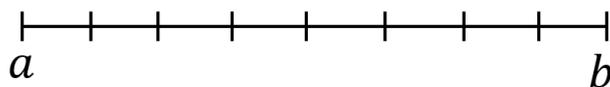


Рис. 1. Пример одномерной сетки

2. Вычислим значения функции внутри каждого отрезка:  $y_i = f(x_i), i = \overline{1..n}$ .

3. Будем искать смену знака функции внутри каждого интервала  $[x_i, x_{i+1}]$ , используя формулу:

$$f(x_i) \cdot f(x_{i+1}) < 0.$$

Если это неравенство выполняется, то, аппроксимируя функцию на каждом отрезке  $[x_i, x_{i+1}]$ , получим, как минимум, одно решение уравнения  $f(x) = 0$  (рис. 2).

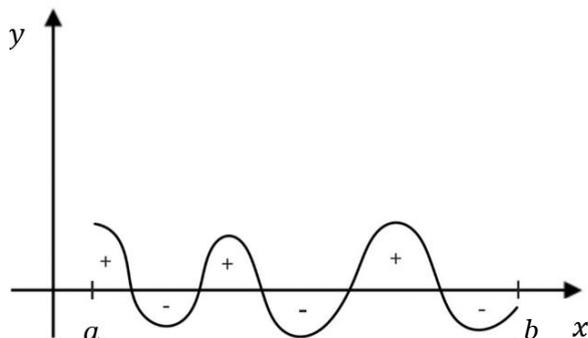


Рис. 2. Смена знака для функции одного переменного

### **Метод перемены знака для двумерного случая**

#### **Постановка задачи.**

Рассмотрим нелинейную систему алгебраических уравнений

$$\left. \begin{aligned} f_1(x, y) &= 0, \\ f_2(x, y) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Необходимо найти решение системы (1). Для этого воспользуемся методом перемены знака.

#### **Описание численного метода для двумерного случая.**

1. На плоскости построим равномерную прямоугольную сетку (рис. 3). Прямоугольная сетка образуется системой прямых:

$$\left. \begin{aligned} x_i &= x_0 + ih \\ y_j &= y_0 + jl \end{aligned} \right\}, i, j = 0, 1, 2, \dots$$

Постоянные положительные числа  $h, l$  называются шагом сетки по осям  $Ox$  и  $Oy$ , соответственно. Точки  $(x_i, y_j)$  пересечения прямых называются узлами сетки. Выберем интервалы от  $a$  до  $b$  по осям  $Ox$  и  $Oy$  и разобьем их на  $n$  отрезков, используя шаг:

$$h = l = \frac{b - a}{n}.$$

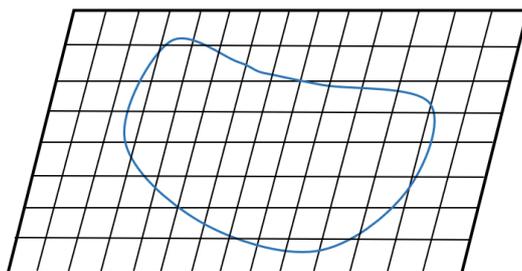


Рис. 3. Пример двумерной сетки



дого  $(n - 1)$ -мерного симплекса  $(n - 1)$ -мерной грани и для каждой из  $2n$ -граней. Триангуляция заключается в добавлении к каждой конечной точке центральной точки.

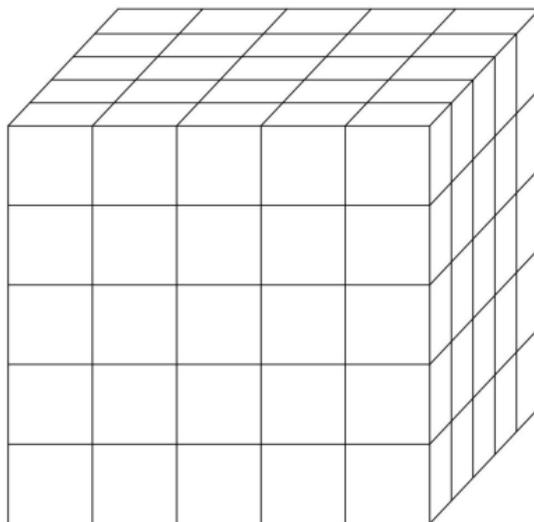


Рис. 4. Пример кубической сетки

2. Будем поочередно изменять каждую из переменных, фиксируя все остальные. Например, будем изменять переменную –  $x_1$ , тогда фиксированными будут все переменные  $x_i, i = \overline{2..n}$ .

3. Найдем значения, которые принимает функция при изменяющемся  $x_i$  на каждом отрезке  $[x_i, x_{i+1}]$ . Повторим действие на каждом слое.

4. Определим ячейки расчетной сетки, в которых функция меняет знак. Воспользуемся формулой

$$f_j(x_i, x_1, x_2, \dots, x_{n-1}) \cdot f_j(x_{i+1}, x_1, x_2, \dots, x_{n-1}) < 0, j = \overline{1..n}, \quad (4)$$

где переменные  $x_1, x_2, \dots, x_{n-1}$  – фиксированные. Аналогично, выполним процедуру для оставшихся  $n - 1$  переменных и для всех функций  $f_j, j = \overline{1..n}$ .

5. Выберем ячейки, в которых функции меняют знак. Будем искать решения в данной области. Воспользуемся формулой расстояния между  $n$  точками

$$r = \sqrt{(x_{i+1}^1 - x_i^1)^2 + \dots + (x_{i+1}^n - x_i^n)^2}.$$

Выберем точки, которые удовлетворяют неравенству  $r < \varepsilon$ , где  $\varepsilon > 0$  – допустимая разница между точным и приближительным значением, которая задана заранее. Эти точки и будут искомым решением системы.

Применим численный метод перемены знака к решению двумерной нелинейной системы уравнений. Рассмотрим систему уравнений

$$\left. \begin{aligned} x^2 + y^2 - 1 &= 0, \\ x - y &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Очевидно, что решением данной системы являются точки  $(\frac{\sqrt{2}}{2}; \frac{\sqrt{2}}{2})$  и  $(-\frac{\sqrt{2}}{2}; -\frac{\sqrt{2}}{2})$ .

Задача состоит в том, чтобы методом перемены знака найти точки, по которым данные кривые пересекаются.

Построим поверхности (рис. 5) и сделаем проекции на координатную плоскость  $Oxy$  (рис. 6), в результате получим график на плоскости (рис. 7).

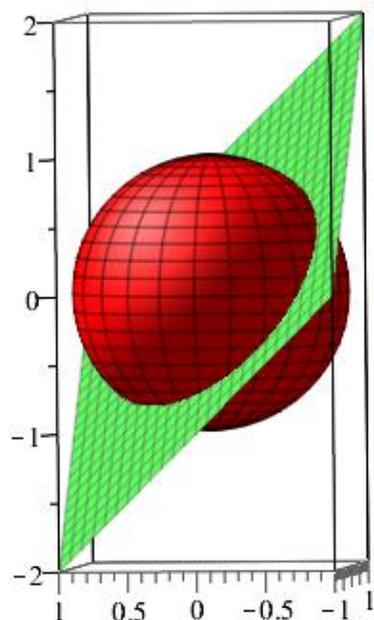


Рис. 5. Изображение системы (5) в пространстве

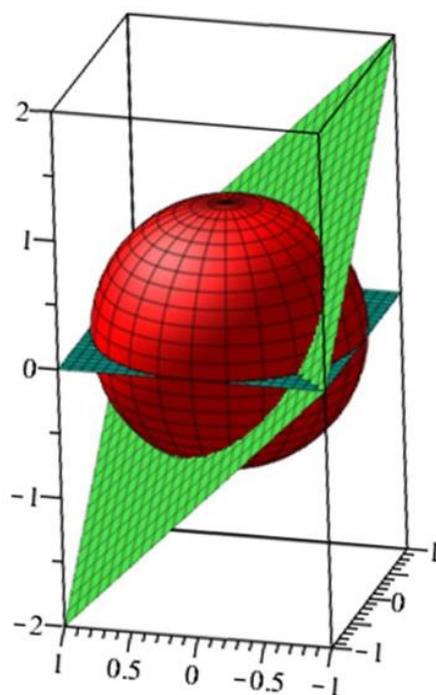


Рис. 6. Система (5) в пространстве и плоскость, на которую проецируем поверхности

Выберем интервалы от  $-1$  до  $1$  по каждой из координатных осей и разобьем их на  $k = 100$  отрезков. Тогда шаг  $h = 0,02$ .

Зафиксируем переменную  $x$ . Будем изменять переменную  $y$  на заданном интервале. Найдём значения, которые принимает функция при изменяющемся  $y$ .

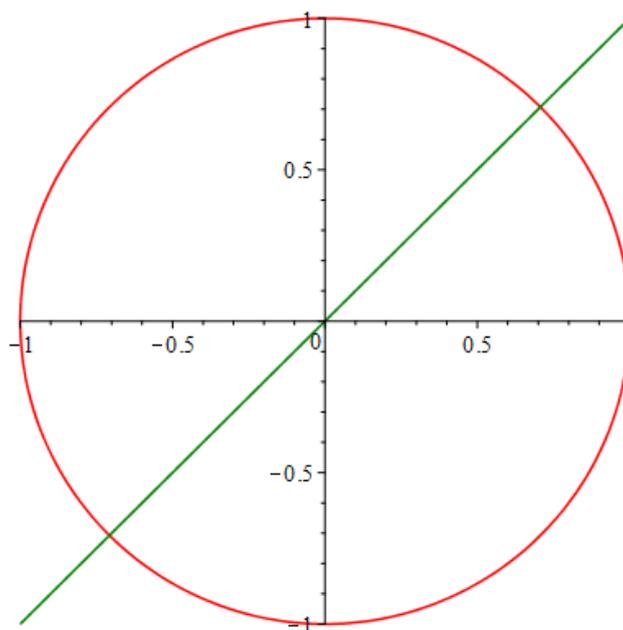


Рис. 7. Изображение системы (5) на плоскости

Определим ячейки расчетной сетки, в которых происходит изменение знака функции. Для этого воспользуемся формулой (4):

$$f_1(x, y_i) \cdot f_1(x, y_{i+1}) < 0,$$

$$f_2(x, y_i) \cdot f_2(x, y_{i+1}) < 0,$$

где  $f_1 = x^2 + y^2 - 1$ ,  $f_2 = x - y$ . Аналогично выполним процедуру для фиксированной переменной  $y$ .

Выберем ячейки, в которых функции меняют знак. Будем искать решения в данной области. Воспользуемся формулой (2).

Выберем точки, которые удовлетворяют неравенству  $r < \varepsilon$ , где  $\varepsilon > 0$  – достаточно малая величина. Такими точками будут являться  $(0,7; 0,7)$  и  $(-0,7; -0,7)$ . Следовательно, они и будут решением системы.

### **Заключение**

Описан метод перемены знака для решения нелинейных систем алгебраических уравнений. Поставлены задачи для одномерного, двумерного и многомерного случаев, и приведен алгоритм решения.

Преимущество метода перемены знака состоит в том, что нет необходимости вычислять производную функции.

В качестве примера была приведена двумерная система нелинейных уравнений. Результаты численного решения совпали с аналитическим с высокой степенью точности.

### **Список литературы**

1. Демидович Б. П., Марон И. А. Основы вычислительной математики. М. : Наука, 1966. 664 с.
2. Андреев М. Л, Заркевич Н. А., Исаков А. Н. [и др.]. Разбиение N-мерного куба на симплексы с сохранением симметрии // Научно-технический вестник Поволжья. 2011. № 3. С. 21–24.

***Информация об авторах***

***Медведик Михаил Юрьевич***, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры «Математика и суперкомпьютерное моделирование», Пензенский государственный университет

***Дюндяева Анна Александровна***, студентка, Пензенский государственный университет

***Поплевина Виктория Николаевна***, студентка, Пензенский государственный университет

***Давыдова Эльмира Маратовна***, студентка, Пензенский государственный университет

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

УДК 519.6

## НАХОЖДЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ МАТРИЦЫ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ПЕРЕМЕНЫ ЗНАКА

М. Ю. Медведик<sup>1</sup>, А. Д. Барышева<sup>2</sup>, А. П. Демидова<sup>3</sup>,  
В. А. Мекаева<sup>4</sup>, Ю. А. Акашкина<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

<sup>1</sup>\_medv@mail.ru

<sup>2</sup>allyprofit@gmail.com

<sup>3</sup>alina.demidova.02@list.ru

<sup>4</sup>mekaevavi@bk.ru

<sup>5</sup>yulyaakashkina@yandex.ru

**Аннотация.** Рассмотрен один из способов нахождения собственных значений квадратной матрицы. При решении поставленной задачи возникает проблема поиска корней степенного уравнения, составленного из искомых собственных значений. Для решения алгебраического уравнения  $n$ -й степени был предложен новый метод, который получил название метода перемены знака.

**Ключевые слова:** квадратная матрица, собственные значения матрицы, метод перемены знака, матрица Фробениуса

**Для цитирования:** Медведик М. Ю., Барышева А. Д., Демидова А. П., Мекаева В. А., Акашкина Ю. А. Нахождение собственных значений матрицы с помощью метода перемены знака // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 2. С. 92–98.

### Введение

Задачи, приводящие к проблеме собственных значений матриц, встречаются не только в линейной алгебре, но и в механике, геометрии, физике. Самый распространенный случай – это задача на поиск собственных векторов матрицы. Проблема сводится к нахождению корней алгебраического полинома одним из численных методов. Предложенный в данной статье метод базируется на уже известном в вычислительной математике методе половинного деления. Инновационный способ вычисления корней уравнения позволяет находить все неизвестные переменные на некотором интервале. Свое название этот метод получил из-за того, что он основан на изменении знака функции в некоторых точках. В качестве вспомогательных схем приведены метод Данилевского и метод нахождения максимального по модулю собственного значения. В некоторых задачах требуется найти собственные значения матриц, порядок которых настолько велик, что ручной подсчет почти невозможен. Именно для таких задач был разработан алгоритм реализации численного метода перемены знака, позволяющий отыскать приближенные собственные значения матриц высоких порядков.

Собственными значениями квадратной матрицы  $A$  называются такие скалярные числа  $\lambda$ , которые удовлетворяют равенству:  $A(\vec{x}) = \lambda\vec{x}$ , где  $\vec{x}$  – это собственный вектор, тождественно не равный нулю, соответствующий собственному значению  $\lambda$ . Таким обра-

зом, если матрицу  $A$  умножить на собственный вектор  $x$ , получим умножение того же вектора на собственное значение  $\lambda$ .

Для поиска собственных значений матрицы составляется вековой определитель. Это детерминант разности квадратной матрицы  $A$  и единичной матрицы, умноженной на собственное значение  $\lambda$ . Если его приравнять к нулю, получим характеристическое уравнение.

### Основная часть

Предлагаемый метод позволяет находить все корни нелинейного уравнения, принадлежащие одному интервалу, в отличие от других методов, например, методов дихотомии, Ньютона и др. Для реализации метода перемены знака требуется исследовать алгебраический полином степени  $n$  только на искомом интервале.

Метод перемены знака применяется для решения уравнения вида:  $f(x) = 0$ . Чтобы найти корень уравнения  $x$ , необходимо найти такой интервал  $(a, b)$ , чтобы искомые  $x$  принадлежали данному интервалу. Далее необходимо разделить интервал  $(a, b)$  на промежутки  $(a_n, b_n)$  минимальной длины, предполагая, что в одном интервале содержится не более чем один корень уравнения. Если корень принадлежит  $(a_n, b_n)$ , то значения функции в граничных точках этих интервалов  $f(a_n), f(b_n)$  противоположны по знаку, т.е. произведение значений функции в этих точках меньше нуля (рис. 1).

$$f(a) \cdot f(b) < 0.$$

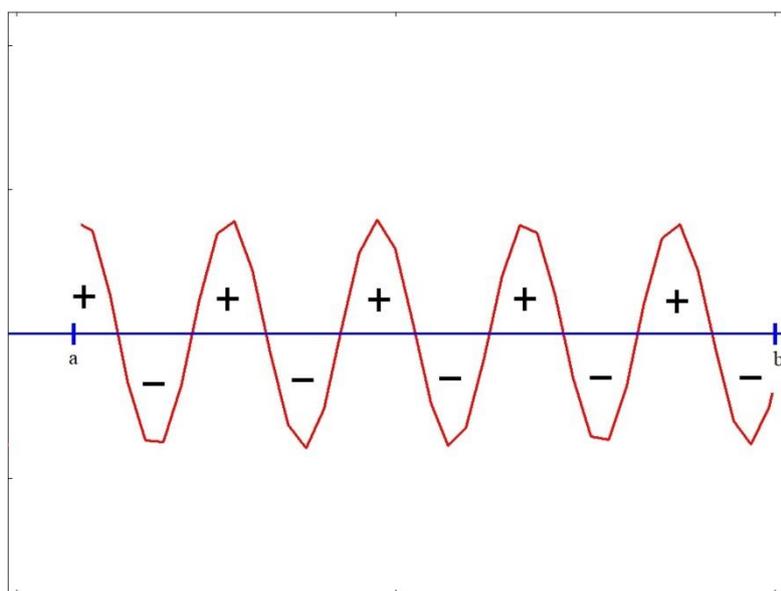


Рис. 1. Изменение знака значения функции на примере волнового уравнения

Необходимо отметить, что интервалы  $(a_n, b_n)$  являются промежутком существования корня. При достаточно мелком разбиении  $\max(a_n, b_n) \rightarrow 0$  в один интервал попадет не более одного решения уравнения. Корнем уравнения будет являться точка, равная среднему арифметическому границ интервала  $\frac{a_n + b_n}{2}$ , на котором значение функции меняет знак из построенных минимальных интервалов. Если в интервале  $(a_n, b_n)$  корней несколько, то для каждого корня необходимо проделать вышесказанную процедуру. Обратим внимание, что по теореме о корнях алгебраического уравнения количество корней алгебраического уравнения  $n$ -й степени равно  $n$ .

Для того, чтобы найти интервал существования корней уравнения, требуется найти наибольшее по модулю собственное значение матрицы  $A$  размерности  $n \times n$  [1]. Среди них всех есть одно, наибольшее по модулю. Обозначим его  $|\lambda_{\max}| > |\lambda_k| \geq |\lambda_{k+1}| \geq \dots \geq |\lambda_n|$ . Выберем в пространстве  $E_n = \{y\}$  базис  $e_1, e_2, \dots, e_n$ . Пусть  $A^m y = y^{(m)}$ , где  $m \in \mathbb{N}$ .

$y^{(m)} = \begin{pmatrix} y_1^{(m)} \\ \vdots \\ y_n^{(m)} \end{pmatrix}$ , где  $y_i^{(m)} (i = \overline{1, n})$  — это координаты вектора  $y^{(m)}$  в выбранном базисе. Далее для получения более точного приближения воспользуемся следующей формулой:

$$\lambda_{\max} \approx \frac{y_i^{(m+1)}}{y_i^{(m)}}, \quad (1)$$

где  $y^{(m)} = A^m y$ ,  $y^{(m+1)} = Ay^{(m)}$ ,  $m = 2^n + 1$ .

Чтобы получить уравнение вида  $f(x) = 0$ , необходимо решить задачу нахождения собственных значений матрицы, вековой определитель которой приводится к нормальному виду Фробениуса.

Для этого воспользуемся известным утверждением из линейной алгебры [2] о том, что преобразование подобия  $S^{-1}AS$  не меняет характеристического многочлена матрицы  $A$ . Пользуясь этим свойством, преобразуем квадратную матрицу  $A$  с помощью матрицы подобия  $B$  к подобной ей матрице Фробениуса:

$$P = \begin{pmatrix} p_1 & p_2 & \dots & p_{n-1} & p_n \\ 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

по формуле

$$P = B^{-1}AB. \quad (3)$$

Так как подобные матрицы обладают одинаковыми характеристическими полиномами, то имеем

$$\det(A - \lambda E) = \det(P - \lambda E). \quad (4)$$

Переход от матрицы  $A$  к подобной ей матрице  $P$  осуществляется с помощью  $n - 1$ -преобразований подобия, которые последовательно преобразуют строки матрицы  $A$ , начиная с последней, в соответствующие строки матрицы  $P$ .

Подробное описание метода приведения векового определителя к нормальному виду Фробениуса описывается в источниках [1, 3].

Таким образом, из нормального вида Фробениуса векового определителя получим полином степени  $n$ , корни которого нам необходимо найти:

$$(-1)^n [\lambda^n - P_1 \lambda^{n-1} - P_2 \lambda^{n-2} - \dots - P_{n-1} \lambda - P_n] = (-1)^n P_n(\lambda). \quad (5)$$

В качестве примера будем находить собственные значения матрицы  $A$  размерности  $3 \times 3$  численным методом переменного знака.

$$\text{Матрица } A = \begin{pmatrix} 5 & 13 & 0,13 \\ 7 & 8,39 & 4 \\ 16,04 & 1,79 & 30 \end{pmatrix}.$$

*Первый этап:* убедившись в том, что элемент  $a_{n,n-1} \neq 0$ , построим матрицу  $B_1$ , заменив в единичной матрице порядка  $n = 3$  элементы  $n - 1$ , т.е. второй строки, на значения  $b_{n-1,j} = -\frac{a_{n,j}}{a_{n,n-1}}, j \neq n - 1; b_{n-1,n-1} = \frac{1}{a_{n,n-1}}$ .

$$B_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -\frac{16,04}{1,79} & \frac{1}{1,79} & -\frac{30}{1,79} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -8,96089 & 0,558659 & -16,759776 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Обратная матрица к матрице  $B_1$  имеет вид

$$B_1^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 16,04 & 1,79 & 30 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Получим матрицу  $D_1$ , подобную матрице  $A$ , умножением слева  $A \cdot B_1$  на матрицу  $B_1^{-1}$ . Последняя строка остается неизменной.

$$D_1 = B_1^{-1} \cdot A \cdot B_1 = \begin{pmatrix} -111,492 & 7,263 & -217,747 \\ -1,91 \times 10^3 & 154,882 & -3,737 \times 10^3 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

*Второй этап:* так как  $d_{n-1,n-2} \neq 0$ , построим матрицу  $B_2$ , заменив в единичной матрице порядка 3 элементы  $n - 2 = 1$  строки на значения  $b_{n-2,j} = -\frac{d_{n-1,j}}{d_{n-1,n-2}}, j \neq n - 2; b_{n-1,n-2} = \frac{1}{d_{n-1,n-2}}$ .

$$B_2 = \begin{pmatrix} -5,235 \times 10^{-4} & 0,081 & -1,956 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

$$B_2^{-1} = \begin{pmatrix} -1,91 \times 10^3 & 154,882 & -3,737 \times 10^3 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Повторив вычисления из этапа 1, получим матрицу  $D_2$  с двумя преобразованными строками.

$$D_2 = B_2^{-1} \cdot D_1 \cdot B_2 = \begin{pmatrix} 43,39 & -343,405 & -689,086 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

Таким образом, мы получили вековой детерминант

$$P = \begin{vmatrix} 43,39 & -343,405 & -689,086 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

матрицы  $A$ , приведенный к нормальному виду Фробениуса, где первая строка детерминанта  $P$  определяет коэффициенты характеристического уравнения матрицы  $A$ , которое имеет вид

$$\lambda^3 - 43,39\lambda^2 + 343,405\lambda + 689,086 = 0.$$

Для того, чтобы воспользоваться методом переменного знака для решения этого уравнения, корни которого – это собственные значения матрицы  $A$ , необходимо найти интервал. Применим метод нахождения наибольшего по модулю собственного вектора

матрицы. Выберем единичный вектор  $y$  в качестве базиса  $y = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$ . Вычислим значение  $m = 2^n + 1 = 2^3 + 1 = 9$ .

$$y^{(m)} = A^m y = A^9 y = \begin{pmatrix} 6,631 \times 10^{12} \\ 1,309 \times 10^{13} \\ 6,556 \times 10^{13} \end{pmatrix},$$

$$y^{(m+1)} = Ay^{(m)} = \begin{pmatrix} 2,119 \times 10^{14} \\ 4,185 \times 10^{14} \\ 2,097 \times 10^{15} \end{pmatrix}.$$

Тогда  $\lambda_{\max} \approx \frac{y_i^{(m+1)}}{y_i^{(m)}} = \begin{pmatrix} 31,948 \\ 31,968 \\ 31,98 \end{pmatrix}$ . Необходимо выбрать из элементов полученного вектора максимальное значение.  $\lambda_{\max} \approx 31,968$ . Для того, чтобы не потерять ни одно из корней уравнения, необходимо отступить от границ на произвольную константу  $h$ . В нашем случае  $h = (b + 2 \times (\frac{b-a}{1000}) - a - 2(\frac{b-a}{1000}))/1000$ . Следовательно, будем рассматривать интервал

$$[-31,968 - 2h; 31,968 + 2h].$$

Для большей наглядности построим график функции  $f(\lambda) = \lambda^3 - 43,39\lambda^2 + 343,405\lambda + 689,086$ . На рис. 2, 3 видно, что функция, ограниченная интервалом  $[-32,093; 32,093]$ , пересекает ось  $x$  в трех точках.

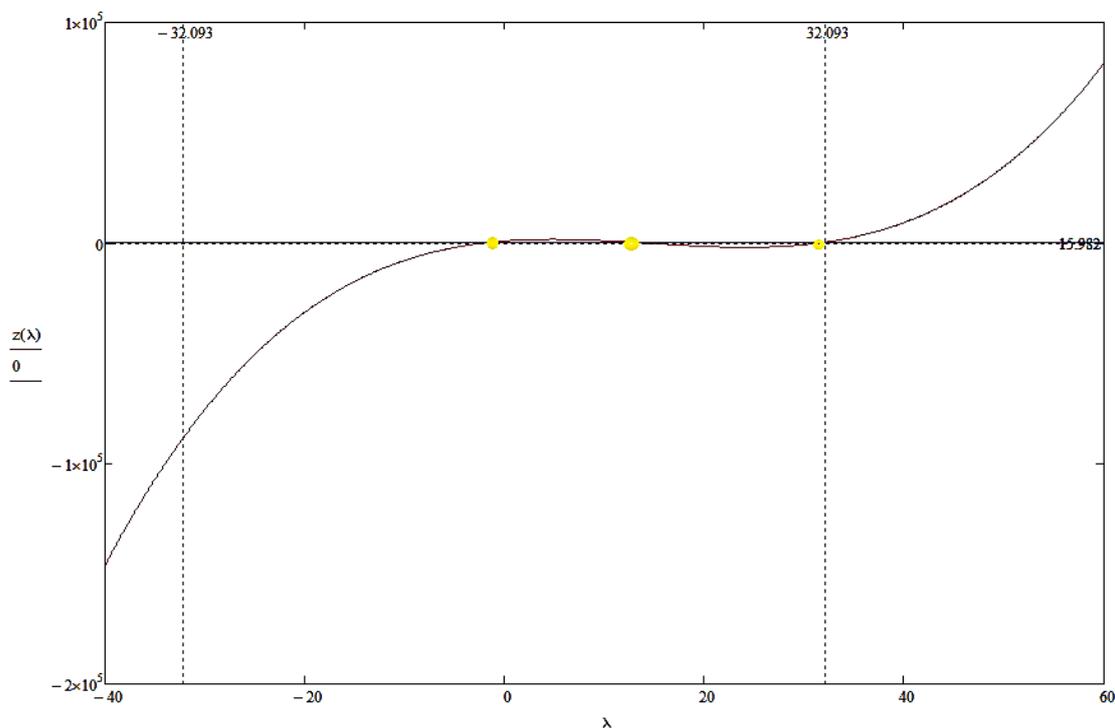


Рис. 2. Полиномиальная функция, заключенная в рассчитанную область

В выделенных желтым цветом точках функция меняет свой знак. Нахождение корней степенного уравнения небольшой степени вручную не вызывает трудностей.

Но в большинстве задач старшая степень уравнения достаточно высока, и решение такого уравнения без специализированных программ занимает значительное количество времени. В настоящей статье мы использовали для реализации метода перемены знака на языке C++ среду разработки Microsoft Visual Studio 2017.

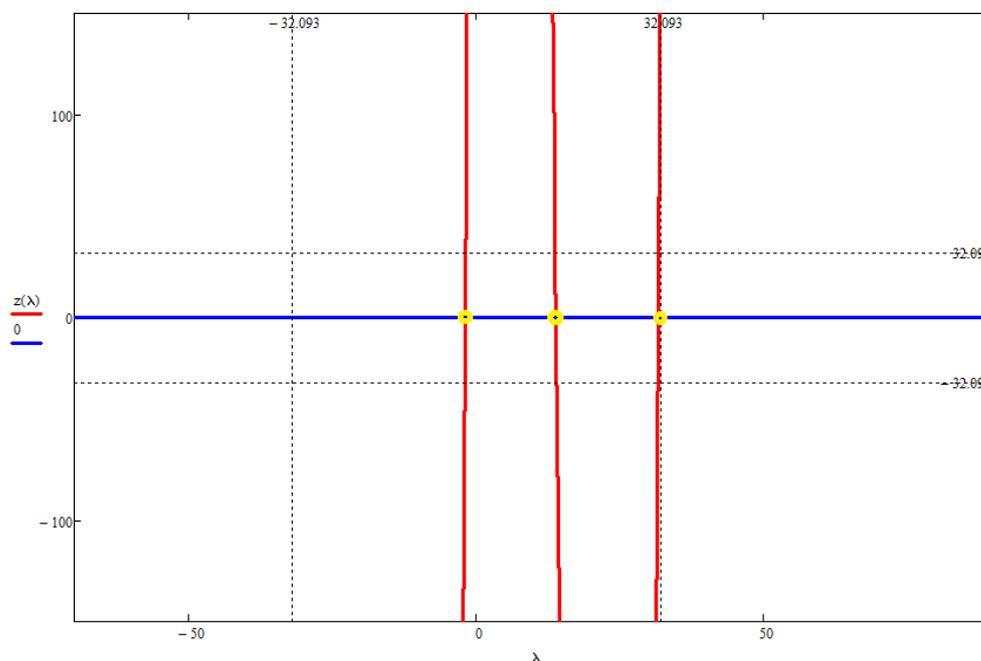


Рис. 3. Полиномиальная функция, заключенная в рассчитанную область в увеличенном масштабе

Программа получает на вход матрицу произвольного размера. Считывание ее элементов происходит из текстового файла. Далее, следуя алгоритму, описанному выше, мы получаем матрицу в нормальной форме Фробениуса, обрабатываем ее первую строку, находим максимальное собственное значение. Основная функция метода перемены знака принимает в качестве аргументов границы интервала и порядок полинома. На выходе получим искомые корни полинома или собственные значения исходной матрицы.

Вектор максимальных значений

$$\begin{pmatrix} 31,9652 \\ 31,9732 \\ 31,9782 \end{pmatrix}.$$

Среднее значение вектора

$$31,9722.$$

Полученные собственные значения

$$\begin{pmatrix} -1,63762 \\ 13,0642 \\ 32,0033 \end{pmatrix}.$$

Полученная матрица  $D$

$$\begin{pmatrix} 43,39 & -343,405 & -689,086 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

### ***Заключение***

Проблема поиска собственных значений матриц играет большую роль в современной науке. Разработанный алгоритм реализации метода перемены знака поможет без значительных затрат времени найти собственные значения матрицы высокого порядка.

### ***Список литературы***

1. Демидович Б. П., Марон И. А. Основы вычислительной математики. М. : Наука, 1966. 665 с.
2. Ильин В. А., Позняк Э. Г. Линейная алгебра : учебник. 4-е изд. М. : Наука. Физматлит, 1999. 296 с.
3. Долгополов Д. В. Методы нахождения собственных значений и собственных векторов матриц : метод. указания. СПб. : СПбГИ(ТУ), 2005. 39 с.

### ***Информация об авторах***

**Медведик Михаил Юрьевич** , кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры «Математика и суперкомпьютерное моделирование», Пензенский государственный университет

**Барышева Алена Дмитриевна**, студентка, Пензенский государственный университет

**Демидова Алина Павловна**, студентка, Пензенский государственный университет

**Мекаева Виктория Андреевна**, студентка, Пензенский государственный университет

**Акашкина Юлия Александровна**, студентка, Пензенский государственный университет

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

## РЕШЕНИЕ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ГЕЛЬМГОЛЬЦА С НЕЛИНЕЙНЫМИ УСЛОВИЯМИ СОПРЯЖЕНИЯ

О. В. Кондырев

Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

kow20002204@mail.ru

**Аннотация.** Рассматривается краевая задача на однородном теле с поверхностным слоем с нелинейностью керровского типа. Предложен численный метод расчета решения задачи снаружи и внутри сферы. Выполнен ряд численных экспериментов с различными параметрами.

**Ключевые слова:** волновое число, численный метод, уравнение Гельмгольца, интегральные уравнения, нелинейная среда, керровская нелинейность

**Для цитирования:** Кондырев О. В. Решение краевой задачи для уравнения Гельмгольца с нелинейными условиями сопряжения // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 2. С. 99–104.

### Введение

В практических задачах часто возникает необходимость решения задачи дифракции на различных телах, в том числе и с нелинейными характеристиками. Постановка данной задачи в скалярном виде имеет интерес, поскольку аналогичные задачи возникают при исследовании электромагнитных волн в определенных структурах [1].

Целью работы является построение численного метода решения задачи дифракции волны на теле произвольной формы (в статье расчеты выполнены для сферы) при произвольных нелинейных условиях сопряжения. Задача сводится к решению системы нелинейных интегральных уравнений с помощью метода коллокации. Этот подход приводит к решению системы алгебраических уравнений итерационным методом.

В статье приводятся численные результаты и анализируется вычислительная сходимость предложенного метода.

### Постановка задачи

Пусть  $Q$  – тело в пространстве  $R^3$ . Предполагаем, что граница  $\partial Q$  области  $Q$  – кусочно-гладкая.

Будем рассматривать следующую задачу. В области  $Q$  среда характеризуется волновым числом  $k(x)$ . На  $\partial Q$  будем определять только предельное значение функции  $k(x)$  с разных сторон в точках гладкости поверхности. Вне области  $Q$  (в  $R^3 \setminus \bar{Q}$ ) среда однородна с постоянным параметром,  $k = k_0$ . Требуется определить решения с временной зависимостью в виде множителя  $e^{-i\omega t}$ , где  $\omega$  – круговая частота.

В такой постановке соответствующая математическая задача формулируется следующим образом: найти скалярные непрерывно дифференцируемые функции, удовлетворяющие в областях гладкости параметров среды уравнению Гельмгольца

$$\Delta u + k^2 u = f(x) \quad (1)$$

и условию излучения на бесконечности

$$\lim_{r \rightarrow \infty} \left( \frac{\partial u}{\partial r} - ik_0 u \right) = 0, \quad r := |x| = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2}, \quad (2)$$

где  $k_0 = \frac{2\pi}{\lambda_0}$ .

Далее на гладкой поверхности разрыва волнового числа  $\partial Q$  функция  $u$  должна быть непрерывна и удовлетворять условию, накладываемому на производную по нормали:

$$[u]_{\partial Q} = 0, \quad \left[ \frac{\partial u}{\partial n} \right]_{\partial Q} = [\gamma u]_{\partial Q}, \quad (3)$$

где  $[\cdot]_{\partial Q}$  означает разность следов с разных сторон  $\partial Q$ .

### Численный метод

Рассмотрим следующую задачу дифракции на однородной сфере радиуса  $\rho$ . В области  $R^3 \setminus \bar{Q}$  выполняется уравнение Гельмгольца вида  $(\Delta + k_0^2)(u^+ + u^0) = 0$ . В  $Q^-$   $\Delta u^- + k^2 u^- = 0$ . В общем случае  $k \neq k_0$ . Граничные условия запишем в следующем виде:

$$[u]_{\Gamma} = 0 \quad \text{и} \quad \left[ \frac{\partial u}{\partial n} \right]_{\Gamma} = [\gamma u]_{\Gamma},$$

где  $\gamma = \gamma(x, u) = \gamma^{(1)}(x) + \gamma^{(2)}(x)|u(x)|^2$  – коэффициент условия сопряжения с нелинейностью, выраженной законом Керра.

Функции  $u^+$  и  $u^-$  будем искать в виде потенциалов простого слоя:

$$u^+(x) = \int_{\Gamma} \frac{e^{ik_0|x-y|}}{4\pi|x-y|} \phi(y) ds_y, \quad (4)$$

$$u^-(x) = \int_{\Gamma} \frac{e^{ik|x-y|}}{4\pi|x-y|} \psi(y) ds_y, \quad (5)$$

где  $x = (x_1, x_2, x_3)$  и  $y = (y_1, y_2, y_3) \in R^3$ .

Падающую волну запишем в виде  $u_0(x) = e^{ik_0 x_3}$ .

Итак, на контуре  $\Gamma$  будут выполняться два условия:

$$u_0 + u^+ = u^-, \quad (6)$$

$$\frac{\partial u_0}{\partial n} + \frac{\partial u^+}{\partial n} - \frac{\partial u^-}{\partial n} = \gamma_1(u_0 + u^+) - \gamma_2 u^-. \quad (7)$$

Перепишем (6) и (7) с учетом (4) и (5). Также воспользуемся теоремой о производной потенциала простого слоя по направлению нормали [2, 3]:

$$u_0|_{\Gamma} + \int_{\Gamma} \frac{e^{ik_0|x-y|}}{4\pi|x-y|} \phi(y) ds_y = \int_{\Gamma} \frac{e^{ik|x-y|}}{4\pi|x-y|} \psi(y) ds_y, \quad (8)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial u_0}{\partial n} - \frac{1}{2}(\phi(x) + \psi(x)) + \int_{\Gamma} \left( \frac{\partial}{\partial n} \frac{e^{ik_0|x-y|}}{4\pi|x-y|} \phi(y) - \frac{\partial}{\partial n} \frac{e^{ik|x-y|}}{4\pi|x-y|} \psi(y) \right) ds_y = \\ & = \gamma_1 \left( u_0 \Big|_{\Gamma} + \int_{\Gamma} \frac{e^{ik_0|x-y|}}{4\pi|x-y|} \phi(y) ds_y \right) - \gamma_2 \int_{\Gamma} \frac{e^{ik|x-y|}}{4\pi|x-y|} \psi(y) ds_y. \end{aligned} \quad (9)$$

Перейдем к сферической системе координат и для краткости записи сделаем замену. Точка в пространстве теперь определяется следующим образом:  $x = (\rho_x, \varphi_x, \theta_x)$ ,  $y = (\rho_y, \varphi_y, \theta_y)$ .

$$u_0(x) \Big|_{\Gamma} + \int_{\Gamma} G_0(x, y) \phi(y) J(y) d\varphi_y d\theta_y = \int_{\Gamma} G(x, y) \psi(y) J(y) d\varphi_y d\theta_y, \quad (10)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial u_0(x)}{\partial n} - \frac{1}{2}(\phi(x) + \psi(x)) + \\ & + \int_{\Gamma} \frac{\partial}{\partial n} G_0(x, y) \phi(y) J(y) d\varphi_y d\theta_y - \int_{\Gamma} \frac{\partial}{\partial n} G(x, y) \psi(y) J(y) d\varphi_y d\theta_y = \\ & = \gamma_1 \left( u_0(x) \Big|_{\Gamma} + \int_{\Gamma} G_0(x, y) \phi(y) J(y) d\varphi_y d\theta_y \right) - \gamma_2 \int_{\Gamma} G(x, y) \psi(y) J(y) d\varphi_y d\theta_y, \end{aligned} \quad (11)$$

где  $G = \frac{e^{ik\rho l}}{4\pi\rho l}$ ;  $G_0 = \frac{e^{ik_0\rho l}}{4\pi\rho l}$ ;  $\frac{\partial}{\partial n} G = \frac{e^{ik\rho l}(ik\rho l - 1)}{4\pi\rho^2 l}$ ;  $\frac{\partial}{\partial n} G_0 = \frac{e^{ik_0\rho l}(ik_0\rho l - 1)}{4\pi\rho^2 l}$ ;  $J = \rho^2 \sin(\theta_y)$ ;

$$l = \sqrt{2 - 2\sin(\theta_x)\sin(\theta_y)\cos(\varphi_x - \varphi_y) - 2\cos(\theta_x)\cos(\theta_y)}.$$

Получена система из двух интегральных уравнения с двумя неизвестными функциями. Будем решать ее численно с помощью метода коллокации.

Введем на области  $\partial Q = \{x: 0 < x_1 < 2\pi, 0 < x_2 < \pi\}$  сетку.

$$\Pi_{kl} = \{x: x_{1,k} < x_1 < x_{1,k+1}, x_{2,l} < x_2 < x_{2,l+1}\};$$

$$x_{1,k} = \frac{2\pi}{n}k, x_{2,l} = \frac{\pi}{n}l,$$

где  $k = 0, \dots, n-1$ ;  $l = 0, \dots, n-1$ .

Перенумеруем индексы сетки

$$\Pi_I, I = 0, \dots, N,$$

где  $N = n^2$ ;  $I$  – мультииндекс  $(k, l)$ .

Представим  $\phi(x)$  и  $\psi(x)$  в виде кусочно-постоянных функций:

$$\begin{aligned} \phi(x) &= \sum_{I=1}^N \alpha_I \chi_I(x), \quad \psi(x) = \sum_{I=1}^N \beta_I \chi_I(x), \\ \chi_I(x) &= \begin{cases} 1, & x \in \Pi_I \\ 0, & x \notin \Pi_I \end{cases}. \end{aligned} \quad (12)$$

Для удобства перепишем уравнения (10) и (11) в виде блочной матрицы

$$\begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \end{pmatrix}, \quad (13)$$

где

$$S_{11} = \int_{\Gamma_I} G_0(x_I, y) J(y) d\varphi_y d\theta_y;$$

$$S_{12} = \int_{\Gamma_J} G(x_I, y) J(y) d\varphi_y d\theta_y;$$

$$S_{21} = -\frac{1}{2} \delta_{II} + \int_{\Gamma_I} \frac{\partial}{\partial \rho} G_0(x_I, y) J(y) d\varphi_y d\theta_y - \gamma_1 \int_{\Gamma_I} G_0(x_I, y) J(y) d\varphi_y d\theta_y;$$

$$S_{22} = -\frac{1}{2} \delta_{II} - \int_{\Gamma_I} \frac{\partial}{\partial \rho} G(x_I, y) J(y) d\varphi_y d\theta_y + \gamma_2 \int_{\Gamma_I} G(x_I, y) J(y) d\varphi_y d\theta_y;$$

$$F_1 = -\tau_1 U_0(x_I) \Big|_{\Gamma}; F_2 = -\frac{\partial U_0(x_I)}{\partial \rho} + \gamma_1 U_0(x_I) \Big|_{\Gamma};$$

$$I = 1 \dots N; J = 1 \dots N.$$

Таким образом получена нелинейная система уравнений с комплексными коэффициентами (13) размерности  $2N$ .

Так как в системе присутствует нелинейность, то для ее решения воспользуемся следующим итерационным процессом. Поскольку нелинейность присутствует в коэффициентах  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$ , то на первом шаге можно решить линейную систему, т.е. положить  $\gamma_1 = \gamma_2 = 0$ . Далее, имея решение, полученное на предыдущем шаге, можно вычислить  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  и сформировать новую линейную систему. Решив систему во второй раз, снова рассчитываем  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  по предыдущему решению. Повторяем указанный алгоритм до тех пор, пока норма разности решений с предыдущего шага и текущего не станет меньше наперед заданного числа.

### Численные результаты

Для примера возьмем следующие параметры задачи:  $\rho = 0,006$ ,  $\gamma_2^{(1)} = 0$ ,  $\gamma_2^{(2)} = 0$ ,  $\gamma_1^{(1)} = 2$  а  $\gamma_1^{(2)}$  для анализа зависимости решения будем варьировать.

Исследуем сходимость итерационного процесса. На рис. 1 представлены графики сходимости решения в зависимости от величины нелинейной части. Для удобства выбрана логарифмическая шкала.

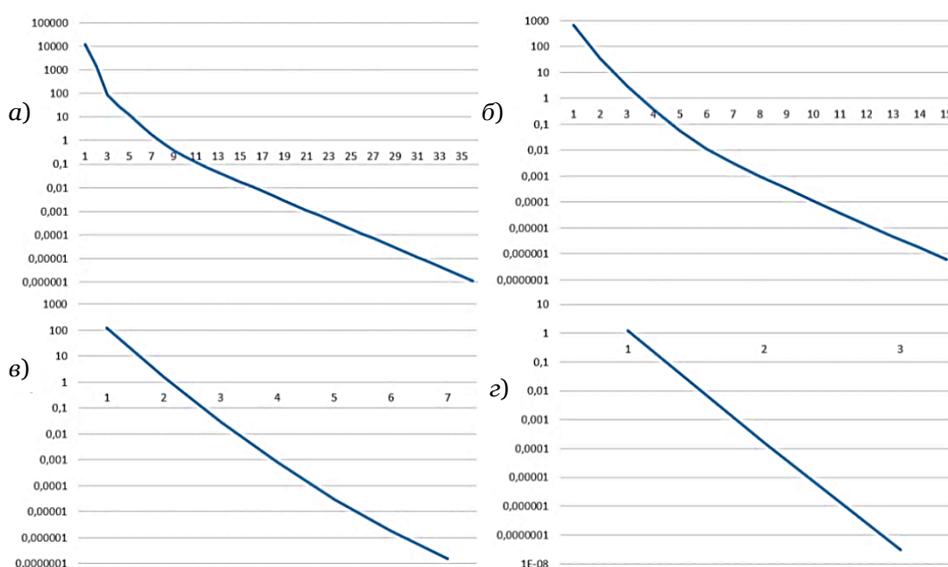


Рис. 1. Скорость сходимости решения нелинейной системы:

а) при  $\gamma_1^{(2)} = 1000$ ; б)  $\gamma_1^{(2)} = 500$ ; в)  $\gamma_1^{(2)} = 100$ ; г)  $\gamma_1^{(2)} = 1$

На рис. 2 изображено сечение решения при  $\gamma_1^{(2)} = 1000$  и указанных выше параметрах.

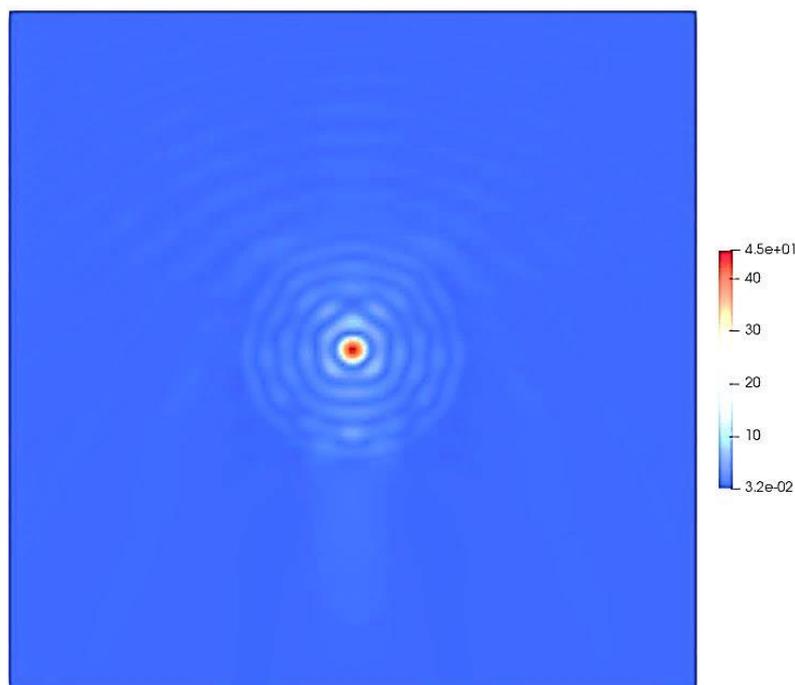


Рис. 2. Решение задачи с нелинейными условиями сопряжения

Решения задачи с нелинейными условиями сопряжения незначительно отличаются от аналогичных с линейными [4, 5]. Для их анализа построена табл. 1, в которой указана относительная погрешность линейного и нелинейного случая. Сравнения выполним при разных значениях параметра  $\gamma_1^{(2)}$ .

Таблица 1

**Относительная погрешность решений при различных значениях нелинейности**

$\gamma_1^{(2)}$	1	10	50	100	500	1000
Относительная погрешность(%)	0,0146731	0,14721	0,732325	1,45597	7,02069	13,6704

**Вывод**

Таким образом, был предложен численный метод решения задачи дифракции на теле. С помощью метода коллокации из системы интегральных уравнений посредством дискретизации была получена комплексная система нелинейных алгебраических уравнений. Предложен и реализован алгоритм решения системы, выполнено сравнение результатов решения задачи в линейном и нелинейном случае.

**Список литературы**

1. Смирнов Ю. Г., Тихов С. В., Гусарова Е. В. О распространении электромагнитных волн в диэлектрическом слое, покрытом графеном // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. 2022. № 3. С. 11–18.
2. Колтон Д., Кресс Р. Методы интегральных уравнений в теории рассеяния: пер. с англ. М. : Мир, 1987. 311 с.
3. Ильинский А. С., Кравцов В. В., Свешников А. Г. Математические модели электродинамики : учеб. пособие для вузов. М. : Высш. шк., 1991. С. 224.

4. Лерер А. М. Численная оценка погрешности метода возмущения при решении задачи об отражении электромагнитной волны от нелинейного графенового слоя // Радиотехника и электроника. 2022. Т. 67, № 9. С. 855–858.

5. Hanson G. W. Dyadic Green's functions and guided surface waves for a surface conductivity model of graphene // J. Appl. Phys. 2008. Vol. 103, № 6. P. 64302.

### ***Информация об авторе***

**Кондырев Олег Владимирович**, техник, Управление информатизации, Лаборатория разработки программного обеспечения, Пензенский государственный университет

**Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.**

# ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ, УПРАВЛЕНИЕ

УДК 621

## СОПОСТАВЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ФОРМ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ ИЗ СИММЕТРИЧНЫХ И СБАЛАНСИРОВАННЫХ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИТОВ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ

М. А. Киселева<sup>1</sup>, П. И. Захарова<sup>2</sup>,  
Е. Д. Карташова<sup>3</sup>, А. Ю. Муйземнек<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

<sup>1</sup>marina.kiselyova@rambler.ru

<sup>2</sup>polinka.zakharova@gmail.com

<sup>3</sup>katrina89@yandex.ru

<sup>4</sup>muyzemnek@yandex.ru

**Аннотация.** Увеличение объема производства синтетических и природных высокопрочных волокон создает предпосылки для интенсивного развития различных отраслей машиностроения. При проектировании слоистых композитов решается задача рациональной укладки слоев ткани. Наиболее часто используются симметричные и сбалансированные композиты. Целью работы является сопоставление деформационных форм прямоугольных образцов из симметричных и сбалансированных слоистых композитов при растяжении.

**Ключевые слова:** слоистый композит, деформационная форма, прямоугольный образец, испытание, сопротивление деформированию, симметричный слоистый композит, сбалансированный слоистый композит

**Для цитирования:** Киселева М. А., Захарова П. И., Карташова Е. Д., Муйземнек А. Ю. Сопоставление деформационных форм прямоугольных образцов из симметричных и сбалансированных слоистых композитов при растяжении // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 2. С. 105–112.

### **Введение**

Увеличение объема производства синтетических и природных высокопрочных волокон создает предпосылки для интенсивного развития различных отраслей машиностроения. Высокопрочные волокна находят широкое применение в изделиях современной аэрокосмической, автомобильной и военной техники. Современный этап развития и исследования синтетических и природных высокопрочных волокон, нитей и тканей, а также изделий из них характеризуется интенсивным накоплением экспериментальных данных об их механическом поведении [1–3]. Интенсивно изучаются вопросы влияния

тонкого строения нитей и тканей на их сопротивление деформированию и разрушению. Совершенствуются методы численного моделирования взаимодействия ударника с различными защитными структурами [4–9]. Однако вопросы, связанные с созданием компьютерных моделей слоистых композитов, учитывающих их структуру при различных видах взаимодействия, по-прежнему остаются актуальными.

При проектировании слоистых композитов решается задача рациональной укладки слоев ткани. Часто в качестве начального варианта выбирается или симметричная структура слоистого композита, или сбалансированная.

У симметричных слоистых композитов укладка слоев симметрична относительно средней поверхности оболочки, т.е. у каждого слоя, лежащего выше средней поверхности, имеется такой же слой с таким же углом укладки.

У сбалансированных слоистых композитов укладка слоев асимметрична относительно средней поверхности оболочки, т.е. у каждого слоя, лежащего выше средней поверхности, имеется такой же слой с противоположным углом укладки.

### ***Теоретические основы моделирования слоистых композитов***

Классическая теория слоистых композитов (ламинатов) описана во многих работах, например в [10, 11]. Она основывается на следующих допущениях:

- слои идеально соединены вместе;
- свойства материала каждого слоя постоянны по толщине;
- каждый слой имеет линейно-упругое поведение;
- линии в ламинате, первоначально прямые и нормальные к средней плоскости, остаются прямыми и нормальными при деформировании;
- в ламинате реализуется плоское напряженное состояние;
- деформации в плоскости ламината и кривизны малы по сравнению со всеми размерами оболочки.

Эти допущения выполняются в относительно тонком или умеренно толстом ламинате, у которого толщина мала по сравнению с его длиной и шириной.

Классическая теория ламинатов дает возможность получить необходимую информацию о механическом поведении ламината. Жесткости в плоскости ламината и при изгибе представляют собой характеристики, которые можно использовать для сравнения различных ламинатов. Для определения этих характеристик не требуются задания внешних нагрузок и граничных условий.

Классическая теория ламинатов может быть использована для анализа свойств как всего ламината, так и его элементов. На этапе проектирования структуры ламината обычно выполняется анализ свойств отдельных слоев (Fabric), пакетов (Stack-up) и одинаковых по структуре частей ламината (Sublaminates). Кроме этого, как на этапе проектирования структуры ламината, так и при анализе его реакции на внешнее воздействие выполняется анализ его свойств в заданных точках, называемых точками пробы (Sampling Point).

В точке пробы свойства ламината могут быть определены матрицы жесткости и податливости, инженерные константы, которые вычисляются с учетом последовательности укладки слоев.

Исследование сопротивления ламинатов деформированию сводится к следующему:

- определению матриц жесткости и податливости;
- определению нормализованных матриц жесткости и податливости;
- вычислению инженерных констант;
- построению полярных диаграмм характеристик свойств.

Матрица жесткости ламината представляет собой матрицу, имеющую размер  $8 \times 8$ , которая содержит матрицу **ABD**, размером  $6 \times 6$ , и матрицу сдвига **C**, имеющую размер  $2 \times 2$ . Таким образом:

$$\begin{bmatrix} \{N\} \\ \{M\} \\ \{Q\} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [A] & [B] & [0] \\ [B] & [D] & [0] \\ [0] & [0] & [C] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \{\varepsilon\} \\ \{\kappa\} \\ \{\gamma\} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где **A** – матрица жесткости в плоскости; **B** – матрица, описывающая связь между силами в плоскости и изгибающими моментами (матрица сопряжения); **D** – матрица изгибной жесткости.

В случае симметрично сбалансированного ламината матрица **B** равна нулю.

Кроме матрицы **ABD**, в выражение (1) также входит матрица внеплоскостного сдвига **C**, которая имеет вид

$$\begin{bmatrix} C_{44} & C_{45} \\ C_{54} & C_{55} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где  $C_{44}$  и  $C_{55}$  представляют собой модули сдвига  $G_{23}$  и  $G_{31}$ , соответственно.

Матрица податливости ламината представляет собой матрицу  $8 \times 8$ , которая содержит матрицу, обратную матрице **ABD**, и матрицу, обратную матрице **C**. Матрица, обратная матрице **ABD**, обозначается как **abd**.

Матрицы жесткости и податливости могут быть записаны в нормализованной форме. Нормализованные матрицы, входящие в матрицу жесткости **ABC\***, имеют вид (в следующих выражениях  $h$  – толщина ламината):

- нормализованная матрица жесткости в плоскости ламината  $A^* = \frac{A}{h}$ ;
- нормализованная матрица сопряжения  $B^* = \frac{2B}{h^2}$ ;
- нормализованная матрица изгибной жесткости  $D^* = \frac{12D}{h^3}$ ;
- нормализованная матрица внеплоскостного сдвига  $C^* = \frac{C}{h}$ .

Нормализованные матрицы, входящие в матрицу податливости **abc\***, имеют вид:

- нормализованная матрица податливости в плоскости ламината  $a^* = ah$ ;
- нормализованная матрица сопряжения  $b^* = \frac{h^2b}{2}$ ;
- нормализованная матрица податливости при изгибе  $d^* = \frac{h^3d}{12}$ ;
- нормализованная матрица податливости при внеплоскостном сдвиге  $c^* = ch$ .

Инженерные константы ламината получаются из нормализованных матриц податливости, которые можно сравнить с матрицей податливости слоя. Следующие инженерные константы ламината определяются из нормализованной матрицы податливости в плоскости:

- модуль продольной упругости  $E_1 = \frac{1}{a_{11}^*}$ ;

– модуль поперечной упругости  $E_2 = \frac{1}{a_{22}^*}$ ;

– модуль сдвига в плоскости ламината  $G_{12} = \frac{1}{a_{66}^*}$ .

Вне плоскости сдвига инженерные константы ламината получаются из нормированной матрицы податливости при сдвиге (в следующих выражениях  $k_{44}$  и  $k_{55}$  – поправочные коэффициенты):

– модуль сдвига вне плоскости ламината  $G_{31} = \frac{1}{q_{55}^*} k_{55}$ ;

– модуль сдвига вне плоскости ламината  $G_{23} = \frac{1}{q_{44}^*} k_{44}$ .

Инженерные константы ламината при изгибе получаются из нормализованной матрицы изгибной жесткости:

– модуль продольной упругости при изгибе  $E_1^f = \frac{1}{d_{11}^*}$ ;

– модуль поперечной упругости при изгибе  $E_2^f = \frac{1}{d_{22}^*}$ ;

– модуль упругости при кручении  $G_{12}^f = \frac{1}{d_{66}^*}$ .

При наличии связи между силами в плоскости и изгибающими моментами матрица **B** имеет отличные от нуля компоненты.

Инженерные константы ламината определяются для случая, когда ламинат свободен от нагрузок.

Полярная диаграмма – это график, характеризующий изменения инженерных констант при повороте ламината от 0 до 360°. Этот график характеризует анизотропию ламината.

При компьютерном моделировании напряженно-деформированного состояния слоистых композитов необходимо выбрать одну из двух опций – опцию смещения опорной поверхности в середину (Offset is Middle) и опцию изменения эффекта связывания (Consider Coupling Effect):

– Offset is Middle: эта опция включена по умолчанию, перемещает опорную плоскость ламината в середину. Эта опция полезна, поскольку слои в конечно-элементном анализе в основном имеют одно направление смещения, и, следовательно, эталонная плоскость находится сверху или снизу ламината. Она уменьшает эффект сцепления между плоскостями и силами изгиба, рассматривает результаты матриц жесткости и соответствия, полярных свойств и констант ламината;

– Consider Coupling Effect: эта опция включена по умолчанию, позволяет учесть матрицу сопряжения **B** при вычислении матрицы податливости ламината **abd**, которая используется при вычислении инженерных констант ламината и при построении полярных диаграмм свойств. Выключение опции приводит к тому, что вычисления инженерных констант ламината и построения полярных диаграмм свойств осуществляются для симметрично сбалансированного ламината. Следует заметить, что учет эффекта связывания может значительно уменьшить инженерные константы ламината.

**Описание компьютерных моделей прямоугольных образцов  
из симметричных и сбалансированных слоистых композитов  
при растяжении**

При создании компьютерных моделей использовались стандартные плоские образцы, имеющие ширину рабочей части 10 мм и длину – 150 мм.

Считалось, что слоистый композит состоит из углеродной ткани, являющейся армирующим, и эпоксидной смолы, являющейся связующим. Использовалась углеткань 200 г/м<sup>2</sup>, 3К, имеющая полотняное плетение (плейн), и эпоксидная системы Erolam 2017. Из этих материалов образованы тканые слои, имеющие одинаковую толщину, равную 0,25 мм, и различную ориентацию.

Репрезентативная ячейка показана на рис. 1,а, их внешний вид – на рис. 1,б.

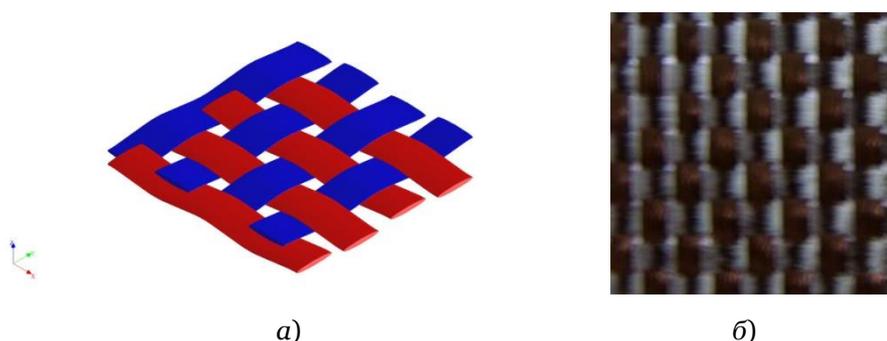


Рис. 1. Репрезентативная ячейка (а) и внешний вид тканого слоя (б)

Репрезентативная ячейка имела следующие характеристики: толщина ткани 0,25 мм; плотность укладки нитей 8,2 см<sup>-1</sup>; ширина нитей 0,91 мм; пористость ткани – 53,7 %.

Из тканых слоев собираются пакеты:

– первый пакет слоев состоит из четырех тканых слоев, имеющих ориентацию  $(45/30/30/45)^\circ$ . Пакет имел симметричную структуру;

– второй пакет состоит из шести однонаправленных слоев, имеющих ориентацию  $(45/30/-30/-45)^\circ$ . Пакет имел сбалансированную структуру.

Толщина каждого образца была равна 1 мм. Углы укладки тканей определялись относительно продольной оси симметрии образца.

Геометрическая модель и конечно-элементная сетка прямоугольного образца показаны на рис. 2.

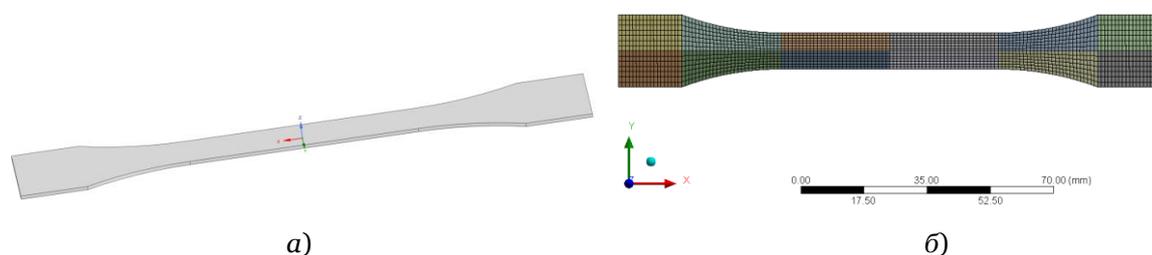


Рис. 2. Геометрическая модель прямоугольного образца (а),  
конечно-элементная сетка прямоугольного образца (б)

Конечно-элементная сетка имела следующие характеристики:

- количество узлов – 2295;
- количество элементов – 2128.

Считалось, что одно утолщение лабораторного образца находится в закрепленном состоянии, к другому – в осевом направлении прикладывается растягивающая нагрузка.

### **Результаты компьютерного моделирования испытаний на растяжение прямоугольных образцов из симметричных и сбалансированных слоистых композитов**

Результаты компьютерного моделирования напряженно-деформированного состояния лабораторных прямоугольных образцов, изготовленных из симметричного и сбалансированного слоистых композитов, показаны на рис. 3.

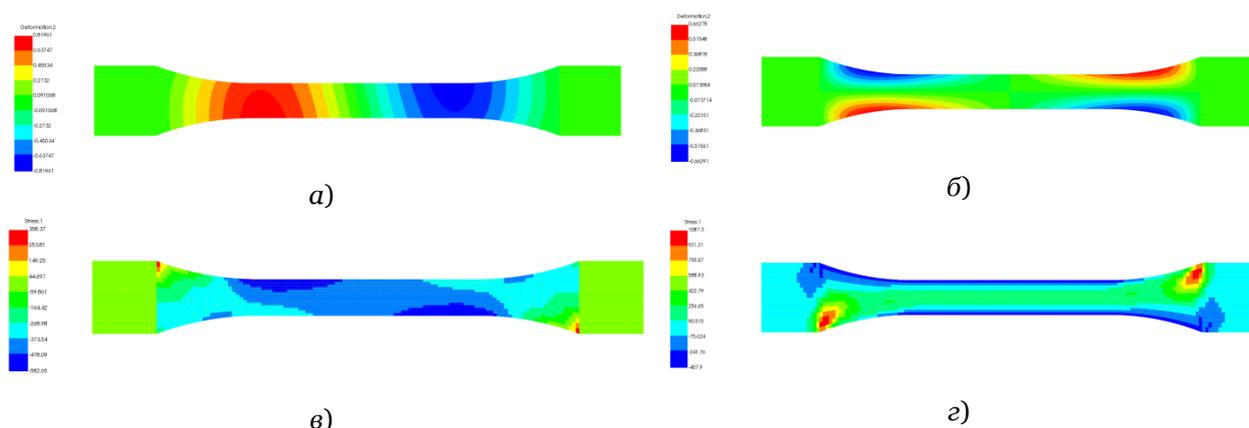


Рис. 3. Результаты компьютерного моделирования:  
а, б) деформационные формы и распределения суммарного перемещения;  
в, г) распределения первых главных напряжений; а, в) для симметричного слоистого композита;  
б, г) для сбалансированного слоистого композита

Анализ результатов компьютерного моделирования позволил сделать следующие выводы:

- в одинаковых условиях нагружения лабораторные образцы с различной структурой (симметричной или сбалансированной) имеют качественно разное напряженно-деформированное состояние;
- при растяжении в лабораторных образцах с симметричной или сбалансированной структурой возникают деформационные формы, которых нет в изотропных образцах;
- в лабораторных образцах с симметричной структурой в плоскости образца возникают деформации изгиба, при этом левая сторона рабочей части образца перемещается вверх, а правая часть – вниз (см. рис. 3,а);
- в лабораторных образцах с симметричной структурой в поперечном сечении образца происходит перераспределение напряжений – в нижней части левой стороны образца напряжения больше, чем в верхней, а с правой стороны распределение напряжений имеет противоположный характер (см. рис. 3,в);
- в лабораторных образцах с сбалансированной структурой вдоль продольной оси образца возникают деформации кручения, при этом направление кручения с левой стороны рабочей части образца противоположно направлению кручения с правой части образца (см. рис. 3,б);
- в лабораторных образцах с сбалансированной структурой происходит перераспределение напряжений по толщине образца, а также возникают области концентрации напряжений утолщений (см. рис. 3,г).

### **Заключение**

В одинаковых условиях нагружения лабораторные образцы, которые имеют симметричную или сбалансированную структуру, проявляют качественно разное деформационное поведение, в них возникают деформационные формы, которых нет в изотропных образцах. У симметричных образцов появляются деформационные формы изгиба, а у сбалансированных – деформационные формы кручения. Соответствующим образом в объеме образца перераспределяются напряжения. Следует заметить, что характер напряженно-деформированного состояния даже при простейшем нагружении – растяжении существенно зависит от направления приложения нагрузки.

### **Список литературы**

1. Харченко Е. Ф., Ермоленко А. Ф. Композитные, текстильные и комбинированные бронематериалы. Т. 1. Механизмы взаимодействия с баллистическими поражающими элементами. М., 2013. 295 с.
2. Харченко Е. Ф. Композитные, текстильные и комбинированные бронематериалы. Т. 2. Современные защитные структуры и средства индивидуальной защиты. М., 2014. 295 с.
3. Богомолов А.И., Голощапов В. М., Савицкий В. Я. [и др.]. Исследование влияния микроструктуры полимерных композитов на эксплуатационные свойства подшипников скольжения импульсных тепловых машин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2014. № 4. С. 158–176.
4. Беспалов И. А., Алексеев М. О., Купрюнин Д. Г. Легкие защитные структуры. М. : РадиоСофт, 2017. 368 с.
6. Жуков И. Е., Миляев А. В., Муйземнек А. Ю., Котосов А. А. Компьютерное моделирование сопротивления деформированию и разрушения дискретно-тканевых оболочек бронешлема при высокоскоростном ударе // Актуальные проблемы защиты и безопасности : сб. тр. XX Всерос. науч.-практ. конф. (3–6 апреля 2017 г.). СПб., 2017. Т. 2. С. 143–148.
7. Муйземнек А. Ю., Савицкий В. Я. Модели сопротивления деформированию и разрушения тканей из арамидных нитей при ударном нагружении // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2016. № 3. С. 168–178.
8. Муйземнек А. Ю. Исследование сопротивления деформированию и разрушения дискретно-тканевых оболочек с двоякой положительной кривизной // Вестник Пензенского государственного университета. 2016. № 2. С. 100–116.
8. Котосов А. А., Муйземнек А. Ю., Цуриков С. Г. Компьютерные модели фрагмента бронезилов, имитатора торса и поражающего элемента // Актуальные вопросы разработки бронезащитных и конструкционных композиционных материалов : сб. тр. XIX Всерос. науч.-практ. конф. Республика Крым, 2022. С. 90–105.
9. Жуков И. Е., Миляев А. В., Муйземнек А. Ю., Цуриков С. Г. Моделирование удара по имитатору торса при непробитии бронезилов поражающим элементом // Актуальные вопросы разработки бронезащитных и конструкционных композиционных материалов : сб. тр. XIX Всерос. науч.-практ. конф. Республика Крым, 2022. С. 106–110.
10. Jones R. Mechanics of Composite Materials. New York : Taylor & Francis, 1999. P. 109–112.
11. Муйземнек А. Ю., Карташова Е. Д. Механика деформирования и разрушения полимерных слоистых композиционных материалов : учеб. пособие. Пенза : Изд-во ПГУ, 2017. 77 с.

### **Информация об авторах**

**Киселева Марина Алексеевна**, студентка, Пензенский государственный университет

**Захарова Полина Ильинична**, студентка, Пензенский государственный университет

**Карташова Екатерина Дмитриевна**, инженер I категории, Пензенский государственный университет

**Муйземнек Александр Юрьевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Теоретическая и прикладная механика и графика», Пензенский государственный университет

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

## ТЕРАГЕРЦОВЫЕ ТРАНСИВЕРЫ И АНТЕННЫ НА ПЛАТФОРМЕ ГРАФЕНОВОЙ ПЛАЗМОНИКИ

Д. В. Земляков<sup>1</sup>, Г. С. Макеева<sup>2</sup>, Н. А. Борисов<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

<sup>1</sup>zemliakov.mitya2016@yandex.ru

<sup>2</sup>radiotech@pnzgu.ru

<sup>3</sup>andrey.bor975@mail.ru

**Аннотация.** Рассмотрены основные технологические подходы в реализации беспроводных систем связи на основе электроники, фотоники и плазмоники. Представлены структурная схема трансивера терагерцовых (ТГц) сигналов и архитектура ТГц передатчика и ТГц приемника, реализованных на основе графеновой плазмоники. Рассмотрена концепция создания интеллектуальной коммуникационной среды, где система трансивера и антенн на основе графеновой плазмоники дополняется отражательными плазмонными антенными решетками (АР) в канале связи для устранения проблем с распространением ТГц волн. Показано влияние числа элементов плазмонной отражательной АР, используемой в коммуникационной среде, на скорость передачи данных и возможность увеличения скорости передачи данных до Тбит/с.

**Ключевые слова:** трансивер, скорость передачи данных, терагерцовый, волна поверхностного плазмон-поляритона, плазмонная антенна, антенная решетка, канал связи

**Для цитирования:** Земляков Д. В., Макеева Г. С., Борисов Н. А. Терагерцовые трансиверы и антенны на платформе графеновой плазмоники // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 2. С. 113–120.

### **Введение**

За последние десятилетия скорость передачи данных в системах связи постоянно увеличивается, и прогнозируется ее трехкратное увеличение как по проводным, так и по беспроводным сетям. Скорость передачи данных в сетях беспроводной связи фактически удваивается каждые 1,5 года и к 2030 г. приблизится к тому же уровню, что и в системах проводной связи. В ближайшие пять-десять лет спрос на пропускную способность для беспроводных соединений превысит отметку 100 Гбит/с. В соответствии с этой тенденцией в ближайшие десятилетия ожидается достижение скорости передачи данных по беспроводным сетям до Тбит/с. Такого экспоненциального увеличения пропускной способности сети трудно достичь с помощью современной микроволновой беспроводной связи.

Чтобы удовлетворить огромные требования к пропускной способности беспроводной сети, жизненно важно исследовать новые диапазоны частот. Отличным вариантом для этого является ТГц диапазон (от 0,1 ТГц до 10 ТГц), имеющий также названия дальний инфракрасный (ИК), субмиллиметровый диапазон. ТГц диапазон находится между ИК и микроволновым излучением (рис. 1).

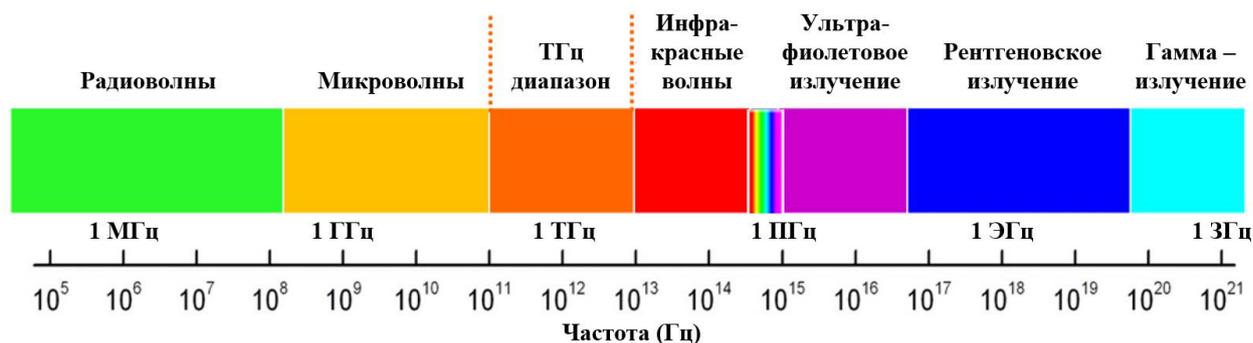


Рис. 1. Спектр электромагнитного излучения [1]

ТГц диапазон в последнее время привлекает все большее внимание благодаря широкой полосе пропускания. Как гласит теорема Шеннона, пропускная способность канала пропорциональна ширине полосы частот, и, следовательно, ТГц диапазон способен поддерживать скорости передачи данных в десятки и сотни Гбит/с и даже, как ожидается, Тбит/с. Благодаря чрезвычайно высокой пропускной способности и широкому распространению оптоволоконной техники беспроводные ТГц каналы с использованием технологий фотоники выходят на центральное место. Развитие как электронных и фотонных, так и гибридных технологий способствует развитию беспроводной связи в ТГц диапазоне [1].

### **Основные подходы к генерации и детектированию ТГц сигналов**

Существуют три основных технологических подхода к разработке ТГц систем, а именно: на основе электроники, фотоники и плазмоники [2].

#### **Подход на основе электроники.**

Целью является расширение границ существующих технологий устройств СВЧ и миллиметрового (ММВ) диапазона для обеспечения работы ТГц систем. На рис. 2 приведена структурная схема ТГц передатчика, реализованного на основе электроники. Генерация несущей ТГц сигнала осуществляется путем умножения более низкочастотного сигнала (микроволнового и ММВ диапазонов) при помощи умножителя частоты. С выхода умножителя ТГц сигнал поступает в модулятор, где происходит модуляция ТГц сигнала сигналами данных [2].

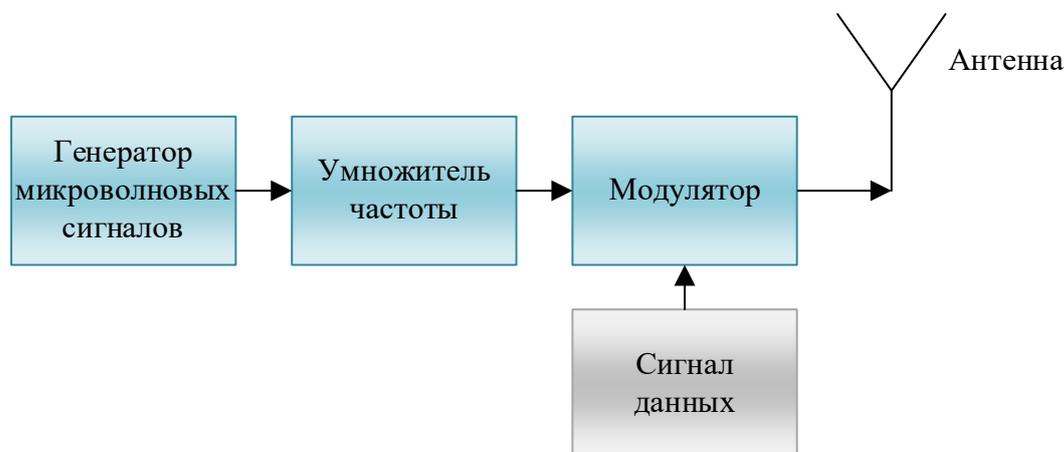


Рис. 2. Структурная схема ТГц передатчика, реализованного на основе электроники [2]

**Подход на основе фотоники.**

Целью является распространение фотонных методов, используемых в оптических беспроводных системах, на ТГц диапазон. На рис. 3 представлена структурная схема передатчика ТГц сигналов, реализованного на основе фотоники. ТГц сигналы генерируют при помощи сверхбыстрых импульсных лазеров и гетеродинирования оптических сигналов на комбинационных разностных частотах путем фотосмещения.

В фотонном генераторе генерируются сигналы оптического диапазона. Модуляцию оптического сигнала производит фотонный модулятор – интерферометр Маха – Цандера. На вход фотонного конвертера с понижением частоты поступает промодулированный сигнал, который конвертируется в ТГц сигнал. Для конвертирования сигналов применяют фотодиоды или фотопроводники [3].

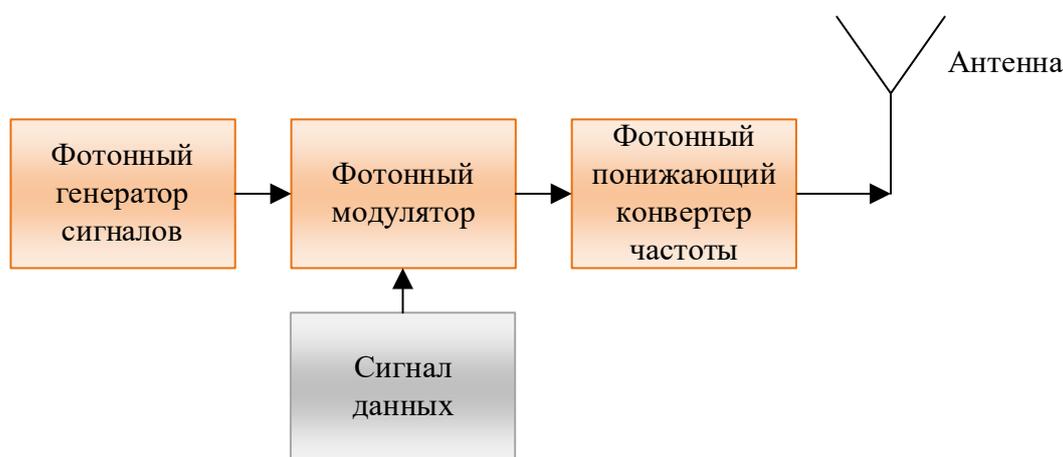


Рис. 3. Структурная схема передатчика ТГц сигналов, реализованного на основе фотоники [2]

**Подход на основе плазмоники.**

Целью является создание устройств, которые по своей сути осуществляют обработку сигналов непосредственно на ТГц частотах, т.е. без необходимости повышающего преобразования частоты из микроволнового диапазона (как на основе электроники) или понижающего преобразования частоты из оптического (как на основе фотоники), за счет использования свойств плазмонных волн.

Структурная схема трансивера ТГц сигналов, реализованного на основе графеновой плазмоники, представлена на рис. 4. Принцип работы системы заключается в следующем. Передающее ТГц устройство состоит из двух блоков: генератора электрических сигнала и плазмонного передатчика. Сигнал вводится в плазмонный ТГц передатчик, в котором ТГц сигнал преобразуется в модулированную волну поверхностного плазмон-поляритона (ППП). Затем волна излучается графеновой антенной, в которой плазмонная волна преобразуется в электромагнитную. В приемной плазмонной графеновой антенне ТГц электромагнитная волна преобразуется в плазмонную. Приемное ТГц устройство также состоит из двух блоков: плазмонного приемника и детектора электрического сигнала [4].

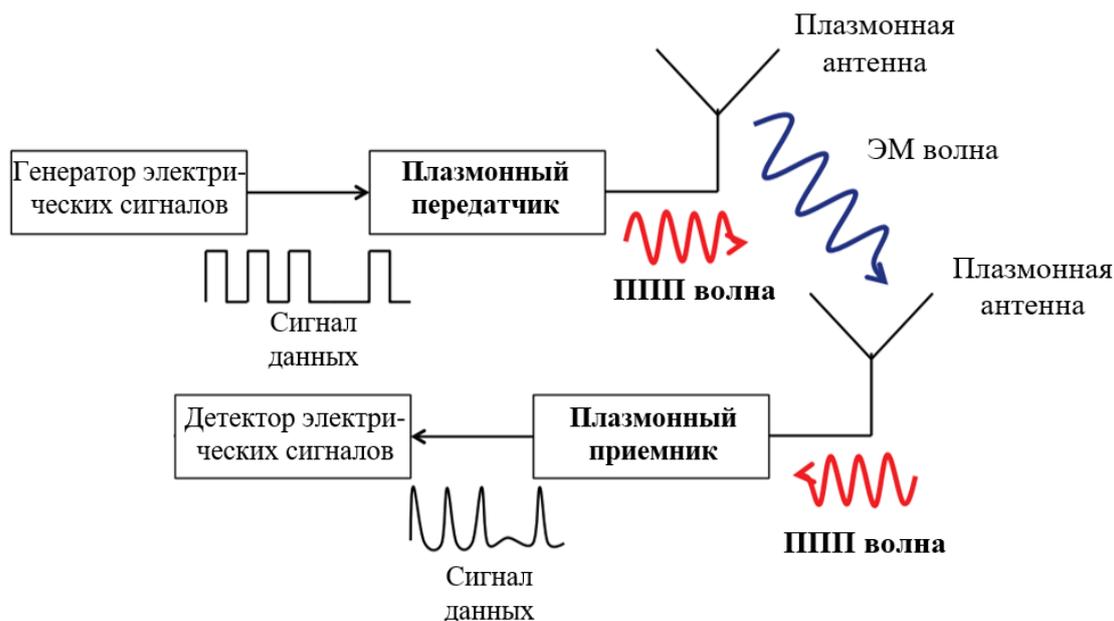


Рис. 4. Структурная схема трансивера ТГц сигналов, реализованного на основе графеновой плазмоники [4]

Плазмонный ТГц передатчик выполнен на транзисторе с высокой подвижностью электронов из полупроводника  $A^{III}B^V$  и графенового затвора (рис. 5). При приложении положительного напряжения между стоком и истоком транзистора  $U_{си} > 0$  происходит ускорение электронов от истока к стоку. Электроны, движущиеся по каналу транзистора, создают плазменную волну через неустойчивость Дьяконова – Шура. При длине канала порядка сотни нанометров генерируется плазменная волна в двумерном электронном газе ТГц диапазона. Это сохраняется при напряжении на затворе  $U_3$  выше порогового напряжения транзистора  $U_T$ ,  $U_3 > U_T$  [4].

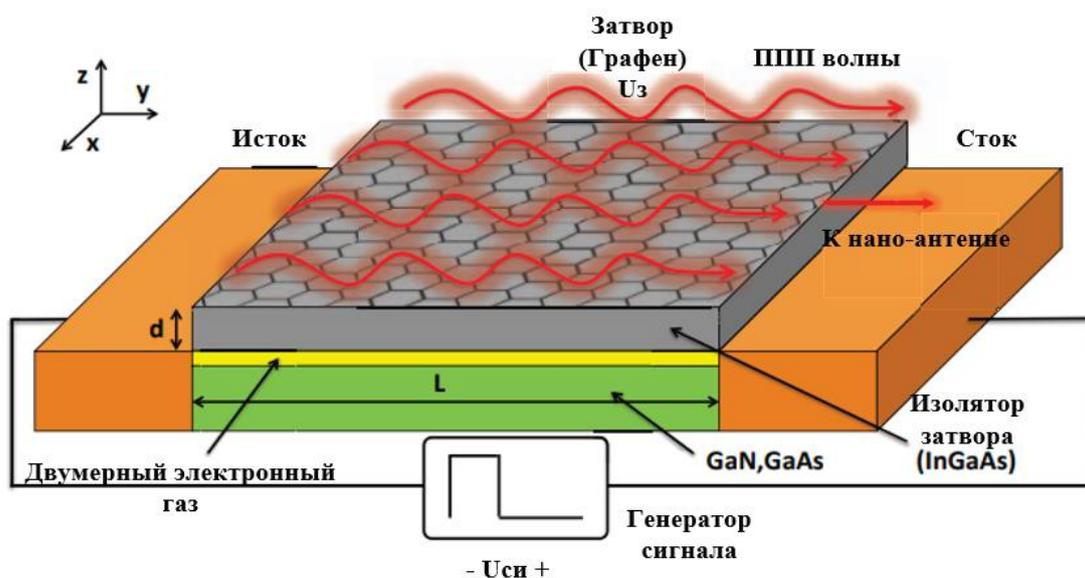


Рис. 5. Плазмонный ТГц передатчик на основе графена [4]

Эта архитектура может использоваться и для приема (рис. 6). Инжекция волн ППП из плазмонной графеновой антенны в покрытый графеном канал транзистора приводит

к возникновению связанной плазменной волны в двумерном электронном газе. Движение электронов эффективно создает ток и напряжение между стоком и истоком  $U_{си} > 0$  при условии, что  $U_3 > U_T$ . Плазменный детектор на основе транзисторов с высокой подвижностью электронов обеспечивает превосходную чувствительность, особенно при низких температурах [4].

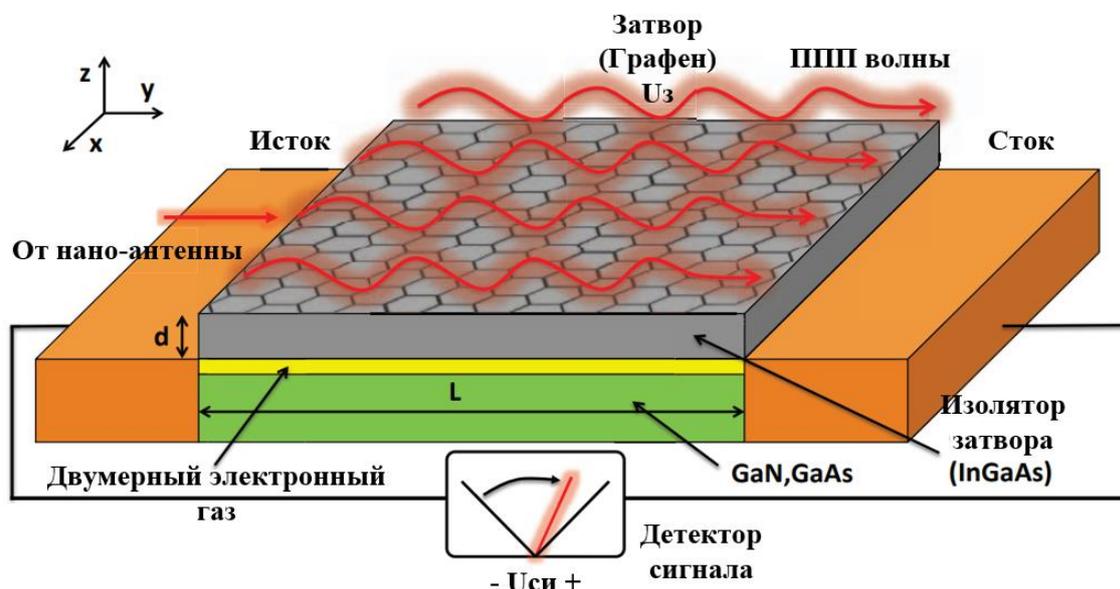


Рис. 6. Плазменный ТГц приемник на основе графена [4]

### **Построение интеллектуальных коммуникационных сред для расширения границ применимости ТГц диапазона**

Основная проблема ТГц диапазона – ограниченное расстояние передачи сигнала (информации) из-за больших потерь в канале связи. Для решения этой проблемы необходимо создание узконаправленных АР с высоким коэффициентом усиления. Построение таких АР основывается на использовании в них в качестве элементов плазменных излучателей (рис. 7). В плазменных антеннах используются физические явления эффективного излучения волн на резонансной частоте мод ППП. Размер плазменных антенн меньше длины волны ТГц диапазона, что позволяет интегрировать их в плотно упакованные АР и обеспечивать точное управление излучением и распространением электромагнитных волн [5].

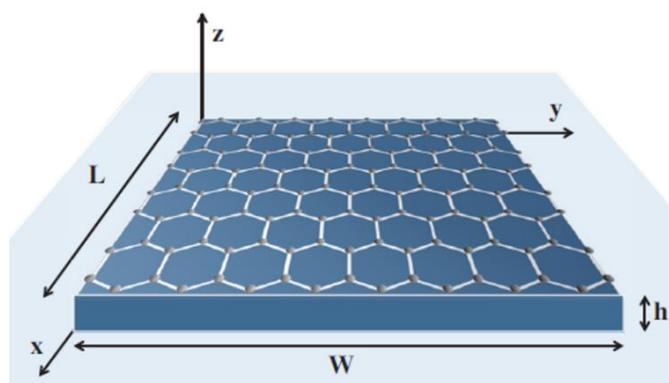


Рис. 7. Плазменная ТГц антенна на основе графена [5]

С помощью АР можно создать интеллектуальную коммуникационную среду, состоящую из двух основных частей: плазмонных приемо-передающих ТГц АР в приемных и передающих ТГц устройствах и систем плазмонных отражательных ТГц АР в среде распространения [6]. Плазмонные отражатели могут быть нанесены на поверхности внутренних объектов в среде распространения, что позволяет передавать ТГц сигнал посредством переотражений от плазмонного слоя (верхнего поверхностного слоя) или по волноводам на волноводном слое (нижнем слое) (рис. 8). Режим работы плазмонных отражательных АР в канале связи контролируется средним слоем (слоем управления), реализованным между плазмонным и волноводным слоями (см. рис. 8). С помощью управляющего слоя производится контроль передающей и приемной АР в приемных и передающих ТГц устройствах и назначается режим работы отдельных плазмонных блоков или их групп.

Размеры АР зависят от рабочей частоты, и в ТГц диапазоне площадь АР составляет от 1 до 100 мм<sup>2</sup>. Благодаря субволновому размеру элементов плазмонные АР способны отражать сигналы нетрадиционными способами [7], включая управляемые отражения в незеркальных направлениях, отражения с преобразованием поляризации, а также отражения с прохождением волны по волноводному слою, как показано на рис. 8.

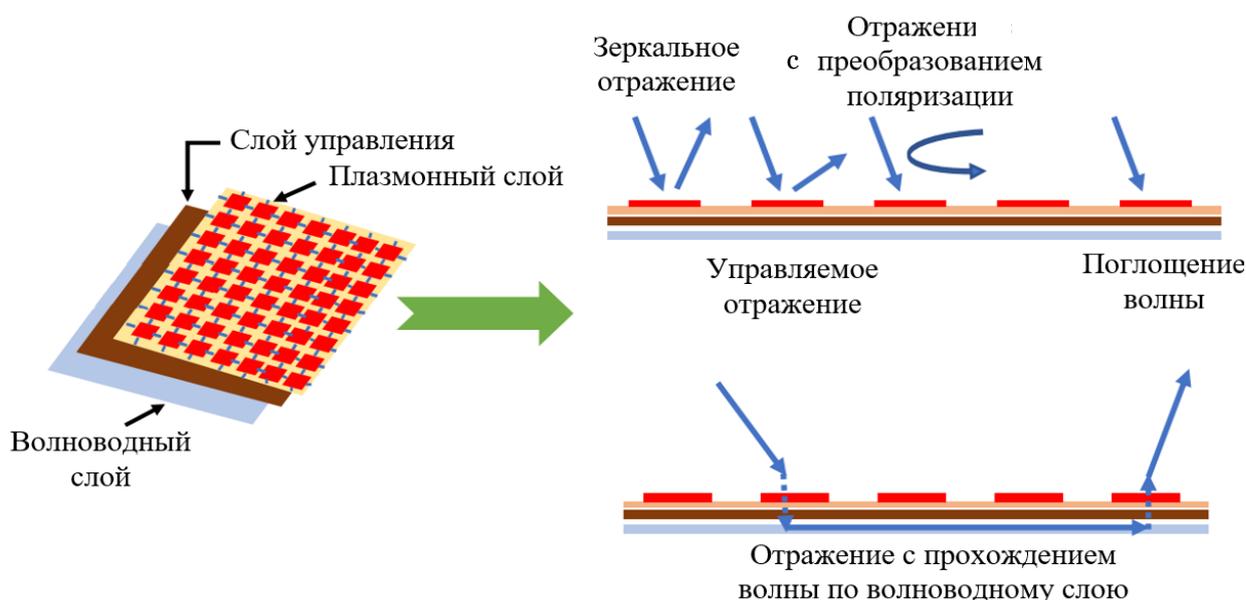


Рис. 8. Концептуальный дизайн плазмонной отражательной ТГц АР, способной манипулировать электромагнитными волнами [6]

Такие АР использованы для передачи ТГц сигнала с частотой  $f_c = 300$  ГГц и полосой пропускания 50 ГГц по каналу связи, образованному L-образным помещением (рис. 9) [6]. Установлено, что использование плазмонных отражателей позволяет увеличить зону покрытия, а также снизить потери мощности сигнала в канале связи на 40 дБ [6].

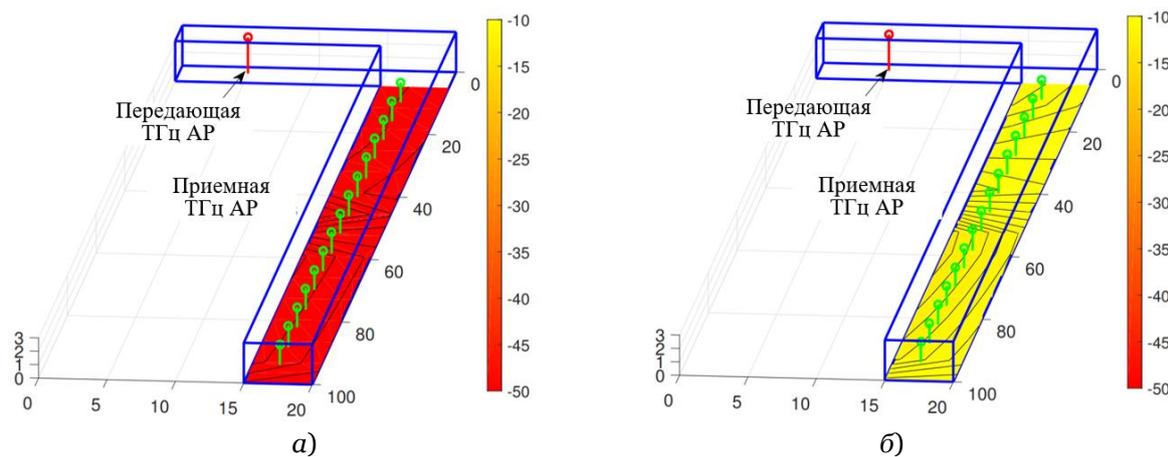


Рис. 9. Система беспроводной связи без использования (а) и с использованием (б) плазменных отражательных ТГц АР [6]

В [6] исследовано влияние числа элементов  $M_s$  плазменной отражательной АР, используемой в коммуникационной среде, на скорость передачи данных (рис. 10). Показано, что при увеличении числа элементов АР до 1200 превышен уровень скорости передачи данных 1 Тбит/с при минимальной мощности сигнала передатчика.

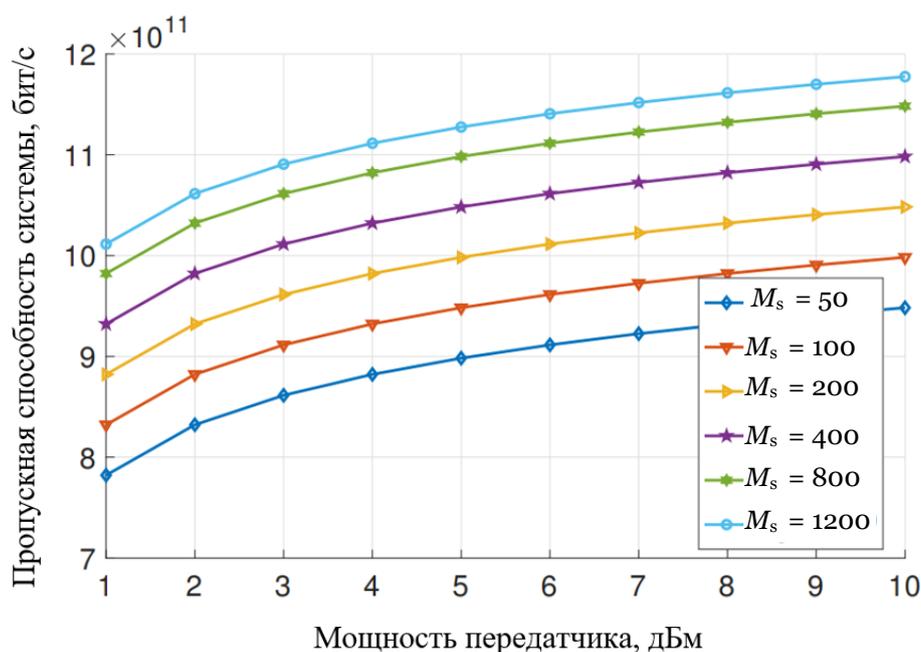


Рис. 10. Зависимость пропускной способности ТГц систем связи от числа элементов плазменной отражательной АР [7]

### Заключение

Использование подхода на основе графеновой плазмоники является перспективным вариантом для построения ТГц трансиверов (передатчиков, приемников), а также антенн и АР. Это обусловлено тем, что при реализации таких коммуникационных систем для генерации и детектирования ТГц сигнала не требуется конвертация частоты. Малый размер плазменных антенн позволяет использовать наноразмерные технологии, а также

интегрировать такие элементы в АР с высокой плотностью упаковки. На основе плазмонных отражательных АР могут быть построены коммуникационные системы, которые значительно расширят возможности применения ТГц диапазона и устранят проблемы с распространением ТГц волн.

### ***Список литературы***

1. Elayan H., Amin O., Shihada B. [et al.]. Terahertz band: The last piece of rf spectrum puzzle for communication systems // IEEE Open Journal of the Communications Society. 2019. Vol. 1. P. 1–32.
2. Akyildiz I. F., Han C., Hu Z. [et al.]. Terahertz Band Communication: An Old Problem Revisited and Research Directions for the Next Decade // IEEE Transactions on Communications. 2022. Vol. 70, № 6. P. 4250–4285.
3. Semenova V., Bespalov V. G. Terahertz Technologies for Telecommunications // Photonics. 2015. Vol. 3. № 51. P. 125–141.
4. Jornet J. M., Akyildiz I. F. Graphene-based plasmonic nano-transceiver for terahertz band communication // The 8th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP 2014). The Netherlands, 2014. doi: 10.1109/eucap.2014.6902274
5. Elayan H., Shubair R. M., Kiourti A. On graphene-based THz plasmonic nano-antennas // 16th Mediterranean Microwave Symposium (MMS). Abu Dhabi, UAE, 2016. P. 1–3.
6. Zhu H., Cheung S., Chung K. L., Yuk T. I. Linear-to-circular polarization conversion using metasurface // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 2013. Vol. 61, № 9. P. 4615–4623.
7. Nie S., Jornet J. M., Akyildiz I. F. Intelligent Environments based on Ultra-Massive MIMO Platforms for Wireless Communication in mm-Wave and THz Bands // In Proc. of ICASSP. Brighton, UK, May 2019. URL: 2019. ieeecassp.org

### ***Информация об авторах***

**Земляков Дмитрий Викторович**, студент, Пензенский государственный университет

**Макеева Галина Степановна**, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры «Радиотехника и радиоэлектронные системы», Пензенский государственный университет

**Борисов Никита Андреевич**, студент, Пензенский государственный университет

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

## СИСТЕМА АДАПТИВНОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОИНТЕРФЕЙСА

**А. Д. Иванов**

ООО «Парадигма» (г. Пенза), Пенза, Россия

sailtothe54@gmail.com

**Аннотация.** Система предназначена для регистрации сигналов головного мозга по 16 отведениям электрической активности головного мозга, при последующей передаче данных на устройства виртуальной реальности. Таким образом, создается биологическая обратная связь, которая позволяет достичь эффективного погружения в виртуальную реальность. С медицинской точки зрения, наличие нейроинтерфейса и биологической обратной связи с устройствами виртуальной реальности позволяет оценивать и корректировать психоэмоциональное состояние и реакцию человека на различные события в сценах виртуальной реальности. Система также имеет свое функциональное назначение в игровой индустрии. Анализируя состояние пользователя, игровой процесс может адаптироваться под конкретного человека, что улучшает опыт использования виртуальной реальности. Помимо медицины и игровой индустрии, устройство может быть использовано в сфере обучения. На данный момент широко распространено использование виртуальной реальности для тренировки пилотов, космонавтов и представителей других профессий с опасными для психики и физического здоровья должностными обязанностями. Интеграция нейроинтерфейса в обучающую систему, использующую виртуальную реальность, позволит на основе сигналов электрической активности головного мозга оценивать состояние человека и проводить более эффективные тренировки и обучение.

**Ключевые слова:** нейроинтерфейс, виртуальная реальность, мозговая активность, электроэнцефалография, биологическая обратная связь

**Для цитирования:** Иванов А. Д. Система адаптивной виртуальной реальности с использованием нейроинтерфейса // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 2. С. 121–126.

Виртуальная реальность (VR) – это тип человеко-компьютерного интерфейса, который позволяет пользователям взаимодействовать с компьютерами в режиме реального времени и погружаться в заранее смоделированную среду. Пользователями VR являются более 40 млн человек в мире (2019 г. – 35 млн человек, 2020 г. – 42 млн человек), их число стремительно растет. VR широко используются во многих сферах, в том числе в медицине.

По последним данным, рынок устройств виртуальной реальности за 2021 г. оценен в 28 млрд долл., что в несколько раз больше по сравнению с 2020 г. Информация о рынках развития виртуальной реальности показывает, что объем технологий и устройств в 2024 г. достигнет 296,9 млрд долл.

Технология VR прошла длинный путь от первых экспериментов в 50-х гг. XX в. до современных беспроводных шлемов в 20-х гг. XXI в. [1]. Применение VR позволяет передавать аудиовизуальные стимулы более реалистично, чем традиционные терапевтические технологии, и обеспечивает безопасную и контролируемую среду. В работе [2] от-

мечается, что сценарии должны настраиваться в соответствии с состоянием пациента таким образом, чтобы страх, радость и другие эмоции пациента могли быть полностью выражены.

Используя данные технологии, специалисты в области здравоохранения добиваются значительных результатов в лечении и профилактике различных патологий. Направляя внимание пациента на виртуальные сцены, можно добиться так называемого «эффекта отвлечения», который заключается в смещении фокуса пациента с медицинского вмешательства на искусственно созданную среду. С помощью измерения пульса и насыщения крови кислородом было доказано, что при введении местной анестезии контрольная группа, не использующая виртуальную реальность, была больше подвержена стрессу, чем группа, ощутившая «эффект отвлечения» при использовании VR [3]. Снижение уровня стресса при проведении процедур положительно влияет на скорость проведения процедуры и качество выздоровления пациентов. Технология виртуальной реальности успешно применяется как эффективное обезболивающее средство для ожоговых пациентов, перенесших смену повязки, как полезный метод отвлечения внимания для облегчения восприятия боли в педиатрии, у пациентов после операций, связанных с онкологическими заболеваниями, и пациентов нейрохирургического профиля [2].

С помощью виртуальной реальности появляется возможность лечить психосоматические фантомные боли в конечностях. Например, человек, страдающий от фантомных болей в руке, погрузившись в виртуальную реальность, может сместить фокус восприятия с болевых ощущений в отсутствующей конечности на ее цифровой прообраз, в результате чего боль либо исчезает, либо становится менее выраженной [4].

Нейроинтерфейс – система для обмена информации между мозгом человека и электронным устройством. Эта технология позволяет человеку взаимодействовать с внешним миром на основе регистрации электрической активности мозга – электроэнцефалограммы (ЭЭГ). Данные устройства эффективно используются в медицине, например, при реабилитации пациентов после инсульта. Контрольная группа в количестве 10 человек, перенесших инсульт, использовала нейроинтерфейс для анализа паттернов сигнала (воображении движения рукой) с последующей визуализацией данного движения на экране. Группу сравнения составили 10 пациентов, получавшие только стандартную восстановительную терапию. В результате исследования было выяснено, что работа по обучению правильному (кинестетическому) воображению движения в паретичной руке с использованием нейроинтерфейса позволяла достичь большего эффекта в реабилитации [5].

Компании NeuroSky, Interaxon, Emotiv Systems, Neuroplay разрабатывают нейроинтерфейсы для регистрации и анализа сигналов головного мозга, однако в них не предусмотрена совместная работа с устройствами виртуальной реальности. Существующие нейроинтерфейсы используют преимущественно для медитации и игр. В зависимости от сигналов электрической активности головного мозга пользователю демонстрируется изменяющийся по определенным алгоритмам видеоряд и проигрываются аудиофайлы, что позволяет в реальном времени отслеживать и корректировать свое состояние. Подключение к данной системе устройств виртуальной реальности позволит улучшить опыт медитации и сделать его более эффективным. Среди имеющихся аналогов также существуют определенные недостатки:

- 1) конструкция корпуса не подразумевает совместное использование нейроинтерфейса с устройствами виртуальной реальности;
- 2) малое время работы;
- 3) длительный период заряда;
- 4) ряд устройств использует монополярное отведение с ушным референтным электродом, что вызывает неудобства у пользователя.

Объединение технологий виртуальной реальности и нейроинтерфейса позволяет проводить более эффективные сеансы лечения. Система, объединяющая виртуальную реальность и нейроинтерфейс, может использоваться для реабилитации после инсульта [6]. Биологическая обратная связь успешно используется для лечения фобических расстройств [7].

Существующие решения по объединению устройств виртуальной реальности и нейроинтерфейса обладают значительными недостатками. В некоторых случаях пользователю придется совершать различные движения, что провоцирует создание помех, мешающих работе системы. Плохая эргономика, наличие проводов и другие особенности технических решений доставляют неудобства при использовании системы. Также в настоящий момент отсутствует программное обеспечение среды разработки, позволяющее разработчикам и специалистам использовать систему для своих целей.

Предлагаемая система (рис. 1) состоит из нейроинтерфейса, совместимого с большинством существующих шлемов виртуальной реальности. Особая эргономика и беспроводные интерфейсы передачи данных не ограничивают пользователя в движении и способствуют помехозащищенности. Представлена интеграция нейроинтерфейса в устройства виртуальной реальности для создания макета новой гибридной системы, которая предоставит пользователям возможность использовать виртуальную среду без физических ограничений со стороны внешних устройств регистрации электрической активности головного мозга. Система представляет собой автономный аппаратно-программный комплекс, способный беспроводным путем визуализировать виртуальные сцены в высоком разрешении и качестве, регистрировать электроэнцефалографические сигналы в лобных и височных долях в условиях реального времени и свободной двигательной активности пользователя, передавать данные на персональный компьютер для последующей цифровой обработки и принятия решения.

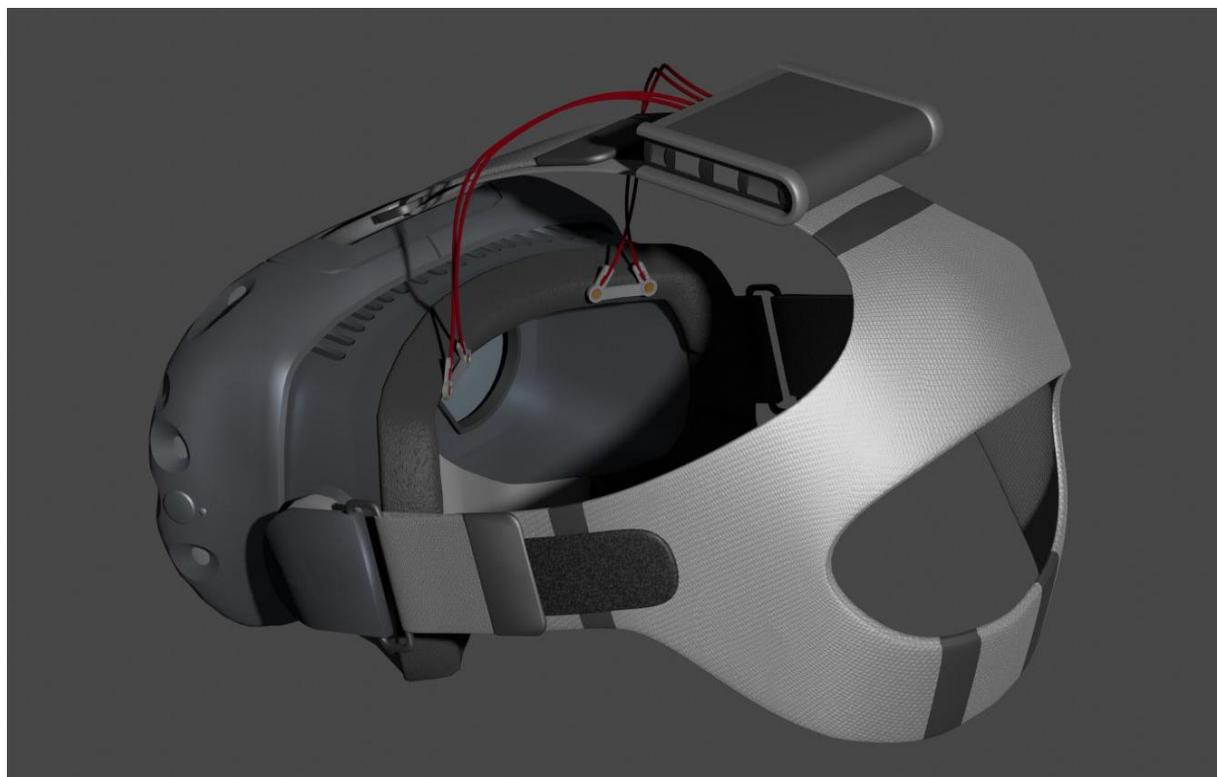
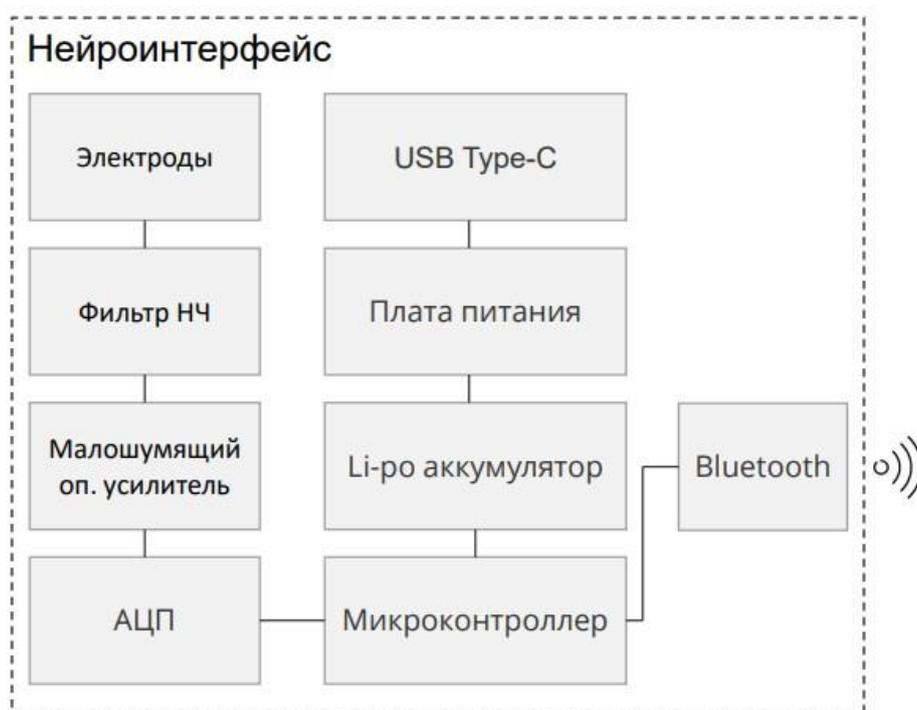


Рис. 1. Система адаптивной виртуальной реальности с использованием нейроинтерфейса

Эргономика устройства позволяет обеспечить его совместное ношение с устройствами виртуальной реальности. Малый вес необходим для комфортного длительного ношения нейроинтерфейса. Для исключения сбоев во время работы необходимо обеспечить плотное прилегание неинвазивных контактов к поверхности лба путем особого способа крепления этих контактов и наличия индивидуальной механической настройки габаритов устройства. Ремонтопригодность устройства обеспечивается возможностью разборки корпуса на части (модули). В случае повреждения сухих электродов пользователю предоставляется возможность замены модуля, на котором находятся данные электроды. В случае повреждения печатной платы предусмотрена возможность разборки корпуса, отсоединения шлейфов и замены платы на работоспособную. Из-за того, что литий-ионный аккумулятор имеет свой срок службы (его емкость уменьшается), конструкция устройства позволяет проводить замену аккумулятора.

Для разработки программных интерфейсов гибридной системы будет использован язык объектно-ориентированного программирования C# и QT. Для протокольной работы обмена данными: C++ и Python. Для работы системы и обмена данными: C. Для организации графической работы системы: QML.

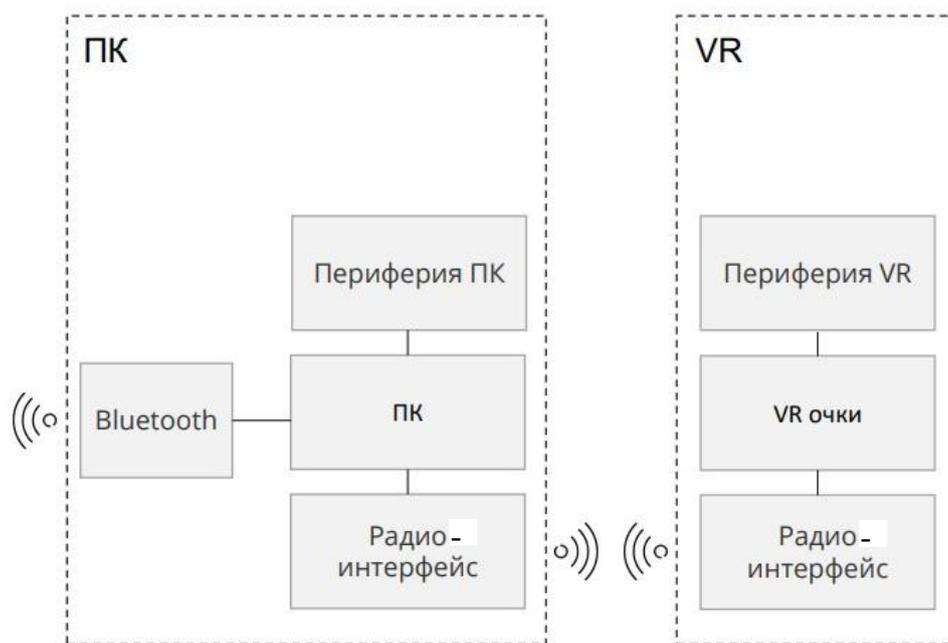
Система (рис. 2) состоит из трех основных блоков: нейроинтерфейс, персональный компьютер и устройства VR. Одновременно с погружением в виртуальную реальность нейроинтерфейс отправляет на компьютер данные о мозговой активности пользователя. Эти данные обрабатываются ПО и специалистом для последующего принятия решений об адаптации сцен VR или изменении других параметров погружения в виртуальную реальность. Такой принцип работы улучшает опыт погружения пользователя в виртуальную реальность, а специалист располагает инструментами для проведения более эффективных сеансов лечения и профилактики различных патологий.



а)

Рис. 2. Структурная схема системы адаптивной виртуальной реальности с использованием нейроинтерфейса:

а) блок регистрации; б) блок приема и анализа (начало)



б)

Рис. 2. Окончание

С помощью малошумящих усилителей и фильтров, внешнего АЦП, быстродействующего ARM микроконтроллера и особых алгоритмов цифровой обработки сигнала достигается минимальное значение показателя сигнал/шум и улучшается качество регистрации сигналов головного мозга. Аккумуляторы, плата распределения питания и Bluetooth-соединение позволяют избавиться от проводов, мешающих использованию системы.

Наличие аппаратной части с прилегающей средой разработки, корректно работающее ПО и качественная передача сигнала улучшают опыт погружения пользователя в виртуальную реальность и обеспечивают специалиста инструментами для проведения более эффективных сеансов лечения и профилактики различных патологий.

### **Вывод**

Представлена система адаптивной виртуальной реальности с использованием нейроинтерфейса. Разработаны:

1. Объединение нейроинтерфейса и устройства виртуальной реальности в единую систему.
2. Алгоритм обработки ЭЭГ в условиях погружения в виртуальную реальность.
3. Новые и улучшены существующие способы регистрации, анализа, передачи сигналов головного мозга между устройствами системы.

### **Список литературы**

1. Tychkov A. Virtual Reality Implementation for Assessment and Treatment of Phobic Anxiety Disorders // 5<sup>th</sup> Scientific School Dynamics of Complex Networks and their Applications (DCNA), 2021. doi: 10.1109/DCNA53427.2021.9587127
2. Бофанова Н. С., Тычков А. Ю., Дятлов А. В. [и др.]. Технология виртуальной реальности как перспективное направление в терапии послеоперационной и посттравматической боли // Российский журнал боли. 2022. № 20 (2). С. 68–72.

3. Sweta V. R., Abhinav R. P., Ramesh A. Role of Virtual Reality in Pain Perception of Patients Following the Administration of Local Anesthesia // Annals of Maxillofacial Surgery. 2019. doi: 10.4103/ams.ams\_263\_18
4. Устинова К. И., Черникова Л. А. Виртуальная реальность в нейрореабилитации // Анналы клинической и экспериментальной неврологии. 2008. № 2 (4). С. 34–39.
5. Фролов А. А., Бирюкова Е. В., Бобров П. Д. [и др.]. Эффективность комплексной нейрореабилитации пациентов с постинсультным парезом руки с применением нейроинтерфейса «мозг – компьютер + экзоскелет» // Альманах клинической медицины. 2016. № 44 (3). С. 280–286.
6. Сазонова Н. Н., Дегтярев С. В., Сазонова Е. С. Аппаратно-программный комплекс на основе нейроинтерфейса и vr-технологии в системе реабилитации пациентов с поражением головного мозга после инсульта // Информационные технологии в управлении, автоматизации и мехатронике : сб. науч. ст. 4-й Междунар. науч.-техн. конф., Курск, 2022. С. 180–183.
7. Демарева В. А., Вяхирева В. А., Петрова И. Э. [и др.]. Разработка нейрогарнитуры для контроля состояния человека при лечении фобий // Вестник психофизиологии. 2021. № 4. С. 37–42.

### ***Информация об авторе***

**Иванов Александр Дмитриевич**, инженер–программист, ООО «Парадигма» (г. Пенза)

**Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.**

## РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ НА МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЕ ANDROID

Р. С. Майоров<sup>1</sup>, А. С. Бождай<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup>Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

<sup>1</sup>maiorov.rus01@gmail.com

<sup>2</sup>bozhday@yandex.ru

**Аннотация.** Рассматриваются вопросы проектирования программной системы для улучшения качества изображений для мобильных устройств под управлением ОС Android. Произведен анализ существующих подходов для улучшения фотоснимков. Представлены основные критерии качества графических изображений. Рассмотрены архитектуры нейронных сетей, применяемых для обработки изображений. Выполнена оценка эффективности разработанного приложения.

**Ключевые слова:** проектирование программного обеспечения, нейронные сети, качество графических изображений, мобильные приложения, Android

**Для цитирования:** Майоров Р. С., Бождай А. С. Разработка интеллектуальной системы улучшения качества изображений на мобильной платформе Android // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 2. С. 127–134.

### **Введение**

Развитие современных мобильных устройств (смартфонов, планшетов) подразумевает постоянное совершенствование таких характеристик, как стоимость, компактность, энергопотребление. В бюджетных моделях зачастую эти параметры улучшаются за счет снижения производительности графической подсистемы и качества камеры. Возникает актуальная задача разработки приложений, которые бы позволили улучшить качество получаемых фотографий уже после момента съемки. Одним из наиболее перспективных направлений работы с графикой на сегодняшний день являются искусственный интеллект и нейронные сети. Существует большое количество готовых обученных нейросетевых моделей, которые умеют самостоятельно выделять значимые признаки графического изображения и улучшать заданные параметры их качества. Многие из таких моделей являются свободно распространяемыми и имеют открытый программный интерфейс (API) для внедрения своего функционала в пользовательские программы. В статье рассмотрены вопросы проектирования такого нейросетевого мобильного приложения по улучшению качества фотоснимков для устройств, работающих под управлением операционной системы Android.

### **Способы улучшения снимков**

Существует множество способов улучшения качества изображений. Самым распространенным и универсальным является метод ручного редактирования с помощью гра-

фических программных пакетов, которые предоставляют пользователю широкий набор инструментов для работы с контрастностью, резкостью, динамическим диапазоном, различными цветовыми характеристиками изображения.

Также широко применяются методы обработки с использованием программных фильтров, которые могут устранять шумы и другие дефекты на изображении. Их недостатком является то, что они сложны в настройке и не всегда способны сохранить детали и естественность изображения. Примерами таких приложений могут быть Snapseed, Adobe Photoshop, Adobe Lightroom, PicArt и др. Кроме того, существуют специализированные приложения для улучшения определенных параметров изображений, например, для улучшения резкости или уменьшения шума на фотографиях. Некоторые производители камер также предоставляют свои собственные приложения для улучшения качества снимков, которые могут быть загружены на смартфоны и планшеты.

В последние годы набирают популярность нейронные сети для улучшения качества изображений. Они позволяют создавать более точные и естественные изображения, сохраняя детали и при этом улучшая контрастность и насыщенность. Кроме того, такие сети могут использоваться для сегментации изображений и классификации объектов на изображении.

Невозможно говорить об улучшении качества изображений без определения критериев этого качества. Будем понимать под критериями качества изображения специальные метрики, используемые для оценки качества работы системы, метода или алгоритма. В контексте обработки изображений критерии качества используются для оценки снимка до и после его обработки. Таким образом можно сравнивать различные методы обработки и выбирать наиболее эффективный подход. Критерии качества изображений могут включать в себя такие параметры, как резкость, контрастность, яркость, насыщенность цветов, шум, разрешение, цветовая гамма и др. Каждый из этих параметров может быть измерен определенным способом и использован для оценки качества обработки фото.

Очевидно, что для различных задач обработки могут использоваться разные критерии качества. Например, для задачи распознавания лиц на изображении критерием качества может быть точность распознавания, а для задачи восстановления поврежденных изображений – сохранение деталей и минимизация искажений. Ниже перечислены некоторые из наиболее распространенных критериев качества, используемых в разработке:

1. Пиковое отношение сигнала к шуму (PSNR) – это один из наиболее распространенных критериев качества, используемых для оценки уровня шума в изображении. PSNR вычисляется путем сравнения оригинального изображения с улучшенным изображением и измерения разницы между ними.

2. Structural Similarity Index (SSIM) – это критерий качества, который используется для измерения структурного сходства между оригинальным и улучшенным изображением. Он учитывает не только яркость и контрастность, но и текстуру и форму объектов на изображении.

3. Visual Information Fidelity (VIF) – это критерий качества, который измеряет количество информации, передаваемой изображением. Он учитывает как основные характеристики изображения, так и восприятие человеком, что делает его более точным при оценке качества изображения.

4. Perceptual Index (PI) – это критерий качества изображения, основанный на оценке визуального восприятия изображения человеком. Он учитывает не только физические характеристики изображения, но и способность человека воспринимать и оценивать его.

В данной работе было принято решение использовать следующие критерии качества: пиковое отношение сигнала к шуму (PSNR) и Perceptual Index (PI). Одним из главных достоинств PSNR являются его математическая точность и простота измерения, что

делает его удобным инструментом для сравнения качества изображений. Этот критерий также устойчив к изменениям масштаба и поворотам изображений, что делает его более универсальным для различных задач. С другой стороны, PI обычно считается более «человеческим» критерием, так как учитывает не только математические параметры изображения, но и человеческое восприятие его качества. Это позволяет получать более точные результаты при оценке качества изображений, особенно в случаях, когда PSNR может не справиться, например, с оценкой качества в условиях шума или искажений.

### **Структура системы**

Взаимосвязь основных элементов интерфейса разрабатываемого приложения представлена на схеме (рис. 1).



Рис. 1. Взаимосвязь элементов интерфейса системы улучшения качества изображений на мобильной платформе Android

На данной схеме представлены следующие компоненты:

1. Главный экран – основной элемент интерфейса приложения, предоставляющий пользователю доступ к основным функциям системы.
2. Экран загрузки изображения – данный элемент интерфейса позволяет пользователю выбрать изображение из галереи своего устройства или сделать новое фото с помощью камеры. Также на этом экране можно выбрать размер изображения для оптимальной обработки нейронной сетью.
3. Экран улучшения качества изображения – на этом экране пользователь может увидеть загруженное изображение и управлять основными опциями улучшения качества. Здесь же происходит запуск процесса обработки изображения нейронной сетью.

4. Обработка изображения нейронной сетью – на этом этапе происходит обработка с помощью нейронной сети, которая улучшает качество фото. Пользователь будет видеть прогресс обработки.

5. Экран вывода результата – на этом экране пользователь может увидеть улучшенное изображение и сохранить его на свое устройство.

Также в приложении можно предусмотреть различные настройки, такие как выбор модели нейронной сети, выбор формата сохранения изображения и т.д.

### Описание блока нейросети

Существуют различные архитектуры нейронных сетей, которые используются для обработки изображений, такие как Convolutional Neural Networks (CNN), Generative Adversarial Networks (GAN), и Autoencoder Networks (AN):

1. CNN – это нейронная сеть, которая используется для классификации и сегментации объектов на изображениях. Она имеет несколько сверточных слоев, которые извлекают признаки из изображений, и полносвязные слои, которые классифицируют изображения на основе извлеченных признаков. CNN хорошо подходит для решения задач, связанных с классификацией, но может иметь проблемы с генерацией новых фото.

2. GAN – это состязательная нейронная сеть, которая используется для генерации новых изображений, которые выглядят похожими на обучающие данные. Она состоит из двух нейронных сетей: генератора и дискриминатора. Генератор создает последовательность новых изображений, а дискриминатор оценивает, насколько они соответствуют обучающим данным. GAN может быть использован для создания фотореалистичных изображений, но может иметь проблемы с созданием деталей в некоторых областях снимка.

3. AN – это нейронная сеть, которая используется для генерации новых изображений, но работает несколько иначе, чем GAN. Она состоит из кодировщика, который преобразует фото в компактное представление, и декодировщика, который преобразует это представление обратно в картинку. AN может использоваться для задач сжатия, улучшения качества и реконструкции изображений.

Таким образом, различия между этими тремя типами нейронных сетей заключаются в их архитектурах и целях. CNN используется для классификации и детекции объектов, GAN используется для создания новых изображений, а AN используется для изучения внутреннего представления изображений и их сжатия. Существует множество нейронных сетей, которые используются для улучшения качества снимков, например, SRGAN, EDSR, RCAN и многие другие. Каждая из этих моделей имеет свои преимущества и недостатки, но выбор в работе пал на Real-ESRGAN, которая имеет ряд преимуществ перед другими моделями (рис. 2).

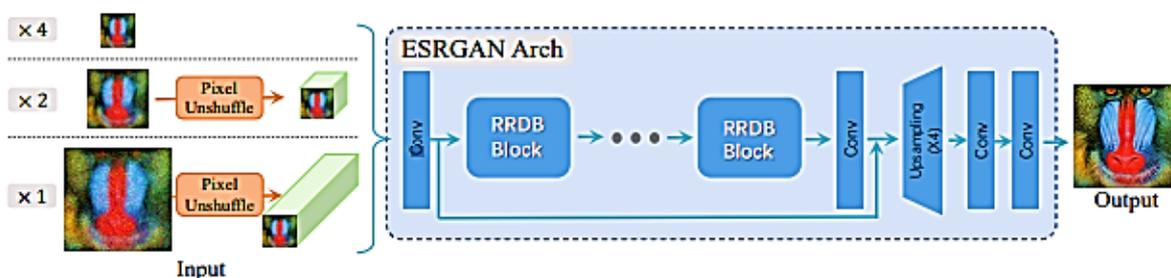


Рис. 2. Схема нейросетевой модели Real-ESRGAN

Real-ESRGAN является улучшенной версией ESRGAN, которая была разработана в 2019 г. с использованием модифицированных архитектур и функций потерь для улуч-

шения качества изображения [1]. Данная модель обучалась на наборе данных DIV2K, содержащем более 800 примеров, и может использоваться для увеличения разрешения фото, удаления шума и улучшения качества изображения.

Одно из основных отличий Real-ESRGAN от ESRGAN – это использование новой архитектуры Residual-in-Residual Dense Block (RRDB) [2] вместо Residual Dense Block (RDB). RRDB имеет более высокую производительность и более мощные возможности улучшения изображений, чем RDB. Кроме того, Real-ESRGAN использует новый метод перекрестной энтропии (cross-entropy loss) для обучения, который учитывает различные характеристики изображений, такие как контрастность и яркость. Эта нейронная сеть использует субпиксельную свертку (sub-pixel convolution) для увеличения размера фото без использования интерполяции в традиционном смысле. Этот метод выполняет свертку с фотографией, нарезанной на мелкие части, и затем объединяет эти части в более крупные блоки, что позволяет сохранить детали и текстуру изображения при увеличении его размера. В совокупности эти особенности позволяют модели достичь более высокого качества обработки, чем методы, использующие интерполяцию.

Но наиболее значимым преимуществом Real-ESRGAN является возможность увеличения масштаба в 4–16 раз без значительной потери качества. Это достигается благодаря использованию модуля внимания и резидуальных блоков, которые помогают сохранить детали и текстуры. Кроме того, Real-ESRGAN показывает хорошие результаты в увеличении качества фотографий с низким разрешением и поврежденных изображений. Модель может использоваться для восстановления деталей, что делает ее полезной для многих задач, включая восстановление старых фотографий и видео.

Для интеграции модели Real-ESRGAN в Android приложение была использована библиотека TensorFlow Lite. TensorFlow Lite – это кроссплатформенная библиотека машинного обучения, разработанная компанией Google, которая позволяет запускать модели машинного обучения на различных устройствах, включая мобильные устройства и встраиваемые системы.

Произведено сравнение работы ESRGAN [3] (потомок Real-ESRGAN) с другими алгоритмами обработки изображения (рис. 3).

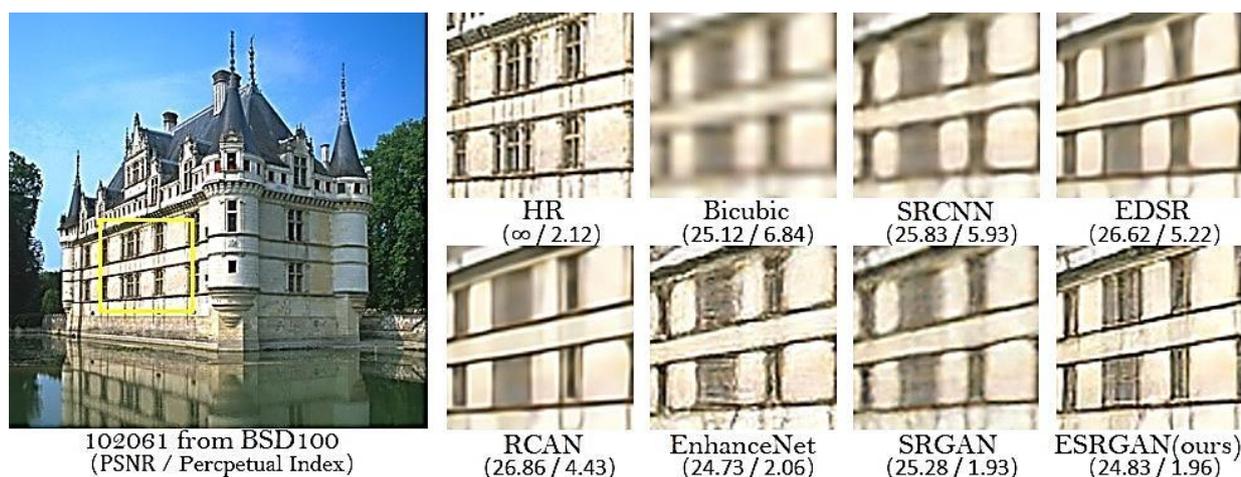


Рис. 3. Результаты сравнения работы модели ESRGAN с аналогами [3]

Из тестов видно [4], что ESRGAN способен генерировать более детальные структуры в зданиях, тогда как другие методы либо не могут произвести достаточно деталей (SRGAN) либо добавляют нежелательные текстуры (EnhanceNet). В сравнениях были использованы ранее рассмотренные критерии качества, такие как пиковое отношение сиг-

нала к шуму (PSNR) и Perceptual Index (PI). Результаты еще одного сравнительного эксперимента представлены на рис. 4.



Рис. 4. Результаты сравнения работы Real-ESRGAN с аналогами [4]

Результаты показывают, что Real-ESRGAN превзошел своего предшественника ESRGAN, что делает эту нейронную сеть лучшей в своем классе.

#### ***Тестирование производительности системы***

Результаты произведенного тестирования скорости обработки изображений разных размеров на мобильном устройстве показаны на рис. 5.

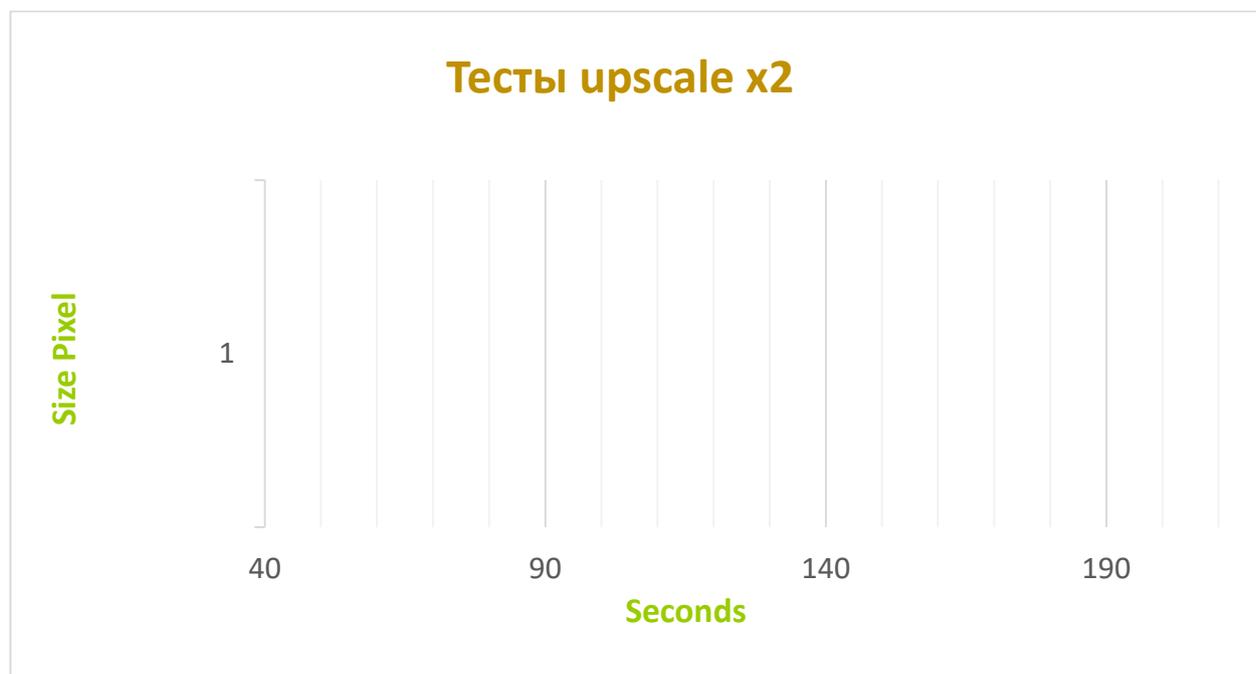


Рис. 5. Результат тестирования производительности системы

Тестирование проводилось на мобильном устройстве (смартфоне) под управлением операционной системы Android 13, оснащенный процессором Qualcomm Snapdragon 888 с объемом оперативной памяти 8 Gb.

Результаты тестирования показали, что система, основанная на нейронной сети Real-ESRGAN, работает эффективно на мобильных устройствах с достаточно мощными процессорами. Также выяснилось, что использование оптимизированной версии модели Real-ESRGAN, предназначенной для работы на мобильных устройствах, значительно ускоряет обработку изображений и уменьшает использование ресурсов устройства [5–7].

Таким образом, можем заключить, что разработанная интеллектуальная система на базе нейронных сетей, использующая модель Real-ESRGAN, показывает хорошую производительность на мобильных устройствах с достаточно мощными процессорами, что делает ее полезной для широкого круга пользователей мобильных устройств.

### **Заключение**

В ходе работы рассмотрены основные архитектуры нейронных сетей для обработки изображений. Произведен сравнительный анализ и выбор архитектуры в качестве основы для нейросетевого блока разрабатываемого приложения. Рассмотрены вопросы разработки интеллектуальной системы улучшения качества изображений на мобильной платформе Android, которая включает в себя модель Real-ESRGAN и технологию TensorFlow Lite для интеграции с мобильным приложением. Проведена оценка производительности разработанной системы.

Основными достоинствами разработанной системы являются масштабируемость, компактность, простота использования, высокое качество обработки изображений.

Перспективы дальнейшего развития проекта могут быть связаны с исследованием новых архитектур нейронных сетей для улучшения качества изображений. Кроме того, имеется потенциал для увеличения скорости обработки графических изображений и оптимизации использования ресурсов устройств (особенно бюджетного сегмента). Другим направлением могут быть расширение функционала системы, добавление возможности обработки видео и других типов медиафайлов.

### **Список литературы**

1. GitHub Real-ESRGAN. URL: <https://github.com/xinntao/Real-ESRGAN> (дата обращения: 10.04.2023).
2. Xintao Wang, Liangbin Xie, Chao Dong, Ying Shan. Real-ESRGAN: Training Real-World Blind Super-Resolution with Pure Synthetic Data. URL: <https://arxiv.org/pdf/2107.10833.pdf> (дата обращения: 10.04.2023).
3. GitHub ESRGAN. URL: <https://github.com/xinntao/ESRGAN> (дата обращения: 19.03.2023).
4. Ledig C., Theis L., Huszar F. [et al.]. Photo-Realistic Single Image Super-Resolution Using a Generative Adversarial Network. URL: <https://arxiv.org/pdf/1609.04802.pdf> (дата обращения: 19.03.2023).
5. Шилдт Г. Java. Руководство для начинающих. Современные методы создания, компиляции и выполнения программ на Java. М. : Диалектика-Вильямс, 2018. 816 с.
6. Нильсен М. Нейронные сети и глубокое обучение. URL: <http://neuralnetworksanddeeplearning.com> (дата обращения: 14.03.2023).
7. Generative Adversarial Networks (GANs) in 50 lines of code (PyTorch). URL: <https://medium.com> (дата обращения: 14.03.2023).

### **Информация об авторах**

**Майоров Руслан Станиславович**, студент, Пензенский государственный университет

**Бождай Александр Сергеевич**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Системы автоматизированного проектирования», Пензенский государственный университет

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

## ВЫБОР СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТОВ МОУШН-ДИЗАЙНА

**Е. В. Утушкина**

Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

katerina64.97@mail.ru

**Аннотация.** Предлагается решение задачи выбора программных средств, предназначенных для изготовления сцен моушн-дизайна. На основе анализа типичных продуктов моушн-дизайна сформулированы требования к тестовой сцене и вытекающие из них требования к функциональным возможностям программных средств и приемам их использования. Даны рекомендации по применению тестовой сцены. Предлагается применить для оценки и выбора программных средств аддитивный весовой критерий.

**Ключевые слова:** моушн-дизайн, динамика, тестовая сцена, весовой критерий

**Для цитирования:** Утушкина Е. В. Выбор средств разработки продуктов моушн-дизайна // Вестник Пензенского государственного университета. 2023. № 2. С. 135–140.

### ***Задача выбора программных средств для изготовления продуктов моушн-дизайна***

Моушн-дизайн (Motion Design) – одно из направлений дизайна, в основе которого лежит применение динамики (анимации) информационных объектов [1, 2]. Дизайнерские решения по эргономичному отображению динамической сцены необходимы при построении систем автоматизированного обучения и рекламных роликов, для визуализации результатов научных исследований, при разработке продуктов инфографики, в кино и телевидении, а также в других предметных областях [3, 4]. Благодаря понятной и удобной для восприятия форме представления информации моушн-дизайн находит все более широкое применение [5]. В связи с этим растет и потребность в программных средствах (ПС) моушн-дизайна.

В настоящее время разработчики предлагают целый спектр программ для разработки динамических сцен. В такой ситуации всегда приходится решать задачу оценки и выбора ПС. При этом желательно делать выбор с учетом индивидуальных предпочтений пользователя. В статье [6] предложен критерий сравнения ПС моушн-дизайна, основанный на принципе «двойного взвешивания». Оценка ПС проводится в два этапа: на первом с помощью аддитивного весового критерия оцениваются функциональные возможности ПС, на втором оценка идет по ряду частных критериев, среди которых – максимизация функционала. Таким образом, важным этапом выбора ПС является оценка их функционала. Это сложная задача, так как полагаться на рекламу изготовителей и продавцов нельзя. Корректным решением будет экспериментальная оценка различных ПС моушн-дизайна по одной тестовой сцене. Встает вопрос: на примере какой анимации оценивать функционал? Очевидно, нужно составить сцену, содержащую типичные объекты моушн-дизайна, и задать им типичную для нашего мира динамику.

### **Состав тестовой сцены для оценки функциональных возможностей программных средств**

Для выявления информационных объектов, входящих в тестовую сцену, проведен анализ анимированных сцен в различных предметных областях. Рассмотрены продукты моушн-дизайна различного назначения: комплексные интерфейсы, реклама, информационные видеоролики, презентации, кадры кинофильмов, анонсы спортивных соревнований, эффекты web-сайтов, инфографика, динамические текстовые заставки и др. [4, 5, 7–10].

Анализ известных решений моушн-дизайна позволяет сформулировать требования к тестовой сцене и вытекающие из них требования к функциональным возможностям ПС и приемам их использования. Можно утверждать, что типичными информационными объектами моушн-дизайна и их свойствами являются:

– *фон сцены*. В качестве фона выступает реалистическая картинка (фототекстура) или стилизованный рисунок, изготовленный в графическом редакторе. Оценка по этому показателю предполагает, что ПС должны обладать возможностью использования в качестве фона внешней текстуры;

– *форма объектов*. При всем многообразии объектов их форма в общем случае бывает либо геометрической, либо «свободной», т.е. произвольной. Геометрическую форму имеет смысл взять из библиотеки объектов, значит, в ПС должна присутствовать такая библиотека. Объект свободной формы (например, астероид) выполняется вручную. Следовательно, оцениваемые ПС должны иметь такую возможность. Если нет разветвленных средств создания форм, то их можно составить из простых примитивов, например, полигонов. Для этого в ПС должна быть предусмотрена соответствующая возможность. Другой вариант – изготовить объект нужной формы средствами специализированного программного пакета, например, моделера, и вставить в сцену. Для этого ПС должны иметь возможность использования различных моделей. Наличие перечисленных возможностей является существенным показателем оценивания ПС;

– *мерность объектов*. Она может быть разной – 2d или 3d. Более сложным и, значит, универсальным вариантом является 3d. Если в ПС нет такой возможности, то можно заменить трехмерный объект плоским образом, выполненным по закону перспективы. Для этого должен быть предусмотрен соответствующий функционал. Возможность применения в сцене объектов той или иной мерности – еще один аспект оценки ПС;

– *разновидности динамики*. В общем случае объект имеет в пространстве шесть степеней свободы: движение вдоль трех координатных осей и повороты вокруг них. Если этого нет, то динамику в пространстве можно имитировать. Например, уменьшение размера объекта во времени имитирует его удаление, т.е. движение по координате глубины. Число степеней свободы динамики объектов – важный оценочный показатель ПС;

– *изменение размеров и формы объектов в реальном времени*. Эти эффекты достигаются с помощью геометрических преобразований масштабирования и морфинга. Их наличие является полезным свойством ПС;

– *наложение внешней текстуры на объекты*. Внешняя текстура – это рисунок, выполненный в графическом редакторе, импортированный в ПС моушн-дизайна и наложенный на поверхность объекта по выбранному закону. Этот прием значительно улучшает восприятие объектов сцены и является одним из основных при создании пространственных и двухмерных сцен. Зачастую один рисунок содержит несколько фрагментов, накладываемых на разные части объекта. Такой рисунок (uv-развертка) может создаваться в самой программе моушн-дизайна. При отсутствии такой возможности в ПС могут создаваться плоские объекты в виде фиксированных текстур. Наличие в ПС тех или иных возможностей текстурирования – важная характеристика ПС;

– *имитация освещенности*. Она является обязательной для пространственных сцен, так как 3D-объекты без теней от осветителей выглядят плоскими, а не пространственными. В процессе динамики объекта тени на его поверхности меняют свое местоположение и должны быть пересчитаны. В связи с этим имитация освещенности требует больших затрат компьютерного времени. При ограниченной динамике объектов тени для их поверхности рассчитывают заранее и фиксируют на объекте («запекание теней»). Это экономит ресурсы и особенно полезно в случае передачи продуктов моушн-дизайна через Интернет. Та или иная возможность затенения пространственных объектов должна быть предусмотрена в ПС;

– *создание и анимация текста*. Во многих приложениях моушн-дизайна динамический текст имеет самостоятельное назначение и значение. Текст может быть создан как самостоятельный объект и может быть сделан как текстура. И в первом, и во втором случае он получает в сцене несколько степеней свободы в соответствии с возможностями ПС.

### ***Вариант тестовой сцены и ее реализации***

Основываясь на приведенных результатах анализа сцен моушн-дизайна, можно предложить состав тестовой сцены, предназначенной для сравнительной оценки функционала программных средств. В состав сцены должны войти 2D- и 3D-объекты геометрической и свободной форм, полученные путем импорта и моделирования встроенными средствами ПС. Объекты должны быть наделены шестью степенями свободы в пространстве и масштабированием в режиме реального времени. Для повышения эргономичности сцены на объекты должна быть наложена внешняя текстура и текстура, взятая из библиотеки текстур ПС. На пространственные объекты должны быть наложены тени от освещения. Сцена должна быть дополнена объектами в виде динамического текста. В качестве такой сцены предлагается визуализация полета самолета над местностью с различными объектами. Для этого в сцену включены:

- *фон*. Он в предлагаемой тестовой сцене состоит из двух частей: реалистического изображения взлетной полосы и нарисованных в редакторе облаков;
- *3D-объекты*. Узнаваемый объект сложной геометрической формы – самолет, объект свободной формы – метеорит, каркасный объект – вышка;
- *2D-объект* – динамическая плоскость;
- *типографика* – динамический текст «Аэрофлот»;
- *динамика объектов в трехмерном пространстве*. Это шесть степеней свободы самолета, вращение объекта «Метеорит» вокруг вертикальной оси, перемещение плоскости и текста по горизонтали с различной скоростью;
- *масштабирование*. Применяется для изменения размеров самолета;
- *освещение*. Предусмотрены два источника глобального освещения;
- *наложение проективной текстуры*. На самолет накладывается импортированная текстура в виде uv-развертки, текстурирование метеорита выполняется с применением текстуры, нарисованной в графическом редакторе.

Исходя из назначения сцены, требований к ее поведению и собственных предпочтений, разработчик назначает компонентам сцены различные весовые коэффициенты и на этой основе оценивает уровень возможностей программного средства. Для этого может быть использован принцип «двойного взвешивания». В работе [6] он применен для оценки ряда ПС, при этом их функциональные возможности определялись из их описаний и рекламной информации. Весовые коэффициенты были назначены экспертным способом. В результате предпочтение было отдано графическому моделеру Blender [11, 12]. Ниже показано, что возможности этого пакета достаточны для формирования предложенной тестовой сцены в полном объеме. В табл. 1 кратко представлены инструменты и настройки моделера, использованные для формирования компонентов тестовой сцены.

Таблица 1

## Состав тестовой сцены

Компоненты тестовой сцены	Реализация в Blender
Фон (составлен из двух частей: импортированного изображения взлетной полосы и нарисованных в редакторе облаков)	Импортирование изображения (Файл – Импортирование – Image as Planes) или наложение текстуры на плоскость (Свойства – Материал)
3D геометрический объект (самолет)	Добавление меш-объекта (Добавить – Меш) или импортирование объекта из сторонней библиотеки (Файл – Импортирование – Wavefront (.obj))
3D-объект свободной формы (метеорит)	Добавление меш-объекта (Добавить – Меш - Куб) и применение модификаторов (Свойства – Модификаторы – Подразделения)
Каркасный 3D-объект (вышка)	Добавление меш-объекта (Добавить – Меш - Куб) и редактирование с помощью модификаторов (Свойства – Модификаторы – Симметрия), применение «экструдирования» (Режим редактирования – Вершина – Экструдирование), перемещения и масштабирования (Объект - Трансформация – Переместить/ (Объект - Трансформация – Перевернуть / Масштабировать)
2D-объект (плоскость)	Создание с помощью инструментов или добавление меш-объекта (Добавить – Меш – Плоскость)
Типографика (текст «Аэрофлот»)	Добавление объекта текст (Добавить – Текст)
Динамика объектов в трехмерном пространстве (шесть степеней свободы объекта «Самолет», вращение объекта «Метеорит» вокруг вертикальной оси)	Настройка вращения объекта (Объект - Трансформация – Перевернуть – Анимация – Добавить ключевой кадр)
Масштабирование (изменение размеров самолета)	Настройка размеров объекта (Объект – Трансформация – Масштабировать)
Освещение (два источника глобального освещения)	Добавление источника света «Солнце» или «Точечный свет» (Добавить – Свет – Солнце)
Наложение текстуры (текстурирование объекта «Метеорит»)	Создание материала и наложение текстуры на объект (Свойства – Материал – Создать – Редактор шейдеров – Импортирование изображения)

На рис. 1, 2 показаны две фазы динамики спроектированной сцены на фоне интерфейса моделиера Blender. Самолет движется по некоторой заданной траектории, плоскость выдвигается слева и движется с невысокой скоростью. Ее «догоняет» текст «Аэрофлот», который затем размещается на плоскости. Метеорит вращается вокруг вертикальной оси. На все объекты наложены тени от двух источников глобального освещения.

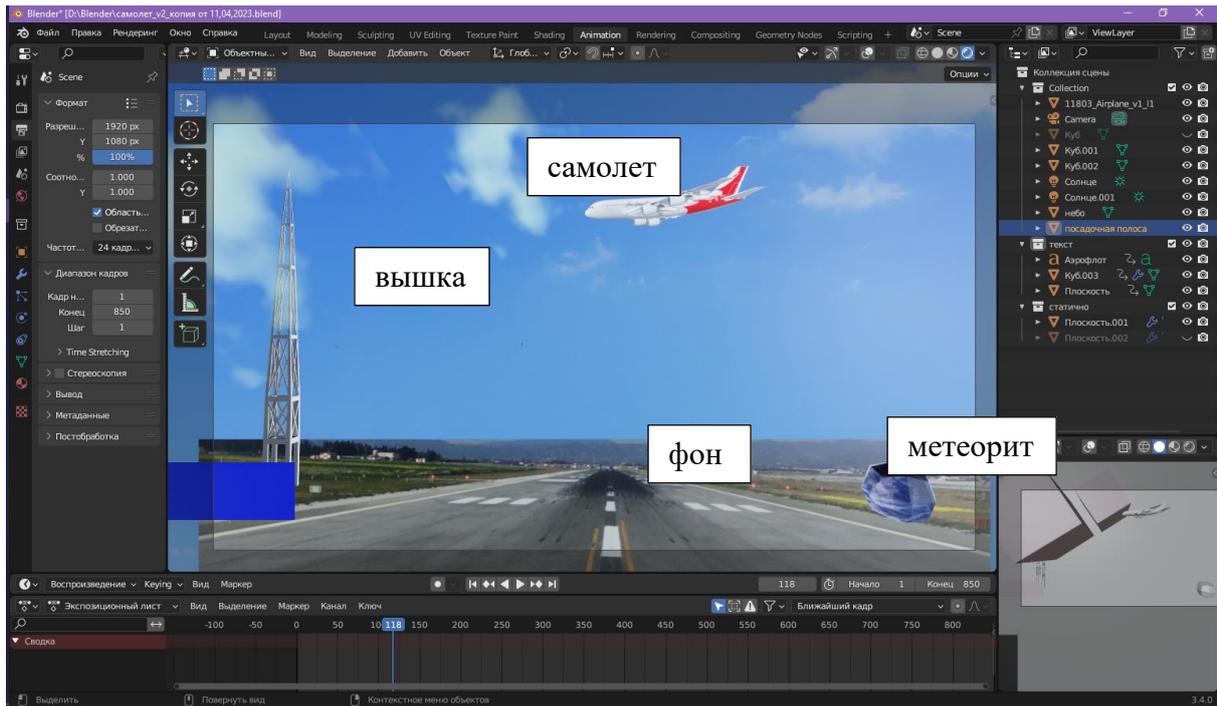


Рис. 1. Первая фаза динамики тестовой сцены

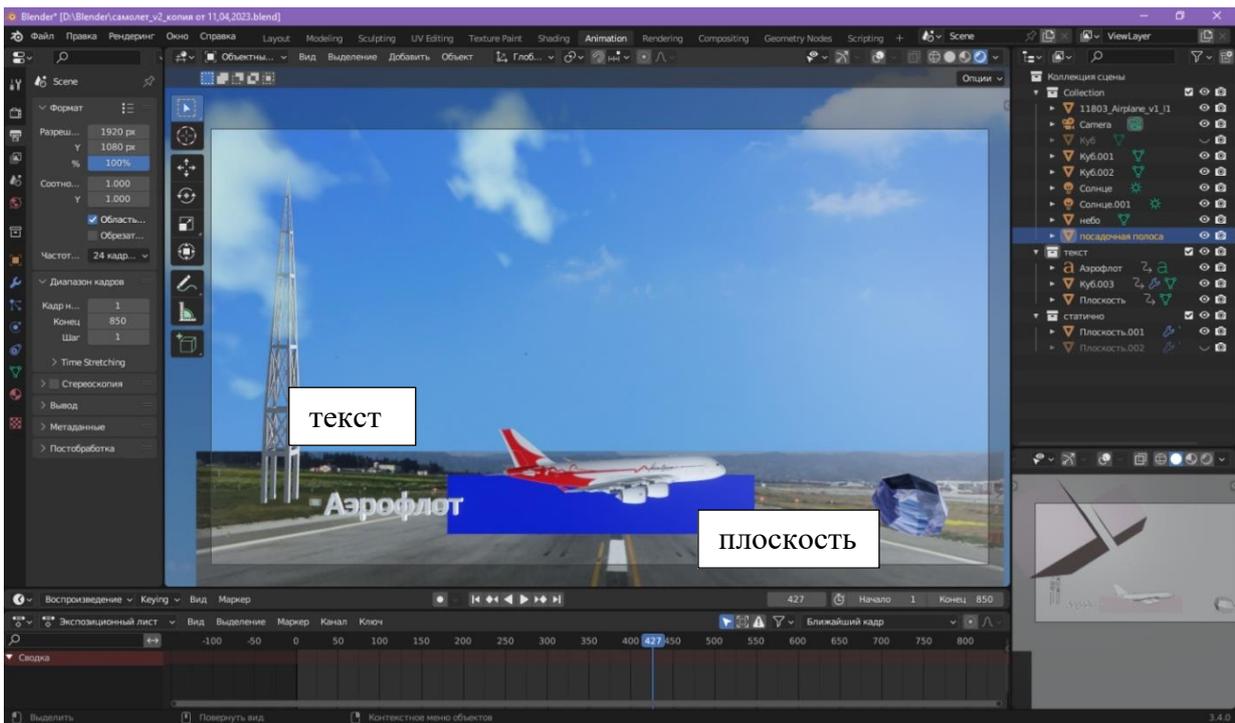


Рис. 2. Вторая фаза динамики тестовой сцены

### ***Рекомендации по применению тестовой сцены***

Можно видеть, что в тестовой сцене представлены все обоснованные виды объектов и их свойства. Сцена позволяет провести оценку функциональных возможностей программного средства, предназначенного для создания продуктов моушн-дизайна. Методика такой оценки проста. Получение количественной оценки выполняется путем назна-

чения весовых коэффициентов функциональным возможностям выбранного ПС и использования этих коэффициентов в весовом аддитивном критерии, как это описано в [6]. Коэффициенты отражают возможности ПС по отображению компонентов сцены и назначаются, исходя из задач, поставленных пользователем, и его личных предпочтений. Сумма абсолютных значений весовых коэффициентов должна составлять единицу. Возможности, которые не требуются для реализации конкретной сцены, получают нулевые весовые коэффициенты. Вследствие этого большее значение получают коэффициенты, имеющие существенное значение именно для сцены, выбранной пользователем. При такой оценке приоритет может быть отдан не ПС с максимально полным функционалом типа Cinema 4D, а программе с более скромными функциональными возможностями, которая по этой причине имеет сравнительно невысокую стоимость. Следовательно, описанная оценка функциональных возможностей неявно включает и экономический компонент. Выбор ПС из нескольких альтернатив проводится по максимальному значению весового критерия.

### **Список литературы**

1. GeekBrains. Моушн-дизайн: суть, преимущества, сферы применения, тренды. URL: <https://gb.ru> (дата обращения: 15.03.2023).
2. Марченко М. Н., Яроменко А. В. Обоснование термина «Мультимедийный дизайн» в контексте моушн-дизайна // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 12. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24898540> (дата обращения: 15.03.2023).
3. Сравни. Моушн-дизайн – полное руководство. URL: <https://www.sravni.ru> (дата обращения: 15.03.2023).
4. vc.ru. Как визуал способствует продвижению IT-бизнеса: преимущества моушн-дизайна с элементами 3D. URL: <https://vc.ru> (дата обращения: 20.03.2023).
5. Гром А. Моушн дизайн в 2023 году (тренды с примерами). URL: <https://videoinfographica.com> (дата обращения: 24.03.2023).
6. Косников Ю. Н., Утушкина Е. В. Анализ и выбор средств моушн-дизайна по интегральному критерию // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2022. Т. 11, № 3 (59). С. 10–14. doi: 10.46548/21vek-2022-1159-0001
7. Ситников Е., Зуйкова А. Неживое превратить в живое: чем занимается моушн-дизайнер. URL: <https://practicum.yandex.ru> (дата обращения: 24.03.2023).
8. TIMEREK. Реклама Сбербанк. URL: <https://timerek.ru> (дата обращения: 25.03.2023).
9. Art. Lebedev Studio. URL: <https://www.artlebedev.com> (дата обращения: 25.03.2023).
10. Vimeo. Adidas Trae Young 1. URL: <https://vimeo.com> (дата обращения: 24.03.2023).
11. Blender. URL: <https://www.blender.org> (дата обращения: 30.03.2023).
12. Серова М. Учебник-самоучитель по графическому редактору Blender 3D. Моделирование и дизайн : учебник. М. : СОЛОН-Пресс, 2021. 272 с.

### **Информация об авторе**

**Утушкина Екатерина Владимировна**, магистрант, Пензенский государственный университет

**Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.**