ISSN 2072-0297

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



45
2026
ЧАСТЬ I

16+

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 45 (648) / 2026

Издается с декабря 2008 г. Выходит еженедельно

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Редакционная коллегия:

Жураев Хусниддин Олтинбоевич, доктор педагогических наук (Узбекистан)
Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук
Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук
Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук
Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)
Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук
Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук (Казахстан)
Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук (Азербайджан)
Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук
Бердиев Эргаш Абдуллаевич, кандидат медицинских наук (Узбекистан)
Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук
Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук
Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук
Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук
Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук
Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук
Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения
Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук (Казахстан)
Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)
Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук
Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук
Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук
Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук
Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)
Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук
Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук
Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук
Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук
Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук
Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук
Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук
Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук (Казахстан)
Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии (Казахстан)
Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук
Рахмонов Азизхон Боситхонович, доктор педагогических наук (Узбекистан)
Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук
Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук
Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)
Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук
Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры
Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук (Узбекистан)
Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук
Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

© ООО «Издательство «Молодой ученый», 2026

Международный редакционный совет:
Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)
Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)
Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)
Ахмеденов Кажмурат Максутович, кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)
Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)
Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)
Буриев Хасан Чутбаевич, доктор биологических наук, профессор (Узбекистан)
Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)
Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)
Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)
Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Досманбетов Динар Бакбергенович, доктор философии (PhD), проректор по развитию и экономическим вопросам (Казахстан)
Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)
Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)
Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)
Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, доктор педагогических наук, и.о. профессора, декан (Узбекистан)
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)
Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Кыят Эмине Лейла, доктор экономических наук (Турция)
Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)
Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)
Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)
Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)
Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)
Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)
Узаков Гулом Норбоевич, доктор технических наук, доцент (Узбекистан)
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры (Россия)
Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)
Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)
Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)
Шуклина Зинаида Николаевна, доктор экономических наук (Россия)

На обложке изображен *Майкл Фарадей* (1791–1867) — выдающийся английский физик-экспериментатор и химик, чьи исследования заложили фундамент современной электротехники и учения об электромагнитном поле.

Фарадей родился в поселке Ньюингтон-Баттс близ Лондона (ныне часть Большого Лондона) в семье кузнеца. Семья жила небогато, и систематическое образование мальчику получить не удалось. В 13 лет он оставил школу и начал работать рассыльным в лондонском книжном магазине француза-эмигранта Рибо, а вскоре стал учеником переплетчика. Среди книг, которые ему приходилось переплетать, встречались труды по физике и химии — это пробудило в юноше страстную любознательность. Он тщательно конспектировал прочитанное, иллюстрировал записи и обсуждал идеи с окружающими.

В 1810–1811 годах Фарадей посещал Городское философское общество, где слушал выступления по физике и астрономии. А в 1812 году Фарадей раздобыл билет на цикл лекций Гемфри Дэви — знаменитого химика и физика, директора химической лаборатории Королевского института. Фарадей посетил несколько лекций, глубоко увлекся и отправил Дэви подробные конспекты своих записей. Впечатленный энтузиазмом юноши, в начале 1813 года Дэви взял его ассистентом в свою лабораторию. Осенью того же года Фарадей сопровождал профессора в двухлетнем путешествии по научным центрам Европы.

После возвращения из поездки Фарадей начал самостоятельные исследования. В 1821 году он продемонстрировал электромагнитное вращение — принцип, который лег в основу первого в мире простейшего электродвигателя.

Одним из величайших открытий ученого стала электромагнитная индукция. В августе 1831 года Фарадей доказал, что изменяющееся магнитное поле порождает электрический ток. В отчете, представленном Королевскому обществу 24 ноября 1831 года, он впервые использовал термин «магнитные силовые линии». На основе этого открытия был создан первый электромагнитный генератор — «диск Фарадея». Эти работы заложили основу для развития электроэнергетики: на подобных принципах работают генераторы на электростанциях, трансформаторы и многие другие устройства.

В 1833–1834 годах Фарадей провел серию экспериментов в области электрохимии и сформулировал законы электролиза (законы Фарадея), которые сыграли ключевую роль в развитии теории дискретных носителей электрического заряда. В 1825 году он открыл бензол — важное соединение в химии. В 1845 году ученый обнаружил явление, позднее названное эффектом Фарадея: он показал связь между светом и электромагнетизмом (вращение плоскости поляризации света в магнитном поле). Именно Фарадей ввел в научный обиход ряд терминов: «ион», «катод», «анод», «электролит», «диэлектрик». Он также предсказал существование электромагнитных волн.

Фарадей активно занимался популяризацией науки. С 1826 года он регулярно читал публичные лекции, в том числе знаменитые рождественские. Одна из них — «История свечи» — была издана отдельной книгой и стала одним из первых популярных научных изданий.

Фарадей был глубоко верующим христианином и не изменил своим убеждениям даже после публикации теории Дарвина.

Он отличался скромностью: отказался от предложения стать президентом Королевского общества, не принял рыцарское звание (по религиозным соображениям) и отклонил просьбу британского правительства помочь в разработке оружия во время Крымской войны (по этическим мотивам).

За преданность экспериментальной работе коллеги прозвали его королем экспериментов.

Существует версия, что ухудшение здоровья в поздние годы было связано с отравлением парами ртути, которая часто использовалась в его опытах.

В 1840 году Фарадей тяжело заболел Он жаловался на резкий упадок сил, головокружения и ухудшение памяти. Болезнь периодически обострялась, вынуждая ученого надолго прерывать активную работу. В 1858 году он ушел в отставку с большинства постов и поселился в Хэмптон-Корте, где провел последние девять лет жизни. Майкл Фарадей умер 25 августа 1867 года за письменным столом, немного не дожив до 76-летия. Похоронен рядом с женой на Хайгейтском кладбище в Лондоне. Он хотел, чтобы похороны были скромными, поэтому на них присутствовали только родственники.

В честь ученого названа единица измерения электрической емкости (фарад), закон электролиза, эффект в оптике, а также медаль и премия Британского королевского общества.

Информацию собрала ответственный редактор
Екатерина Осянина

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ваккер М. А.
Синтез адаптивной системы управления и энергетический анализ приводов стационарного реабилитационного вертикализатора на основе математического моделирования 1

Kakageldiyev M., Rejepov A.
Blockchain technology as a scientific foundation for data integrity in distributed information systems 5

Климовец Т. В.
Частные гипотезы адаптивного фреймворка предиктивной аналитики в управлении товарными запасами: обоснование и эмпирическая проверка 7

Полижаров Л. Л.
Прогнозирование времени выполнения запросов и проверяемые рекомендации по оптимизации в MS SQL Server 9

Сатаралиева З. С., Сайдиллаева А. А.
Лёгкая свёрточная нейронная сеть для обнаружения малярийных паразитов на изображениях клеток крови 11

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Иванов Д. Ю.
Анализ концепции воздушного старта ракеты-носителя 14

Коратаев И. С.
Универсальный сплав твердосплавных сменных пластин для обработки всех типов металла 18

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Арутюнян Я. А.
Инновационные технологии бетонирования в современном строительстве 22

Арутюнян Я. А.
Технологии струйной цементации грунтов в современном фундаментостроении 26

Булгаков С. А.
Ремонт кровли ЦВК «Экспоцентр» с применением полимочевины Wotan®: опыт ООО «Полисфера».....29

Варзегова А. А., Варзегов Р. В., Рожков А. В., Рожкова Е. А.
Проектирование вентиляции горячего цеха с учетом тепловыделений технологического оборудования.....33

Шилова А. П.
Современные технологии замены междуэтажных перекрытий при реконструкции зданий исторической застройки 35

МЕДИЦИНА

Бердыева Л. Я.
Гигиена как основа профилактической медицины: историческое развитие и современные подходы.....38

Дорохова П. Ю.
Дисбаланс кортизола при хроническом стрессе 39

Рыжова К. Д., Царегородцева С. С.
Оценка содержания медиаторов иммунного ответа у пациентов с неспецифическими осложнениями сальмонеллезной инфекции.....41

Ярославцева С. С.
Многоузловой зоб как случайная диагностическая находка при ультразвуковом исследовании щитовидной железы у женщины 74 лет 46

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ

Воронов Н. А.
Потенциал хороводов как инновационного инструмента для оздоровления и сплочения студентов в рамках занятий по физической культуре в вузе 50

Кузнецова Д. Е.
Регулярные занятия физической культурой в вузе как ресурс психоэмоционального благополучия студентов.....52
Лебедева Е. Р.
Дистанционные формы физкультуры: плюсы и минусы онлайн-тренировок 54
Лопатина К. Е.
Дыхательные практики как средство оптимизации умственной работоспособности студентов в период экзаменационной сессии ...56
Молчанов М. Ю., Воробей Н. В., Скрипник С. А., Хохлов Д. О., Никулин В. В., Назыров Е. А.
Влияние стандартизации и унификации на развитие бильярда 58
Чапаев С. Е., Мелихова Д. Р.
Особенности методики лечебной физической культуры при спастических формах детского церебрального паралича.....60

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Синтез адаптивной системы управления и энергетический анализ приводов стационарного реабилитационного вертикализатора на основе математического моделирования

Ваккер Марк Александрович, студент
Научный руководитель: Терегулов Тагир Рафаэлевич, кандидат технических наук, доцент;
Научный руководитель: Пашали Диана Юрьевна, кандидат технических наук, доцент
Уфимский университет науки и технологий

В статье рассматривается разработка имитационной модели стационарного реабилитационного вертикализатора в программной среде MATLAB/Simulink, с целью дальнейшего ее использования для реабилитации участников СВО. Вместо стандартных ПИД-регуляторов предлагается использовать адаптивный контур управления с элементами нечеткой логики для электропривода исполнительного механизма. Выполняются расчеты изменения моментов, потребляемой мощности и динамических нагрузок с учетом массы пациента, а также оценивается потенциал рекуперации энергии.

Ключевые слова: *стационарный реабилитационный вертикализатор, MATLAB/Simulink, Simscape Multibody, адаптивное управление, имитационное моделирование, привод вертикализации.*

1. Введение и постановка задачи

В современной медицинской технике и реабилитации особое внимание уделяется устройствам для восстановления двигательной активности маломобильных пациентов. Среди них ключевое место занимают стационарные реабилитационные вертикализаторы, предназначенные для безопасного перевода человека из горизонтального положения в вертикальное, которые также активно используются для реабилитации участников Специальной военной операции, активации естественного кровообращения и предотвращения застойных явлений [1, 2].

Конструкция аппарата включает опорную раму, систему фиксирующих элементов и электропривод перемещения ложемента. Критически важным требованием является обеспечение плавности хода: рывки при подъеме способны спровоцировать ортостатическую гипотензию у ослабленного пациента. В связи с этим к системе управления предъявляются повышенные требования по точности позиционирования и мягкости переходных процессов.

В классических исследованиях применяются линейные ПИД-регуляторы [3, 4], которые демонстрируют снижение эффективности при изменении массы пациента m_H и вариации плеча нагрузки [6], что сопровождается возникновением колебательных переходных процессов.

Цель работы: разработка усовершенствованной математической и имитационной модели вертикализатора с адаптивным контуром управления и исследовании энергетических параметров электроприводов и ее дальнейшего использования для участников СВО.

2. Конструктивная схема и математическая модель вертикализатора

В процессе подъема пациента угол наклона опорной платформы φ меняется в диапазоне от 0° до 90°. Электропривод (линейный актуатор или винтовая пара) преодолевает гравитационный момент, силы трения и инерционные сопротивления.

Динамика поворота платформы описывается дифференциальным уравнением [4, 6]:

$J \times \varphi = M_{прив}(\varphi) - M_{гр}(\varphi) - M_{тр}$

где:

— J — момент инерции подвижных частей рамы и тела пациента [1];
— φ — угловое ускорение платформы;
— $M_{\text{прив}}(\varphi)$ — крутящий момент, создаваемый электроприводом;
— $M_{\text{гр}}(\varphi)$ — гравитационный момент сопротивления, зависящий от массы пациента m_H иположения центра масс [2];
— $M_{\text{тр}}$ — момент сил трения в шарнирных узлах [5].
Усилие на штоке линейного привода определяется выражением [3, 5]:

$$F = (m_{рама} + m_H) \times (\frac{d(K_p \times e_h + K_d \times \frac{de_h}{dt} + K_i \times \int e_h \times dt) \times P}{dt})$$

где:
— P — шаг винтовой пары [5];
— $e_h = h^* - h$ — ошибка позиционирования по высоте [2].

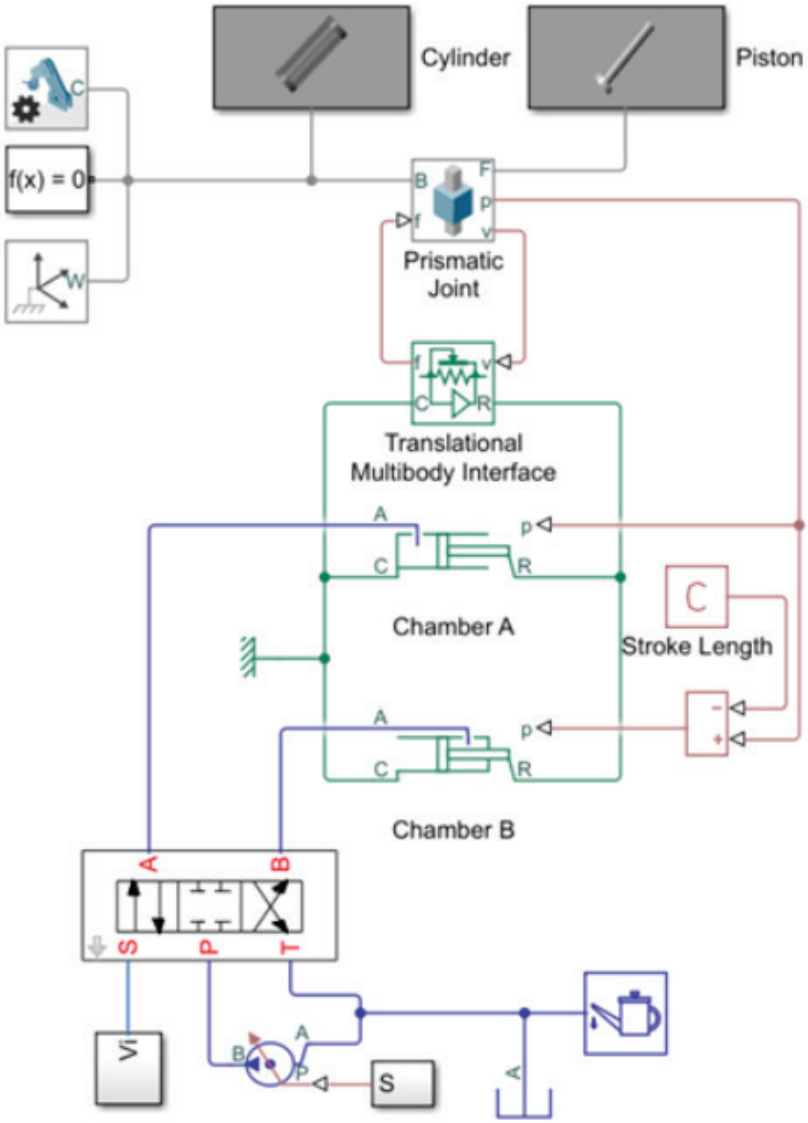


Рис. 1. **Блок-схема из Simulink**

Интеграция нечеткого регулятора (Fuzzy Logic Supervisory)

Для минимизации просадок и задержек в контур обратной связи внедряется блок нечеткой логики (Fuzzy Inference System) [3]. Данный блок в реальном времени корректирует коэффициенты K_p, K_i, K_d в зависимости от текущего угла наклона φ и скорости изменения нагрузки $\frac{dF}{dt}$. Указанное техническое решение снижает пиковые нагрузки на редуктор привода винтовой пары на 14–18 % по сравнению с классическим ПИД-регулированием [3].

3. Анализ результатов имитационного моделирования динамических нагрузок

В рамках имитационного эксперимента в среде MATLAB/Simulink (Simscape Multibody) реализуется моделирование подъема пациента за интервал времени 60 с.

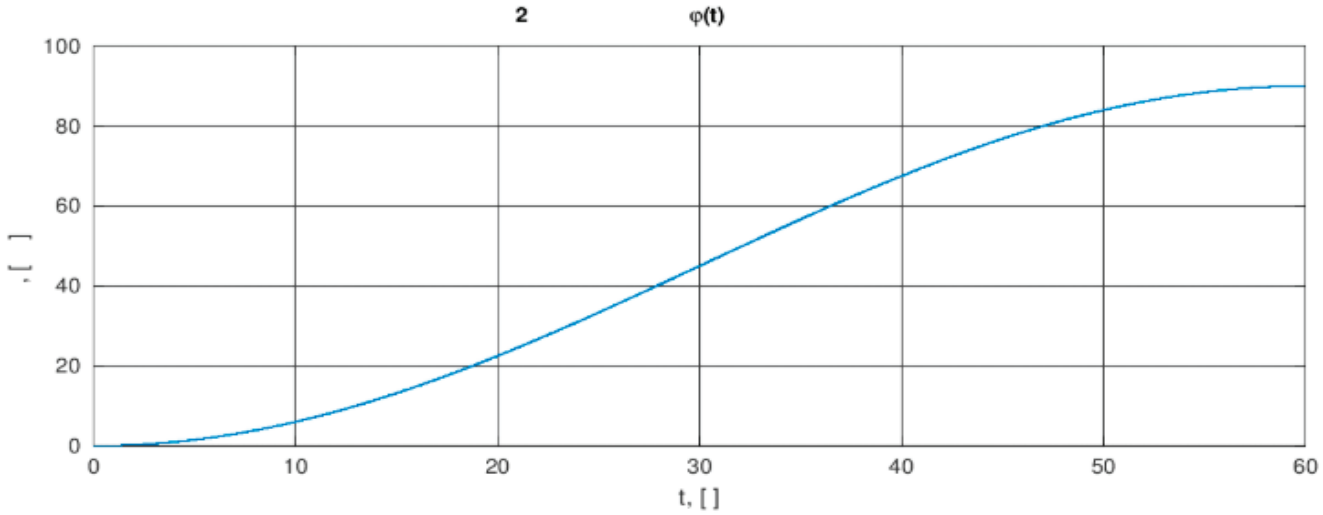


Рис. 2. **График изменения угла наклона ложемента вертикализатора φ(t) в процессе ортостатической тренировки**

На полученной кривой прослеживается плавный S-образный характер изменения угла без скачков ускорения, что исключает стрессовые нагрузки на сердечно-сосудистую систему пациента.

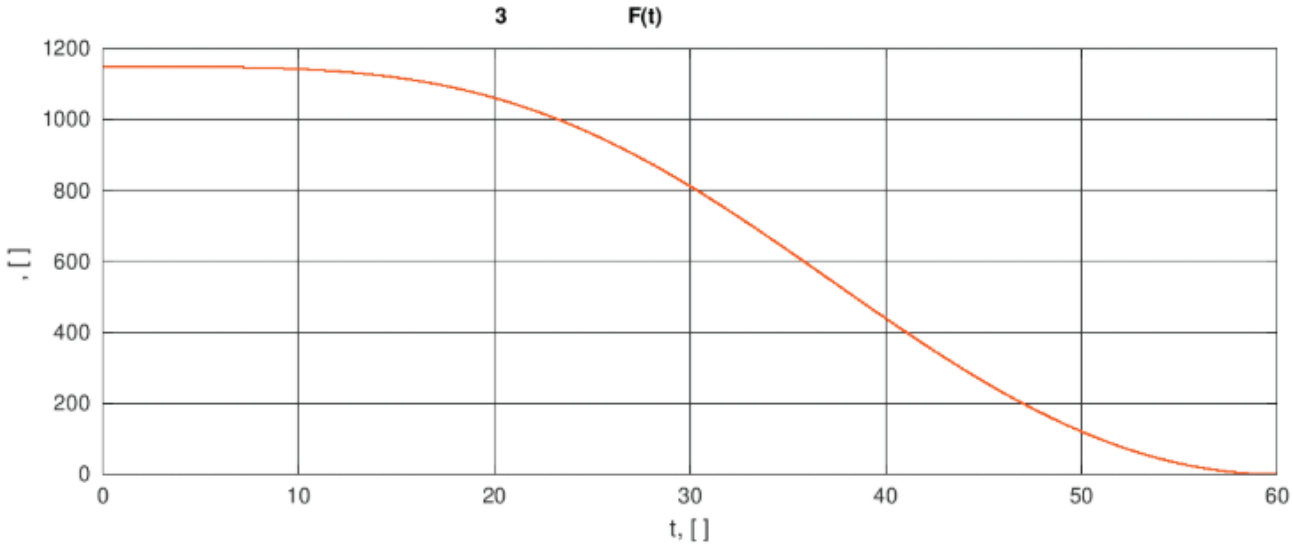


Рис. 3. **График изменения усилия F(t) на штоке привода во время подъема пациента**

Анализ распределения усилий (Рисунок 3) показывает, что максимальная нагрузка на электропривод достигается не в конечном вертикальном положении (*90°*), а в промежуточном интервале углов от 35° до, где плечо силы тяжести пациента относительно оси вращения принимает наибольшее значение. По мере дальнейшего приближения к вертикали плечо сокращается, что приводит к уменьшению требуемого усилия актуатора [2].

4. Энергетический анализ и оценка энергоэффективности

Поскольку такие вертикализаторы часто ставят в палатах интенсивной терапии и запитывают от аккумуляторов, важно понимать, сколько энергии они тратят.

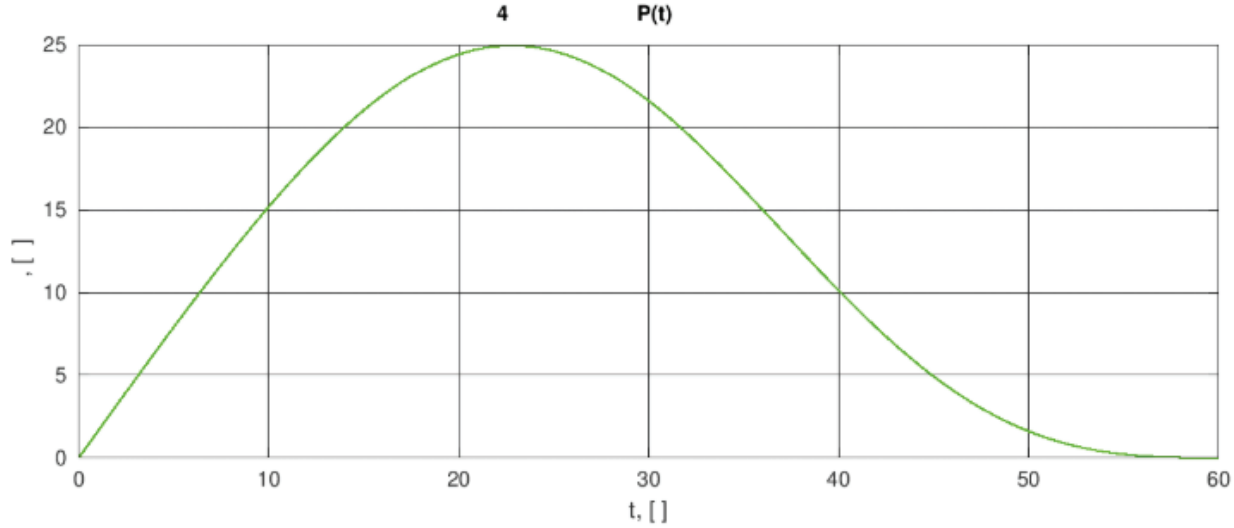


Рис. 4. **График изменения потребляемой электрической мощности привода**

Когда система опускает пациента обратно, актуатор работает под действием гравитации. Если задействовать режим рекуперативного торможения, часть энергии можно возвращать обратно в накопитель питания, повышая общую энергоэффективность автономного комплекса (примерно 10–12 %).

Заключение

В статье рассматривается модель стационарного реабилитационного вертикализатора в среде MATLAB/Simulink. Интеграция стандартных механических узлов с нечетким регулятором позволяет сгладить переходные процессы и снизить нагрузку на привод в наиболее критических режимах работы. Полученные математические расчеты и графические зависимости могут служить основой для проектирования и разработки реальных образцов медицинских тренажеров, а также использоваться для реабилитации участниками СВО.

Литература:

1. Щербакова М. П., Печурин А. С., Безмен П. А. Имитационное моделирование инвалидной коляски-вертикализатора // Сборник научных статей «Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении». — Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. — С. 303–309.
2. Мальчиков А. В., Щербакова М. П., Печурин А. С., Березина Л. В., Семенов Г. В. Математическое моделирование ИКВ в среде MATLAB // Материалы 10-й Международной молодежной научной конференции «Молодежь и XXI век». — Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. — Т. 4. — С. 174–177.
3. Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического управления. — СПб.: Профессия, 2003. — 752 с.
4. Лазарев Ю. Ф. MATLAB 6.5. Математическое моделирование физических процессов и технических систем: Учебный курс. — К.: Диалектика, 2004. — 474 с.
5. Яцун С. Ф., Серебровский В. В., Рукавицын А. Н. Применение мехатроники в технических системах: Учебное пособие. — Курск: Изд-во КГСХА, 2010. — 210 с.
6. Мартыненко Ю. Г. Управление движением мобильных колесных роботов // Фундаментальная и прикладная математика. — 2005. — № 8. — С. 29–80.
7. Максимов В. Н., Черноморский А. И. Система управления неголономным одноосным колесным модулем // Известия РАН. Теория и системы управления. — 2015. — № 3. — С. 156–167.

Blockchain technology as a scientific foundation for data integrity in distributed information systems

Kakageldiyev Muhammetgeldi, student;
Rejepov Aymyrat, student
Scientific advisor: Akmyradova Aylar, lecturer
Oguzhan Engineering and Technology University of Turkmenistan (Ashgabat, Turkmenistan)

The article examines the scientific fundamentals of blockchain as an innovative technology for ensuring data integrity in distributed information systems. Cryptographic hash functions, Merkle trees, digital signatures and consensus protocols are analysed as the core building blocks, and three families of consensus mechanisms are compared. Practical aspects of smart contracts and their known vulnerabilities are discussed. It is concluded that blockchain is most effective as a trust layer that stores verifiable fingerprints of data rather than the data itself.

Keywords: *blockchain, hash function, Merkle tree, consensus, smart contract, data integrity.*

Introduction

Modern information systems store and exchange enormous volumes of data, and the integrity of this data is a precondition for the reliability of electronic services, financial systems and public administration. Traditional architectures rely on a central server or a trusted third party, which becomes a single point of failure and a single target for attack. Blockchain was proposed as a way to remove this dependence: a peer-to-peer network maintains a shared, append-only record without a trusted intermediary [1, p. 1]. The aim of this article is to describe the scientific principles on which this technology is built and to assess the conditions under which it is justified in practice.

Cryptographic foundations

The first principle is the use of cryptographic hash functions. A secure hash function maps data of arbitrary length to a fixed-length digest and must be resistant to preimage, second-preimage and collision attacks. The SHA-2 family, including SHA-256, is standardised in FIPS 180–4 [4]. In a blockchain every block header contains the hash of the previous header, so the blocks form a chain: modifying one block changes its hash and invalidates every subsequent block, which makes tampering evident and computationally expensive [1, p. 2].

The second principle is the Merkle tree, a binary tree in which every leaf is the hash of a data item and every internal node is the hash of its two children [3, pp. 369–378]. The root hash commits to all transactions of a block, and the membership of any single transaction can be proven with only a logarithmic number of hashes. This allows lightweight clients to verify data without downloading the whole block. The third principle is the digital signature: every transaction is signed with the private key of its owner and verified with the corresponding public key, which provides authentication and non-repudiation.

Consensus mechanisms

In a decentralised network no node is trusted, so participants must agree on a single version of the ledger even if some of them fail or behave maliciously. This is the Byzantine Generals Problem, formulated by Lamport, Shostak and Pease; they showed that with oral messages agreement is possible only if fewer than one third of the participants are faulty [2, pp. 382–401]. Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT) offers a deterministic protocol that tolerates up to f faulty nodes among $3f + 1$ replicas, but its communication overhead grows quickly with the number of nodes [5, pp. 173–186].

Proof of Work, used in the original Bitcoin design, replaces voting by identities with voting by computing power: the valid chain is the one with the greatest cumulative work, and the system is secure while honest nodes control the majority of the computing power [1, pp. 2–3]. Proof of Stake replaces computational effort with economic stake and significantly reduces energy consumption. The main characteristics of the three families are summarised in Table 1.

Smart contracts and their security

Ethereum extended the concept of blockchain from a ledger of payments to a general-purpose distributed computer: smart contracts are programs stored on the blockchain whose execution is replicated and verified by all nodes [6]. This makes it possible to automate agreements, access control and document verification without a central operator. However, the immutability of deployed code means that programming errors cannot be easily corrected. Atzei, Bartoletti and Cimoli classified typical vulnerabilities of Ethereum contracts, including reentrancy, which was exploited in the 2016 attack on The DAO, as well as unchecked external calls and dependence on block parameters [7, pp. 164–186]. Therefore formal testing, code audits and the use of well-reviewed libraries are mandatory parts of the development process.

Practical model of integrity verification

The principles above can be combined into a simple and reproducible workflow for verifying documents, for example student diplomas or electronic reports. At the registration stage the issuer computes the SHA-256 digest of a file and signs it

Table 1. **Comparison of consensus mechanism families (qualitative)**

Feature	Proof of Work	Proof of Stake	PBFT
Fault assumption	Honest majority of computing power	Honest majority of stake	Fewer than n/3 faulty nodes
Energy consumption	High	Low	Low
Finality	Probabilistic	Probabilistic / economic	Deterministic
Scalability in number of nodes	High	High	Limited by message overhead

with a private key. A smart contract then stores the digest, the identifier of the issuer and the time of registration. Only these few dozen bytes are written to the blockchain, while the file itself remains in ordinary storage. When a batch of documents is registered at once, their digests can be combined into a Merkle tree and only the root is recorded, which reduces transaction costs and keeps the amount of on-chain data constant.

At the verification stage the examiner recomputes the digest of the presented file, queries the contract and compares the two values. If they are equal and the signature of the issuer is valid, the file is authentic and unchanged since the moment of registration; if even one bit of the file has been modified, the digests differ completely because of the avalanche property of hash functions. The cost of verification is practically independent of the file size, and no communication with the issuer is required. The main limitation of this model is that it proves integrity and time of existence, but not the truthfulness of the content, which still depends on the honesty of the issuer.

Discussion

A review of the main challenges of blockchain identifies limited scalability, privacy concerns, energy consumption of some protocols and attacks such as selfish mining [8, pp. 352–375]. In addition, the immutability of the ledger conflicts with the right to erasure of personal data established in modern data protection laws. For these reasons, storing large or confidential data directly on-chain is rarely justified. A widely used architectural solution is to keep the data in a conventional database or file storage and to record only its hash, a timestamp and the signature of the author in the blockchain. Anyone can later recompute the hash of a document and compare it with the recorded value; a mismatch proves that the document was altered. This approach is applicable to the verification of diplomas and certificates, medical records, supply-chain events and software releases, and it preserves the main advantage of the technology, namely verifiable integrity without a trusted intermediary.

Conclusion

Blockchain is not a single invention but a combination of well-studied scientific ideas: cryptographic hashing, Merkle trees, digital signatures and Byzantine fault-tolerant consensus. Their combination makes it possible to create information systems in which data integrity can be verified by any participant. The choice of the consensus mechanism and of the data architecture must be based on the requirements of a particular system: the number of participants, the required finality, the available resources and the legal restrictions. Further research should focus on scalability, energy-efficient consensus and the formal verification of smart contracts.

References:

1. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. 2008. 9 p.
2. Lamport L., Shostak R., Pease M. The Byzantine Generals Problem // ACM Transactions on Programming Languages and Systems. 1982. Vol. 4, No. 3. P. 382–401.
3. Merkle R. C. A Digital Signature Based on a Conventional Encryption Function // Advances in Cryptology — CRYPTO ’87. Berlin: Springer, 1988. P. 369–378.
4. NIST. FIPS PUB 180–4: Secure Hash Standard (SHS). Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2015. 36 p.
5. Castro M., Liskov B. Practical Byzantine Fault Tolerance // Proceedings of the 3rd Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI ’99). New Orleans, 1999. P. 173–186.
6. Buterin V. Ethereum: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform. 2014. White paper.
7. Atzei N., Bartoletti M., Cimoli T. A Survey of Attacks on Ethereum Smart Contracts (SoK) // Principles of Security and Trust (POST 2017). Berlin: Springer, 2017. P. 164–186.
8. Zheng Z., Xie S., Dai H.-N., Chen X., Wang H. Blockchain Challenges and Opportunities: A Survey // International Journal of Web and Grid Services. 2018. Vol. 14, No. 4. P. 352–375.

Частные гипотезы адаптивного фреймворка предиктивной аналитики в управлении товарными запасами: обоснование и эмпирическая проверка

Климовец Татьяна Васильевна, студент магистратуры
Тольяттинский государственный университет (Самарская область)

В статье обосновываются три частные гипотезы, лежащие в основе адаптивного фреймворка выбора моделей предиктивной аналитики для управления товарными запасами. Первая гипотеза утверждает, что различные сегменты ABC/XYZ требуют принципиально разных моделей прогнозирования. Вторая гипотеза предполагает, что трёхуровневый отбор моделей (валидация — многокритериальная оценка — бизнес-компромисс) повышает качество выбора по сравнению с выбором только по точности. Третья гипотеза постулирует, что мета-правила адаптации обеспечивают устойчивость системы к дрейфу данных. На основе анализа современных исследований показано, что каждая из гипотез находит эмпирическое подтверждение и отражает ключевые тренды в области прогнозирования спроса и управления запасами.

Ключевые слова: *ABC/XYZ-сегментация, выбор модели прогнозирования, многокритериальная оценка, дрейф данных, адаптивные системы, управление запасами.*

Введение

Эффективность управления товарными запасами критически зависит от качества прогнозирования спроса. Однако эмпирические исследования неизменно демонстрируют, что не существует универсальной модели, превосходящей остальные на всех типах временных рядов и горизонтах прогнозирования. Это порождает фундаментальную проблему выбора: каким образом для каждого конкретного товара (SKU) выбрать модель, которая будет одновременно точной, устойчивой и практически применимой? Разрабатываемый адаптивный фреймворк отвечает на этот вызов через трёхуровневую архитектуру, опирающуюся на три частные гипотезы. Ниже представлено их теоретическое обоснование и эмпирическая аргументация.

Гипотеза 1. Различные сегменты ABC/XYZ требуют принципиально разных моделей прогнозирования

Логика данной гипотезы проистекает из неоднородности спроса на товары даже внутри одной организации. Товары категории A (высокая важность) с равномерным спросом (сегмент X) и товары категории C с редкими, прерывистыми продажами (сегмент Z) имеют принципиально разную статистическую природу. Следовательно, применение единой модели ко всему ассортименту заведомо неоптимально.

Эмпирические свидетельства подтверждают это положение. В исследовании Kunić et al. [5] на реальных данных сервисной компании по обслуживанию вилочных погрузчиков было показано, что ограничение моделирования только категориями AY/BY (высокая/средняя важность, сезонный или трендовый спрос) позволило снизить RMSE с величины более 22 до менее 3 по сравнению с моделированием всего ассортимента. Иными словами, сегментация выступила фильтром, радикально повышающим точность прогноза.

Аналогичный вывод сделан в работе Zizka и Kustka [7] — в рамках ABC/XYZ-классификации были идентифицированы группы товаров, для которых конкретный метод стабильно работал лучше других. В частности, метод Кростона (Croston) показывал наилучшие результаты для категорий Y или Z, в то время как линейная регрессия и скользящее среднее — для категории X. Авторы прямо заключают, что выбор метода прогнозирования «не может быть полностью универсальным — для каждого товара должна подбираться соответствующая модель с учётом типа временного ряда, оборачиваемости и важности в цепочке поставок».

Таким образом, гипотеза 1 не только подтверждается эмпирически, но и отражает консенсус в современной литературе: сегментация ABC/XYZ является необходимой предпосылкой для обоснованного выбора модели.

Гипотеза 2. Трёхуровневый отбор моделей повышает качество выбора по сравнению с выбором только по точности

Традиционный подход к выбору модели часто сводится к выбору кандидата с наименьшей ошибкой на валидационной выборке (например, по MAE или RMSE). Однако такой подход игнорирует другие аспекты, критически важные для практики — устойчивость модели к переобучению, скорость инференса, сложность и интерпретируемость. Гипотеза 2 утверждает, что последовательное применение трёх фильтров — статистической валидации, многокритериальной оценки и бизнес-компромисса — позволяет отобрать модель, которая будет не только «точной на бумаге», а надёжной в эксплуатации.

Современные исследования подтверждают ограниченность одно-метрического выбора. González и Parada [4] отмечают, что «разные метрики ошибок могут приводить к конфликтующим ранжированиям моделей, поскольку они отражают различные аспекты прогнозной эффективности». В ответ на это они предлагают Adaptive Hybrid Selector (AHS), который комбинирует несколько метрик (RMSSE, MAE, sMAPE, BIAS) и учитывает структуру спроса (частоту и вариабельность). Эмпирическая оценка на датасетах Walmart, M3, M4 и M5 пока-

зала, что AHS обеспечивает «наиболее устойчивое общее поведение» по сравнению с селекторами, основанными на одной метрике.

В работе, посвящённой многокритериальному выбору с использованием фронта Парето (Nixtla, [6]), прямо указывается: если оптимизировать только одну метрику (например, MAE), решение тривиально — выбрать наименьшее значение, однако «относительная ошибка (MAPE, sMAPE)» и другие показатели могут дать иную картину, и учёт нескольких критериев позволяет принять более сбалансированное решение. Аналогично, в исследовании на Frontiers [6] подчёркивается необходимость «многоцелевой оценки» точности, объяснительной силы и сложности модели.

Следовательно, трёхуровневый отбор, реализующий переход от «жёсткой» фильтрации по одному критерию к многокритериальному компромиссу, соответствует передовым практикам и позволяет избежать выбора модели, которая, будучи точной на исторических данных, окажется непригодной для реального использования из-за переобучения или вычислительной дороговизны.

Гипотеза 3. Мета-правила адаптации обеспечивают устойчивость системы к дрейфу данных

Любая, даже самая совершенная на момент обучения модель, со временем деградирует — меняются предпочтения потребителей, условия поставок, макроэкономическая конъюнктура. Это явление известно как concept drift (дрейф концепции) [2]. Гипотеза 3 предполагает, что проактивное управление этим процессом через формализованные мета-правила (адаптация стратегий, ротация «чемпион/претендент», калибровка весов, кризисный режим) обеспечивает устойчивость системы управления запасами.

Эмпирические данные убедительно свидетельствуют в пользу такого подхода. Alam et al. [1] в работе, посвящённой фреймворку DriftGuard, констатируют: «текущая практика предполагает ручной мониторинг и полное переобучение модели каждые 3–6 месяцев, что приводит к 12–20 % избыточных затрат на запасы». Их решение, сочетающее ансамбль методов обнаружения (включая CUSUM) с диагностикой причин и целенаправленным переобучением, достигает 97,8 % полноты обнаружения дрейфа в течение 4,2 дней и обеспечивает возврат инвестиций за счёт адресного устранения последствий.

Схожие результаты получены в исследовании Dhavarath [3] — архитектура с автоматическим обнаружением дрейфа и конвейером переобучения позволила снизить ошибку прогнозирования на 34 % и общие затраты на запасы более чем на 30 % по сравнению с базовыми подходами (EOQ, (s, S), forecasting-only). Автор подчёркивает, что именно «автоматизированные конвейеры обнаружения и переобучения поддерживают непрерывную адаптацию».

С методологической точки зрения, ценность мета-правил состоит в том, что они переводят адаптацию из реактивного режима («обнаружили проблему — переобучили вручную») в проактивный и формализованный. Детекторы вроде Page-Hinkley (для резких сдвигов) и ADWIN (для постепенных изменений) являются признанными инструментами мониторинга. Но именно надстройка в виде мета-правил позволяет системе зафиксировать дрейф, а также выбрать адекватную стратегию реагирования — переобучить модель, заменить её альтернативной из пула или активировать консервативный кризисный режим. Тем самым гипотеза 3 связывает технические средства обнаружения дрейфа с управленческой логикой, обеспечивая устойчивость или robustness всей системы.

Заключение

Проведённый анализ показывает, что все три частные гипотезы находят теоретическое и эмпирическое обоснование в современной научной литературе. Сегментация ABC/XYZ доказала свою эффективность как фильтр, радикально повышающий точность прогноза для гетерогенного ассортимента. Многокритериальный отбор, учитывающий точность, стабильность, сложность и бизнес-ограничения, соответствует лучшим практикам автоматического выбора моделей. Наконец, формализованные мета-правила адаптации переводят управление дрейфом данных из ручного в автоматизированный режим, обеспечивая устойчивость системы в динамичной среде.

Совокупность этих гипотез формирует концептуальный каркас адаптивного фреймворка, практическая реализация которого позволяет перейти от статического, эмпирического выбора моделей к системному, воспроизводимому и самонастраивающемуся процессу управления товарными запасами.

Литература:

1. Alam, S., Rahman, M. A., & Sadeqa, B. DriftGuard: A Hierarchical Framework for Concept Drift Detection and Remediation in Supply Chain Forecasting // arXiv preprint arXiv:2601.08928. 2026. https://ar5iv.labs.arxiv.org/html/2601.08928#1
2. Concept Drift: Definition, Detection & Adaptive Safety Stock. Inferensys Glossary. 2025. https://inferensys.com/glossary/autonomous-supply-chain-intelligence/dynamic-safety-stock-calculation/concept-drift
3. Dhavarath, M. Reinventing Retail Supply Chains with Autonomous AI Demand Forecasting: From Predictive Models to Self-Optimizing Inventory Systems // Journal of Tianjin University Science and Technology. 2025. Vol. 58, No. 12. DOI: 10.5281/zenodo.18052519. https://zenodo.org/records/18052519#1
4. González, A., & Parada, V. Adaptive Automatic Model Selection for Demand Forecasting under Heterogeneous Demand Patterns // arXiv preprint arXiv:2602.13939. 2026. https://browse-export.arxiv.org/pdf/2602.13939#8#1

5. Kunić, Z., Dakić, V., Radovan, A., & Furko, F. Derived Feature Engineering and ABC–XYZ Segmentation for Machine Learning-Based Forecasting of Intermittent Spare Parts Demand // Applied Sciences. 2026. Vol. 16, No. 12. P. 5804. DOI: 10.3390/app16125804. https://www.mdpi.com/2076–3417/16/12/5804/pdf?_x_output_type_b6db407c4_=embedded_pdf#7#1
6. Multi-Objective Model Selection with Pareto Frontier. Nixtla Documentation. 2026. https://nixtlaverse.nixtla.io/utilsforecast/docs/tutorials/multi_objective_model_selection.html
7. Zizka, T., & Kustka, M. Methodology for inventory management with sporadic demand in the conditions of custom production of a small and medium-sized enterprise // Acta Logistica. 2026. Vol. 15. https://actalogistica.eu/issues/2026/I_2026_15_Zizka_Kustka.pdf#3#3

Прогнозирование времени выполнения запросов и проверяемые рекомендации по оптимизации в MS SQL Server

Полижаров Леонид Львович, студент магистратуры
Кубанский государственный университет (г. Краснодар)

В статье рассматривается прогнозирование времени выполнения запроса по оценочному плану и формирование рекомендаций по оптимизации, эффект которых проверяется фактическим выполнением. Показано, что модель случайного леса по признакам плана прогнозирует время точнее оценки стоимости оптимизатора. Предложено резервное правило построения индексов для тривиальных планов. На демонстрационной базе данных применение рекомендаций сократило время рабочей нагрузки в два раза.

Ключевые слова: *MS SQL Server, план выполнения, прогнозирование времени выполнения, случайный лес, недостающие индексы, подсказки Query Store*

Оптимизатор MS SQL Server выбирает план с наименьшей оценочной стоимостью, которая выражается в условных единицах и зависит от оценок числа строк [1]. Исследования обучаемых моделей стоимости показали, что признаки плана содержат больше информации о фактической производительности, чем скалярная оценка оптимизатора [2, 3]. Вторая практическая задача — превращение диагноза в действие. Встроенные предложения недостающих индексов основаны на оценках, не проверяются выполнением и не формируются для тривиальных планов [4], а рекомендации индексов необходимо проверять по фактическому выполнению [5, 6]. В SQL Server 2022 появились подсказки Query Store, назначающие запросу подсказку без изменения кода приложения [7].

Эксперимент проведён на демонстрационной базе данных интернет-магазина объёмом 8,1 млн строк (SQL Server 2022, уровень совместимости 140). Данные сгенерированы с неравномерными распределениями: один покупатель сделал 25 837 заказов при среднем 7,7, на один город приходится 12,9 % покупателей. На таких данных план, оптимальный для одного значения параметра, неэффективен для другого. Нагрузка из 36 шаблонов запросов выполнена в две фазы по 816 запусков с одинаковыми параметрами: в исходном состоянии и после применения рекомендаций.

Для прогнозирования используется логарифм времени выполнения $\tau = \log_{10}(t + 1)$ и 40 признаков оценочного плана, доступного до выполнения запроса: логарифм стоимости, число операторов каждого типа, мощность сканируемых таблиц, оценочная селективность, предложения индексов, желаемый объём памяти. Базовой моделью служит линейная регрессия по логарифму стоимости оптимизатора; с ней сравнивался случайный лес [8] из библиотеки scikit-learn [9]. Проверка выполнялась с исключением шаблона запроса, то есть на запросах, которых не было в обучении (рисунок 1).

Случайный лес объясняет 77 % дисперсии логарифма времени (R^2 = 0,77) против 62 % у оценки стоимости, а 90-й процентиль кратной ошибки прогноза снижается с 9,3 до 3,3. На рисунке 1, а видны горизонтальные «полосы»: запросы с одинаковой оценочной стоимостью выполняются за время, различающееся на два порядка. Модель позволяет ещё до выполнения ранжировать запросы и в первую очередь анализировать самые тяжёлые.

Рекомендации формируются правилами, которые для каждого класса проблемы извлекают из плана таблицу, столбцы, предикат или параметр. Предложения индексов сводятся по всем проблемным запускам, что устраняет их дублирование. Для тривиальных планов предложено **резервное правило**: если в плане нет предложения индекса, но есть сканирование таблицы не менее чем из 10^5 строк с предикатом, индекс строится по самому предикату (столбцы равенств — начало ключа, неравенств — продолжение, выходные столбцы — INCLUDE). Процедурам, чувствительным к параметру, назначается подсказка Query Store OPTION(RECOMPILE) без изменения их кода. После применения рекомендации запрос повторяется с теми же параметрами, и изменение сохраняется, только если ускорение составляет не менее 1,5 раза и 5 мс; иначе индекс удаляется или подсказка снимается. Результаты приведены в таблице 1.

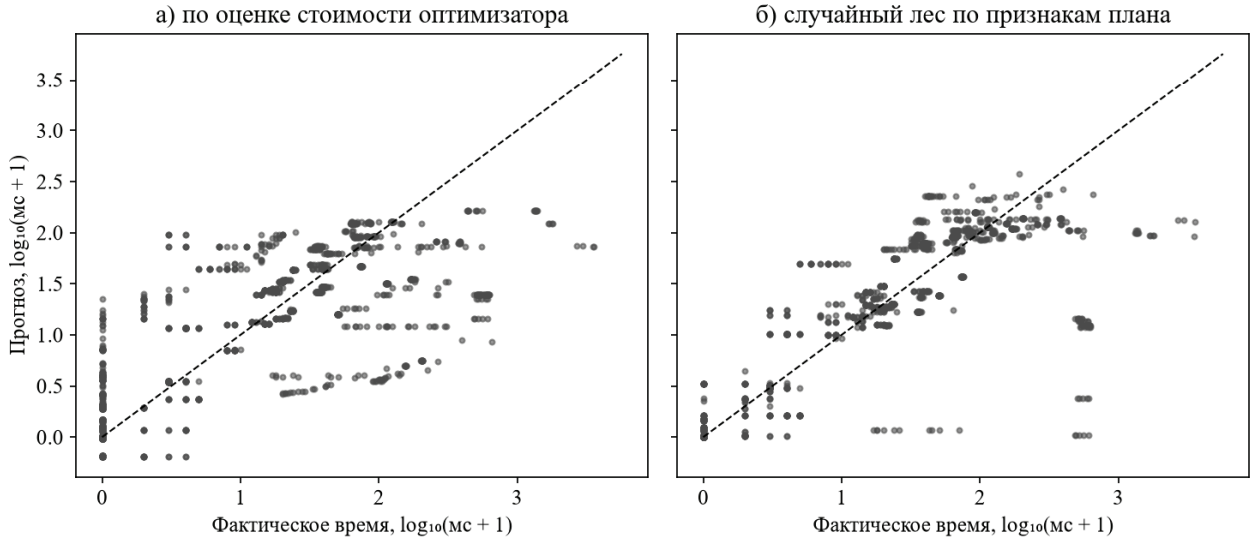


Рис. 1. **Прогноз времени выполнения: а) по оценке стоимости оптимизатора; б) моделью случайного леса**

Таблица 1. **Суммарное время рабочей нагрузки до и после оптимизации**

Класс проблемы	До, с	После, с	Ускорение, раз
Нормальные запросы	1,18	1,17	1,0
Нет индекса	4,66	0,11	42,0
Несаргабельный предикат	10,19	0,38	26,5
Ошибка оценки кардинальности	10,81	6,53	1,65
Parameter sniffing	48,51	29,48	1,65
Итого	75,35	37,67	2,0

Суммарное время нагрузки сократилось в 2,0 раза, время нормальных запросов не изменилось. Два из восьми созданных индексов построены резервным правилом: их запросы имели тривиальный план, и оптимизатор предложений не сформировал, хотя сканировал таблицы из 302 и 240 тыс. строк. Подсказка Query Store ускорила самую тяжёлую процедуру в 3,8 раза без изменения её кода. При применении рекомендаций только по классам, предсказанным моделью на новых запросах, реализуется 54 % возможного выигрыша, а ложные срабатывания отменяются этапом проверки.

Таким образом, признаки оценочного плана позволяют прогнозировать время выполнения точнее оценки стоимости оптимизатора, а правила рекомендаций с обязательной проверкой эффекта используют только штатные средства MS SQL Server и восполняют отсутствие предложений оптимизатора для тривиальных планов.

Литература:

1. Руководство по архитектуре обработки запросов // Microsoft Learn: [сайт]. — Redmond: Microsoft, 2025. — URL: https://learn.microsoft.com/ru-ru/sql/relational-databases/query-processing-architecture-guide (дата обращения: 19.10.2026).
2. Marcus, R. Plan-structured deep neural network models for query performance prediction / R. Marcus, O. Papaemmanouil // Proceedings of the VLDB Endowment. — 2019. — Vol. 12, № 11. — P. 1733–1746. — DOI 10.14778/3342263.3342646.
3. Cost models for big data query processing: learning, retrofitting, and our findings / T. Siddiqui, A. Jindal, S. Qiao [et al.] // Proceedings of the 2020 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. — New York: ACM, 2020. — P. 99–113. — DOI 10.1145/3318464.3380584.
4. Настройка некластеризованных индексов с помощью предложений об отсутствующих индексах // Microsoft Learn: [сайт]. — Redmond: Microsoft, 2025. — URL: https://learn.microsoft.com/ru-ru/sql/relational-databases/indexes/tune-nonclustered-missing-index-suggestions (дата обращения: 19.10.2026).
5. AI meets AI: leveraging query executions to improve index recommendations / B. Ding, S. Das, R. Marcus [et al.] // Proceedings of the 2019 International Conference on Management of Data. — New York: ACM, 2019. — P. 1241–1258. — DOI 10.1145/3299869.3324957.

6. Automatically indexing millions of databases in Microsoft Azure SQL Database / S. Das, M. Grbic, I. Ilic [et al.] // Proceedings of the 2019 International Conference on Management of Data. — New York: ACM, 2019. — P. 666–679. — DOI 10.1145/3299869.3314035.
7. Подсказки хранилища запросов // Microsoft Learn: [сайт]. — Redmond: Microsoft, 2025. — URL: https://learn.microsoft.com/ru-ru/sql/relational-databases/performance/query-store-hints (дата обращения: 19.10.2026).
8. Breiman, L. Random forests / L. Breiman // Machine Learning. — 2001. — Vol. 45, № 1. — P. 5–32. — DOI 10.1023/A:1010933404324.
9. Scikit-learn: machine learning in Python / F. Pedregosa, G. Varoquaux, A. Gramfort [et al.] // Journal of Machine Learning Research. — 2011. — Vol. 12. — P. 2825–2830.

Лёгкая свёрточная нейронная сеть для обнаружения малярийных паразитов на изображениях клеток крови

Сатаралиева Зинаида Сатаралиевна, студент;
Сайдиллаева Айдана Асановна, студент
Кыргызско-Германский университет прикладной информатики (г. Бишкек, Кыргызстан)

Глубокие нейронные сети для анализа медицинских изображений, как правило, требуют графических ускорителей и большого объёма памяти, что ограничивает их применение в портативных устройствах диагностики в точке оказания медицинской помощи (Point-of-Care). В работе предложена лёгкая свёрточная нейронная сеть ALDI-CNN для классификации изображений клеток крови при диагностике малярии. По сравнению с базовой моделью Base-CNN в архитектуру добавлены пакетная нормализация, dropout-регуляризация, третий свёрточный блок и аугментация данных. Модели реализованы в MATLAB R2023b и обучены на открытом наборе NIH Malaria Dataset. На тестовой выборке ALDI-CNN достигла точности 96,20 % против 94,78 % у Base-CNN; чувствительность выросла с 92,84 % до 95,07 %, специфичность — с 96,71 % до 97,34 %. В сравнении с AlexNet, SqueezeNet, ResNet18 и MobileNetV2, обученными с нуля на тех же данных, ALDI-CNN уступает по чувствительности, но показывает наибольшие специфичность и Precision при времени обучения в 8–107 раз меньшем. Результаты показывают, что компактная CNN с малым входным разрешением может служить основой портативных систем скрининга малярии.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, медицинская визуализация, диагностика малярии, свёрточные нейронные сети, ALDI-CNN, Point-of-Care.*

1. Введение

Методы глубокого обучения позволили достичь экспертного уровня в ряде задач анализа медицинских изображений [1]. Вместе с тем более 50 % населения мира не имеет доступа к базовым медицинским услугам [2], а типичные требования диагностических систем искусственного интеллекта — графические ускорители, стабильный интернет и большой объём памяти — в условиях ограниченных ресурсов трудновыполнимы. Поэтому актуальна разработка компактных моделей для портативных устройств диагностики в точке оказания медицинской помощи (Point-of-Care), в том числе на основе микроконтроллеров класса ARM Cortex-M4.

Для снижения вычислительной сложности предложены компактные архитектуры MobileNet [3] и MobileNetV2 [4], а также MCUNet [5], ориентированная на микроконтроллеры. Однако они разрабатывались для общих задач классификации изображений и не учитывают клинически значимые метрики — чувствительность и специфичность. Автоматическая диагностика малярии по изображениям клеток крови хорошо изучена [6, 7], но большинство моделей для этой задачи имеют значительное число параметров, что затрудняет их применение в портативных устройствах.

Цель работы — разработка и экспериментальная проверка лёгкой свёрточной нейронной сети ALDI-CNN для обнаружения малярийных паразитов на изображениях клеток крови, а также её сравнение с базовой моделью Base-CNN и известными архитектурами AlexNet [8], SqueezeNet [9], ResNet18 [10] и MobileNetV2 [4].

2. Материалы и методы

Набор данных. Использован открытый набор NIH Malaria Dataset [6], содержащий 27 558 изображений клеток крови из тонких мазков, окрашенных по Гимзе: по 13 779 изображений в классах Parasitized (заражённые) и Uninfected (незара-

жённые). Изображения приведены к размеру 64×64×3: это снижает объём вычислений и памяти, при этом морфологические признаки паразита остаются различимыми. Данные стратифицированно разделены на обучающую (70 %, 19 290 изображений), валидационную (15 %, 4 134) и тестовую (15 %, 4 134) выборки. При обучении ALDI-CNN применялась аугментация «на лету»: поворот ±15°, горизонтальное и вертикальное отражение, сдвиг ±5 пикселей. Яркость не изменялась, так как интенсивность окраски является диагностически значимым признаком.

Модели. Базовая сеть Base-CNN включает два свёрточных блока (свёртка 3×3, ReLU, MaxPooling 2×2) с 16 и 32 фильтрами, полносвязный слой из 64 нейронов и выходной слой с классификатором Softmax. Предложенная ALDI-CNN (Adaptive Lightweight Diagnostic Intelligence CNN) получена целенаправленной модификацией Base-CNN: после каждого свёрточного слоя добавлена пакетная нормализация [11], стабилизирующая обучение; добавлен третий свёрточный блок с 64 фильтрами для выделения более сложных признаков; введён Dropout [12] с вероятностью 0,3 после третьего блока и 0,5 после полносвязного слоя для снижения переобучения. Послойная конфигурация моделей приведена в таблице 1.

Таблица 1. **Послойная конфигурация моделей Base-CNN и ALDI-CNN**

Блок / слои	Base-CNN: выход	Base-CNN: параметры	ALDI-CNN: выход	ALDI-CNN: параметры
Вход	64×64×3	–	64×64×3	–
Блок 1: Conv 3×3 (16) [+ BN] + ReLU + MaxPool 2×2	32×32×16	448	32×32×16	480
Блок 2: Conv 3×3 (32) [+ BN] + ReLU + MaxPool 2×2	16×16×32	4 640	16×16×32	4 704
Блок 3: Conv 3×3 (64) + BN + ReLU + Dropout (0,3)	–	–	16×16×64	18 624
FC 64 + ReLU [+ Dropout (0,5)]	64	524 352	64	1 048 640
FC 2 + Softmax	2	130	2	130
Итого обучаемых параметров		529 570		1 072 578

Обучение и оценка. Модели реализованы в MATLAB R2023b (Deep Learning Toolbox) и обучались на процессоре Intel Core i7 без GPU с параметрами: оптимизатор Adam [13], скорость обучения 0,001, размер мини-пакета 32, 10 эпох, функция потерь — перекрёстная энтропия. Для сравнения AlexNet, SqueezeNet, ResNet18 и MobileNetV2 обучались с нуля (без предобученных весов) на тех же выборках со стандартными входными размерами 227×227 и 224×224 (Adam, скорость обучения 0,0001, мини-пакет 16, 5 эпох). Качество оценивалось на тестовой выборке по метрикам Accuracy, Precision, Recall (чувствительность), Specificity (специфичность) и F1-score; положительным считался класс Parasitized.

3. Результаты и обсуждение

Таблица 2. **Сравнение Base-CNN и ALDI-CNN по метрикам качества**

Модель	Accuracy, %	Precision, %	Recall, %	Specificity, %	F1-score, %	Время обучения, с
Base-CNN	94,78	96,58	92,84	96,71	94,67	1958
ALDI-CNN	96,20	97,28	95,07	97,34	96,16	3014

ALDI-CNN превосходит базовую модель по всем метрикам качества (таблица 2). Наиболее важен рост чувствительности с 92,84 % до 95,07 %: число пропущенных заражённых клеток на тестовой выборке уменьшилось со 148 до 102, то есть примерно на 31 %, а число ложноположительных ответов — с 68 до 55. Время обучения увеличилось с 1958 до 3014 с, что допустимо, так как обучение выполняется однократно на компьютере. ALDI-CNN удовлетворяет целевым требованиям к модулю (чувствительность не менее 95 %, специфичность не менее 90 %), тогда как Base-CNN не достигает требуемой чувствительности. Сравнение с известными архитектурами приведено в таблице 3.

Таблица 3. **Сравнение ALDI-CNN с существующими архитектурами**

Модель	Accuracy, %	Precision, %	Recall, %	Specificity, %	F1-score, %	Время обучения, с
ALDI-CNN	96,20	97,28	95,07	97,34	96,16	3 014
AlexNet	96,25	94,93	97,73	94,78	96,31	53 217
SqueezeNet	96,40	94,65	98,36	94,44	96,47	25 042
ResNet18	96,76	96,99	96,52	97,00	96,75	323 480
MobileNetV2	96,59	95,51	97,78	95,40	96,63	183 790

Все модели показали близкую точность (96,2–96,8 %). ALDI-CNN уступает остальным архитектурам по чувствительности (95,07 % против 96,52–98,36 %), но имеет наибольшие Precision (97,28 %) и специфичность (97,34 %) при наименьшем входном размере 64×64. Время обучения ALDI-CNN в 8–107 раз меньше, чем у сравниваемых моделей. Модель содержит около 1,07 млн параметров (≈1,07 МБ после квантования в INT8), что позволяет рассчитывать на её размещение во Flash-памяти микроконтроллера объёмом не менее 2 МБ.

4. Заключение

Предложена лёгкая свёрточная нейронная сеть ALDI-CNN для обнаружения малярийных паразитов на изображениях клеток крови. По сравнению с базовой моделью точность выросла с 94,78 % до 96,20 %, чувствительность — с 92,84 % до 95,07 %, специфичность — с 96,71 % до 97,34 %. По сравнению с AlexNet, SqueezeNet, ResNet18 и MobileNetV2 модель обеспечивает наибольшие специфичность и Precision при многократно меньших вычислительных затратах.

Ограничения работы: эксперимент выполнен на одном наборе данных, модель не проверялась на целевом микроконтроллере. Далее планируются тестирование модели на микроконтроллерных платформах и валидация на данных из полевых условий.

Литература:

1. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning // Nature. — 2015. — Vol. 521, № 7553. — P. 436–444. — DOI: 10.1038/nature14539.
2. World Health Organization. Primary health care on the road to universal health coverage: 2019 monitoring report. — Geneva: WHO, 2019.
3. Howard A. G., Zhu M., Chen B. et al. MobileNets: efficient convolutional neural networks for mobile vision applications // arXiv preprint. — 2017. — DOI: 10.48550/arXiv.1704.04861.
4. Sandler M., Howard A., Zhu M. et al. MobileNetV2: inverted residuals and linear bottlenecks // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). — 2018. — P. 4510–4520. — DOI: 10.1109/CVPR.2018.00474.
5. Lin J., Chen W.-M., Lin Y. et al. MCUNet: tiny deep learning on IoT devices // Advances in Neural Information Processing Systems. — 2020. — Vol. 33. — P. 11711–11722.
6. Rajaraman S., Antani S. K., Poostchi M. et al. Pre-trained convolutional neural networks as feature extractors toward improved malaria parasite detection in thin blood smear images // PeerJ. — 2018. — Vol. 6. — Art. e4568. — DOI: 10.7717/peerj.4568.
7. Poostchi M., Silamut K., Maude R. J., Jaeger S., Thoma G. Image analysis and machine learning for detecting malaria // Translational Research. — 2018. — Vol. 194. — P. 36–55. — DOI: 10.1016/j.trsl.2017.12.004.
8. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. E. ImageNet classification with deep convolutional neural networks // Advances in Neural Information Processing Systems. — 2012. — Vol. 25. — P. 1097–1105.
9. Iandola F. N., Han S., Moskewicz M. W. et al. SqueezeNet: AlexNet-level accuracy with 50x fewer parameters and <0.5MB model size // arXiv preprint. — 2016. — DOI: 10.48550/arXiv.1602.07360.
10. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep residual learning for image recognition // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). — 2016. — P. 770–778. — DOI: 10.1109/CVPR.2016.90.
11. Ioffe S., Szegedy C. Batch normalization: accelerating deep network training by reducing internal covariate shift // Proceedings of the 32nd International Conference on Machine Learning (ICML). — 2015. — Vol. 37. — P. 448–456.
12. Srivastava N., Hinton G., Krizhevsky A., Sutskever I., Salakhutdinov R. Dropout: a simple way to prevent neural networks from overfitting // Journal of Machine Learning Research. — 2014. — Vol. 15, № 1. — P. 1929–1958.
13. Kingma D. P., Ba J. Adam: a method for stochastic optimization // International Conference on Learning Representations (ICLR). — 2015. — DOI: 10.48550/arXiv.1412.6980.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Анализ концепции воздушного старта ракеты-носителя

Иванов Дмитрий Юрьевич, инженер
Первый Государственный испытательный космодром Министерства обороны Российской Федерации (г. Мирный, Архангельская область)

В данной статье проведен комплексный анализ возможности осуществления пуска ракеты-носителя (РН) с самолета-носителя, а также рассматриваются энергетические и эксплуатационные факторы, определяющие реализацию воздушного старта с определением преимуществ и недостатков концепции.

Ключевые слова: *ракета-носитель, воздушный старт, самолет-носитель, характеристическая скорость, энергомассовый анализ, двигательная установка, компоненты ракетного топлива, азимут пуска, наклонение орбиты.*

Актуальность анализа концепции воздушного старта РН обусловлена стремительным развитием ракетно-космической техники и тенденцией усовершенствования способов и средств доставки полезной нагрузки на заданную орбиту или траекторию.

В отличие от стационарных объектов инфраструктуры, обеспечивающих подготовку и пуск РН (космодромов), воздушный комплекс, в первую очередь, позволяет оперировать положением точки старта, расширить начальные баллистические данные и формировать траекторию выведения.

Несмотря на очевидные преимущества, реализация воздушного старта сопряжена с комплексом научно-технических проблем.

На рис. 1 представлены действующие космодромы РФ с указанием азимутов пуска, что позволяет визуально оценить зависимость траекторий выведения от географического положения стартовых площадок

Ограничение по выбору траектории полета РН обуславливается территориальным расположением площадок для пуска, что, в первую очередь, снижает вероятность падения отделяемых частей в населенных территориях и загруженных судами акваториях мирового океана.

Отталкиваясь от вышесказанного, нельзя окончательно утверждать о том, что воздушный старт обеспечивает пуск РН по произвольному азимуту, т. к. доступность конкретного наклонения орбиты по-прежнему определяется геометрическими параметрами активного участка

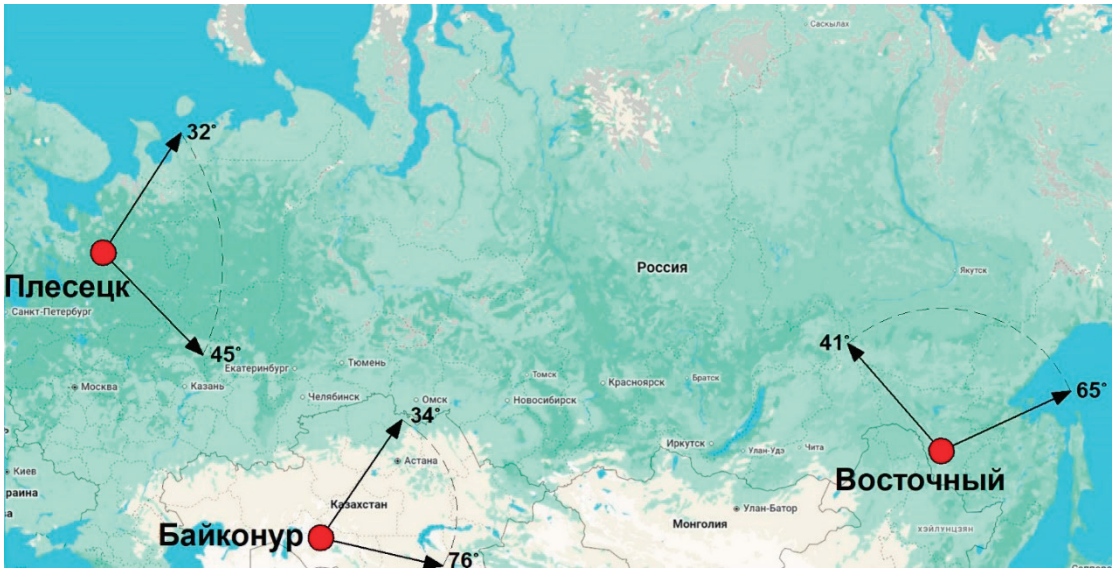


Рис. 1. **Азимуты пусков космодромов РФ**

траектории (АУТ), энергетическими характеристиками РН и требованиями к трассе полёта.

При рассмотрении энергоэффективности пуска ракеты следует отметить, что действующие космодромы РФ расположены в северном полушарии Земли на значительном удалении от экватора:

— Плесецк — 62,8° с.ш.

— Восточный — 51,8° с.ш.

— Байконур — 45,6° с.ш.

Исходя из чего, можно проанализировать уравнение для требуемой характеристической скорости РН [1]

$$\Delta V_{\text{тр}} \approx \Delta V + \Delta V_{\text{гр}} + \Delta V_{\text{аэр}} + \Delta V_{\text{упр}} - v_{\text{вр}}, \quad (1)$$

где:

ΔV — идеальная орбитальная скорость в точке выведения;

$\Delta V_{\text{гр}}$ — потери из-за действия силы тяжести во время полета;

$\Delta V_{\text{аэр}}$ — потери на аэродинамическое сопротивление;

$\Delta V_{\text{упр}}$ — составляющая потерь на изменение скорости и траектории;

$v_{\text{вр}}$ — продольная проекция скорости вращения Земли.

Последняя определяется по нижеприведенной формуле (2):

$$v_{\text{вр}} \approx 465{,}1 cos\varphi sinA, \quad (2)$$

где:

465,1 — принятый коэффициент, равный произведению угловой скорости вращения Земли на радиус Земли;

φ — географическая широта стартовой площадки;

A — азимут пуска, отсчитываемый от северного направления по часовой стрелке.

В соответствии с формулами (1) и (2) можно сделать вывод, о том, что минимальная требуемая характеристическая скорость РН будет достигнута при пуске с экваториальных широт и по направлению на восток ($A = 90°$), в противном случае (при пуске в западном направлении) продольная проекция скорости вращения Земли будет отрицательной, что увеличит $\Delta V_{\text{тр}}$.

В контексте анализа концепции воздушного старта положительное влияние на энерго-массовые параметры РН окажут условия пуска, подразумевающие скорость самолёта-носителя (относительно земной поверхности) и возможную скорость ракеты при отделении от самолёта-носителя, что в горизонтальной проекции даст ненулевую начальную скорость движения РН.

Как отмечалось ранее, при воздушном старте двигательная установка (ДУ) 1 ступени начинает свою работу не с земной поверхности, а на высоте порядка 10 км, что обуславливает пониженное атмосферное давление, которое на данной высоте составляет порядка 26500 Па. Последнее, в свою очередь, оказывает влияние на степень расширения газов сопла камеры (отношение давления в камере к атмосферному давлению) и удельный импульс ракетного двигателя [3], определяемого по формуле:

$$I_{\text{у}}^{\text{з}} = \varphi\left(I_{\text{у}}^{\text{п}} - p_{\text{атм}}\left(\frac{\beta_{\text{т}}\bar{F}}{p_k}\right)\right), \quad (3)$$

где:

φ — коэффициент потерь удельного импульса;

$I_{\text{у}}^{\text{п}}$ — удельный импульс в пустоте;

$p_{\text{атм}}$ — атмосферное давление;

$\beta_{\text{т}}$ — теоретический расходный комплекс;

$\bar{F}$ — площадь среза сопла относительно площади критического сечения $\bar{F}_{\text{кр}}$.

В соответствии с выражением (3) можно сделать вывод, о том, что при пониженном атмосферном давлении на высоте 10 км удельный импульс будет большим в сравнении с удельным импульсом у земной поверхности [4]. Следовательно, большую тягу может создать двигатель при заданном массовом расходе компонентов топлива (4).

$$I_{\text{у}}^{\text{з}} = \frac{P}{\dot{m}}, \quad (4)$$

где:

P — тяга ДУ 1 ступени РН;

$\dot{m}$ — массовый расход компонентов топлива.

Также, обращаясь к уравнению Циолковского (5), можно сделать вывод о том, что увеличение удельного импульса приведет к возрастанию идеальной характеристической скорости:

$$\Delta V = I_{\text{у}}^{\text{з}} ln\frac{m_0}{m_1}, \quad (5)$$

где:

m_0 — стартовая масса РН;

m_1 — конечная масса РН.

Вышеприведенный анализ показал качественные преимущества концепции воздушного старта, отражающий сравнение параметров работы

ДУ 1 ступени при пуске с высоты и земной поверхности с различных точек Земли и по различным азимутам.

Следует также рассмотреть эксплуатационную составляющую возможности пуска РН с самолёта-носителя.

На современном этапе технологического прогресса в области освоения космического пространства уже имеет место концепция воздушного старта, предусматривающая транспортировку и пуск ракеты-носителя легкого класса с самолета-носителя в заданной точке воздушного пространства. Названная технология реализована в воздушно-космическом комплексе легкого класса на базе крылатой ракеты Pegasus-XL (таблица 1) американской компании Orbital Sciences [6], самолетом-носителем является переоборудованный пассажирский самолёт Lockheed L-1011 TriStar под названием Stargazer (таблица 2).

Выбор самолёта-носителя является основополагающим при рассмотрении концепции воздушного старта. Очевидным является то, что самолёт должен обладать грузоподъемностью, обеспечивающей доставку полезного груза (РН сверхлегкого класса) массой порядка 50 тонн.

На рис. 2 проведено сравнение имеющихся в РФ самолетов тяжелого класса по их грузоподъемности.

Таблица 1. **Основные сведения о РН Pegasus-XL**

Количество ступеней	3 ступени
Компоновочная схема	тандем
Стартовая масса	23,1 т
Масса полезной нагрузки (НОО)	450 кг
Компоненты ракетного топлива	твердое топливо
Длина (с головной частью)	17,6 м
Диаметр	1,27 м
Размах крыла (первая ступень)	6,71 м
Высота отделения от самолета	12000 м
Тяга на старте	580 кН

Таблица 2. **Основные сведения о самолёте-носителе Stargazer**

Максимальная скорость	1050 км/ч
Максимальная высота полета	13,1 км
Максимальная полезная нагрузка	24 т
Масса без полезной нагрузки	102,5 т
Дальность полета	8300 км
Габариты грузового отсека	17,37 м (длина) х 1,52 м (ширина) х 1,52 м (высота)

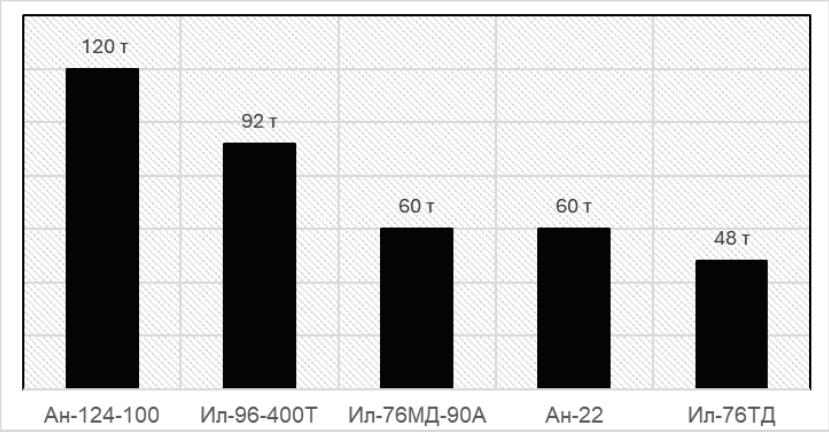


Рис. 2. **Грузоподъемность российских самолётов тяжелого класса**

Можно сделать вывод о том, что существующий в РФ авиапарк тяжелых самолётов позволяет выбрать самолёт-носитель грузоподъемностью, позволяющей транспортировать РН сверхлегкого класса к точке пуска.

Тем не менее очевидно то, что выбранный самолёт высокой грузоподъёмности требует свою взлетно-посадочную полосу, которая будет большей длины нежели для самолетов легкого и среднего классов. То есть, при рассмотрении концепции воздушного старта ключевым является выбор аэродрома базирования самолёта-носителя, что под собой также подразумевает размещение объектов инфраструктуры и технологического оборудования, необходимых для наземной подготовки РН и транспортировки ее на самолёт-носитель.

Однако это лишь малая часть из анализа возможности воздушного старта, следует уделить внимание конструкторским решениям, которые подразумевают под собой проработку вопроса размещения РН относительно самолёта.

Размещение полезной нагрузки самолёта-носителя реализуемо в двух вариантах:

1) Непосредственно на борту самолета, внутри грузового отсека;

2) Под фюзеляжем самолета.

В вышеназванном американском проекте ракету размещали в соответствии со вторым вариантом, что обеспечивало, в первую очередь, безопасность экипажа самолёта в случае нештатной ситуации с РН, а также упрощало отделение средства выведения ПГ от самолёта-носителя, ведь при размещении РН внутри грузового отсека требуется разработка технической возможности вывода её с борта самолета.

Немаловажным является выбор компонентов ракетного топлива (КРТ) для РН [5]. Если рассматривать жидкие компоненты, то выбирать следует из:

— керосин-жидкий кислород;

— жидкий водород-жидкий кислород;

— несимметричный диметилгидразин (НДМГ)-азотный тетраоксид(АТ);

— смесевое твердое ракетное топливо.

Использование топливной пары, в составе которой имеются криогенные компоненты ракетного топлива (жидкий кислород, жидкий водород), приведёт к усложнению объектов аэродромной инфраструктуры, необходимых для подготовки к пуску РН. В свою очередь, потребуются технические решения, обеспечивающие: систему хранения, транспортировку, заправку и поддержание заданного температурного состояния компонентов топлива, а также, в части касающейся РН: ограничение потерь топлива из-за испарения, поддержание допустимого давления в баках, безопасный отвод испаряющихся компонентов, обеспечение пожарной безопасности самолёта-носителя.

Пара высококипящих компонентов в виде НДМГ и АТ не требует криогенной инфраструктуры для хранения и заправки топлива, однако значительно возрастают требования к химической безопасности, герметичности оборудования и защите персонала. Для этой топливной пары достоинством является упрощение системы запуска ДУ ввиду того, что она является самовоспламеняющейся, в отличие от низкокипящих КРТ.

Выбор твёрдого ракетного топлива, которое использовалось в американском проекте, определяет ряд особенностей объектов инфраструктуры, среди которых: отсутствие заправочного оборудования, обеспечение условий хранения компонентов (исключение повреждений корпуса, попадания влаги, загрязнения), специальное транспортировочное и погрузочное оборудование, повышенные требования к пожарной и взрывной безопасности.

При рассмотрении концепции воздушного старта следует обратить внимание на то, как будут проводиться телеметрические измерения во время подготовки и пуска РН. Для существующих космодромов сбором и обработкой информации служат стационарные комплексы (отдельные командно-измерительные комплексы и отдельные измерительные пункты). В рамках реализации пуска РН с самолёта-носителя необходимо предусмотреть мобильный командно-измерительный пункт (КИП) на базе самолета. Задачами мобильного КИП являются: проведение сеансов измерений текущих навигационных параметров, сбор и обработка телеметрической информации с РН.

Названное предложение также усложняет весь технологический график подготовки и пуска ракеты, ввиду появления отдельных организационных и технологических мероприятий, направленных на обеспечение готовности к применению самолета и измерительных систем в составе мобильного командно-измерительного пункта.

Альтернативой последнему может послужить постройка новых стационарных измерительных комплексов в соответствии с траекторией полета ракеты-носителя, что в свою очередь не является целесообразным по экономическим соображениям.

Проведенный анализ концепции воздушного старта позволил выявить ключевые преимущества и недостатки, которые представлены в таблице 3.

Таблица 3. **Преимущества и недостатки концепции воздушного старта**

Аспект сравнения	Преимущества	Недостатки и ограничения
Выбор точки пуска РН	Возможность выбирать географическое положение точки старта РН, расширяя варианты формирования АУТ и выбора начальных условий выведения	Выбор точки старта ограничивается ТТХ самолёта-носителя, погодными условиями, разрешенными районами воздушного пространства
Доступность целевых орбит	Мобильность авиационной платформы позволяет выбрать оптимальные условия для выведения на отдельные орбиты и уменьшить необходимость изменения плоскости орбиты	Преимущество зависит от конкретного наклонения орбиты и географии. Космодромы РФ уже имеют возможность вывода на полярные и солнечно-синхронные орбиты. Дополнительный эффект воздушного старта необходимо доказывать расчетами
Энергетическая эффективность	РН получает начальную скорость до включения ДУ 1 ступени, а также снижается требуемая характеристическая скорость	Величина выигрыша по энергетическим показателям зависит от скорости самолёта, высоты пуска, направления полёта.
Условия работы ДУ	Пониженное атмосферное давление позволит увеличить тягу и удельный импульс	Необходима разработка системы управления ДУ, позволяющая осуществить запуск двигателей после отделения РН от самолёта
Авиационная платформа пуска	Использование самолёта-носителя позволяет обойтись без строительства/использования стационарного стартового комплекса	Требуется подтвердить совместимость самолёта с ракетой по различным тактико-техническим характеристикам и условиям, среди которых отделение РН
Аэродромная инфраструктура	Использование аэродромов позволит организовать подготовку и базирование самолёта-носителя на существующей авиационной инфраструктуре	Необходимы дополнительные объекты инфраструктуры для подготовки авиационно-ракетного комплекса к транспортировке РН к точке старта и её пуск

В результате проведённого анализа установлено, что концепция воздушного старта потенциально позволяет улучшить отдельные энергетические характеристики РН за счёт отделения на высоте и получения начальной скорости от самолёта-носителя. Вместе с тем реализация данной концепции требует решения задач, связанных с выбором самолёта, обеспечением безопасного отделения ракеты, подготовкой аэродромной инфраструктуры и организацией телеметрического сопровождения. Выбор компонентов топлива также должен учитывать не только энергетические характеристики, но и требования к хранению, транспортировке и подготовке к запуску. Таким образом, целесообразность воздушного старта определяется совокупностью энергетических, технических, эксплуатационных и экономических факторов и требует дальнейшего проведения глубокого комплексного исследования.

Литература:

1. Введение в проектирование, конструирование и производство ракет: учеб. пособие / В. В. Волоцуев, И. С. Ткаченко. — Самара: Издательство Самарского университета, 2017. — 88 с.
2. Механика космического полёта: Учебник для втузов/М55 М. С. Константинов, Е. Ф. Каменков, Б. П. Перелыгин, В. К. Безвербый; Под ред. В. П. Мишина. — М.: Машиностроение, 1989. — 408 с.:ил.
3. Основы конструирования ракет-носителей космических аппаратов: Учебник для студентов втузов / Б. В. Грабин, О. И. Давыдов, В. И. Жихарев и др.; Под ред. В. П. Мишина, В. К. Каррасика. — М.: Машиностроение, 1991. — 416 с.: ил.
4. Управление режимами функционирования двигательных установок ракет-носителей: учебное пособие / А. Э. Султанов, В. А. Грибакин, А. С. Перфильев. — СПб.: ВКА им. А. Ф. Можайского, 2018. — 101 с.
5. Ракетные топлива: Пономаренко В. К. // ВИККА им.А. Ф. Можайского, 1995. — 619 с.
6. Pegasus Payload User's Guide — Northrop Grumman, 2020. — 92 с.

Универсальный сплав твердосплавных сменных пластин для обработки всех типов металла

Коратаев Игорь Сергеевич, студент
Калининградский государственный технический университет

В статье проведён анализ концепции универсального твердосплавного материала для сменных пластин, рассмотрены эксплуатационные требования при обработке различных групп металлов, показаны возможности и ограничения расширения области применения сплавов за счёт покрытия и геометрии режущей части, а также обозначены перспективные направления развития широкодиапазонных инструментальных решений.

Ключевые слова: *твердосплавные сменные пластины, универсальный сплав, покрытия и геометрия режущей кромки, эксплуатационные свойства инструмента.*

Современное металлообрабатывающее производство характеризуется высокой номенклатурой обрабатываемых материалов, многообразием технологических операций и жёсткими требованиями к производительности и стабильности процесса резания. В этих условиях всё более востребованы инструментальные решения, способные обеспечивать надёжную обработку широкого спектра металлов при минимальном количестве типоразмеров и марок инструмента. Одним из ключевых направлений такого упрощения номенклатуры выступает разработка и внедрение твердосплавных сменных пластин универсального назначения.

Актуальность темы статьи обусловлена противоречием между производственной потребностью в универсальных инструментальных материалах и объективной ограниченностью физических и эксплуатационных свойств твёрдых сплавов. Практика показывает, что единого сплава, одинаково эффективно работающего по всем группам материалов — от конструкционных и нержавеющих сталей до чугуна, жаропрочных сплавов и цветных металлов, — фактически не существует. Выбор марки твёрдого сплава, покрытия и геометрии режущей части неизбежно зависит от сочетания свойств обрабатываемого материала и условий резания. Вместе с тем промышленный и научнотехнический поиск в направлении расширения области рационального применения отдельных марок и создании квазиуниверсальных решений не прекращается, а технологические и экономические эффекты от сокращения ассортимента инструмента для металлообработки остаются значительными.

Цель работы — рассмотрение концепции универсального сплава для твердосплавных сменных пластин, анализ существующих подходов к расширению области приме-

нения твёрдых сплавов и оценка принципиальных ограничений, препятствующих созданию понастоящему универсального инструментального материала для обработки всех типов металла.

Твёрдые сплавы, традиционно применяемые для изготовления сменных пластин резцов и фрез, представляют собой композиционные материалы на основе карбидов (чаще всего WC, TiC, TaC, NbC и их сочетаний) с металлической связкой, основным компонентом которой обычно служит кобальт. Их высокие твёрдость, износостойкость и теплостойкость обеспечивают устойчивость режущей кромки при высоких скоростях и температурах резания, что делает такие материалы базовыми для современного режущего инструмента.

Однако режимы работы режущей кромки сильно различаются в зависимости от вида обрабатываемого материала и типа операции. При обработке углеродистых и низколегированных сталей основными факторами износа обычно выступают адгезионное и диффузионное взаимодействие, а также абразивное воздействие твёрдых включений. При токарной обработке и фрезеровании чугунов преобладает абразивный износ, связанный с наличием графитовых включений и карбидных фаз. Цветные металлы и их сплавы характеризуются высокой пластичностью и склонностью к налипанию на режущую кромку, что приводит к образованию нароста и ухудшению качества обработанной поверхности. Труднообрабатываемые сплавы (жаропрочные никелевые, титановые, высоколегированные нержавеющие стали) создают экстремальные термомеханические нагрузки, вызывая интенсивный оплавляющий и диффузионный износ, а также выкрашивание режущей кромки [2, с. 60].

С учётом этого набор требований к инструментальному материалу нельзя считать единообразным. Для обработки сталей и чугуна требуются сплавы с повышенной износостойкостью и ударной вязкостью; для цветных металлов — материалы и покрытия с пониженной адгезией и малой химической активностью; для жаропрочных и труднообрабатываемых сплавов — комбинация высокой теплостойкости, устойчивости к пластической деформации и термостойкости покрытия. Универсальный сплав в строгом смысле должен был бы удовлетворять всем этим, зачастую противоречивым, требованиям, что с позиций материаловедения крайне проблематично.

Традиционная номенклатура твёрдых сплавов отражает состав и структуру материала, прежде всего соотношение карбидных фаз и металлической связки. В отечественной системе обозначений информация о содержании карбида титана и кобальта зашифрована в маркировке (например, Т5К10, Т15К6 и другие). Изменяя долю TiC и Co, можно варьировать твёрдость, вязкость, теплостойкость и износостойкость сплава.

Марка Т5К10 содержит порядка 5 % карбида титана и 10 % кобальта и считается одной из наиболее «широких» по области применения. Она используется для обработки сталей, чугунов и ряда высоколегированных материалов при умеренных скоростях резания. Повышенное содержание связки обеспечивает достаточную вязкость и сопротивление выкрашиванию, а наличие TiC — повышенную твёрдость и устойчивость к абразивному износу. Благодаря этому Т5К10 нередко рассматривают как условно универсальную марку для широкой группы конструкционных материалов.

Марка Т15К6, напротив, характеризуется увеличенной долей карбида титана и сниженным содержанием кобальта. Это приводит к росту твёрдости и красностойкости, что делает такой сплав пригодным для высокоскоростной обработки, но при одновременном уменьшении ударной вязкости и повышении хрупкости режущей кромки. Т15К6 целесообразно применять при стабильных условиях резания и отсутствии значительных переменных нагрузок, что ограничивает её универсальность в практическом производстве. Важно подчеркнуть, что даже эти относительно «универсальные» марки имеют оптимальные области применения, определяемые сочетанием материала заготовки, вида операции (черновая, получистовая, чистовая, прерывистая или непрерывная обработка) и режимов резания. Попытка использовать одну и ту же марку сплава для радикально различных сочетаний условий резания закономерно приводит либо к снижению стойкости инструмента, либо к ухудшению качества обработки, либо к падению производительности.

Помимо традиционных WC–Co и WC–TiC–Co композиций, промышленность предлагает многочисленные модификации с добавками TaC, NbC, а также комплексными карбидными или карбонитридными фазами. Эти добавки позволяют тонко настраивать свойства сплава, но не снимают фундаментальной проблемы несовместимости требований, предъявляемых, например, обработкой алюминиевых сплавов и жаропрочных никелевых материалов к одному и тому же инструментальному материалу [1,с.30].

Существенный вклад в расширение области рационального использования твердосплавных пластин вносит развитие технологий покрытий. Нанесение однослойных и многослойных покрытий на основе нитридов, карбонитридов и оксидов переходных металлов (TiN, TiCN, TiAlN, Al2O3 и др.) позволяет значительно повысить износостойкость, теплостойкость и сопротивление адгезии. Для обработки труднообрабатываемых сплавов разрабатываются покрытия с повышенной термостойкостью и стабильной структурой при высоких температурах, а для цветных металлов — системы, минимизирующие налипание и образование нароста на кромке. Особое направление составляют алмазные и CBNпокрытия, которые обеспечивают исключительно высокую стойкость при обработке абразивных и труднообрабатываемых материалов. Однако такие покрытия мало пригодны для универсального применения в силу высокой стоимости, специфических требований к режимам резания и чувствительности к ударным нагрузкам.

Геометрия режущей части — ещё один инструмент расширения функциональности пластин. Форма пластины

(ромбическая, квадратная, треугольная и т. д.), величина угла при вершине, радиус при вершине и наличие стружколомающих элементов определяют не только прочность и устойчивость к выкрашиванию, но и характер формирования стружки, уровень сил резания и качество обработанной поверхности.

— Ромбические пластины с углом 80° обеспечивают высокую устойчивость режущей кромки и поэтому рассматриваются как один из наиболее универсальных геометрических вариантов.

— Треугольные пластины с меньшим углом при вершине (60°) позволяют формировать более острую кромку и использовать большие подачи при черновой обработке, но менее устойчивы к ударным нагрузкам.

— Квадратные пластины с углом 90° обеспечивают максимальную прочность вершины, но менее универсальны с точки зрения доступа к труднодоступным поверхностям [3, с. 60].

Радиус при вершине является критически важным параметром. Малый радиус обеспечивает низкую шероховатость при чистовых операциях и сниженное радиальное усилие резания, но уменьшает прочность кромки. Увеличенный радиус, напротив, повышает стойкость, улучшает способность к восприятию ударных нагрузок и подходит для черновых операций, но может ухудшать качество поверхности и увеличивать силы резания.

Стружколоматели, формирующие сложный профиль передней поверхности пластины, позволяют регулировать направление и форму схода стружки, предотвращать её наматывание на инструмент и заготовку, а также снижать тепловую и механическую нагрузку. Оптимизация стружколомающей геометрии под конкретную группу материалов (стали, чугуны, нержавеющие стали, алюминиевые сплавы) существенно расширяет область применения одной и той же марочной базы твёрдого сплава. Во многих случаях именно комбинация универсальной марки сплава с несколькими типами покрытий и варьируемой геометрией кромки позволяет реализовать квазиуниверсальное решение, пригодное для различных групп материалов при условии грамотного подбора режимов резания. Однако это уже «универсальность системы» (сплав + покрытие + геометрия), а не единственного универсального сплава.

При выборе конкретной твердосплавной пластины технолог вынужден учитывать совокупность факторов: материал заготовки, вид обработки, требуемое качество поверхности, жёсткость системы «станок–инструмент–заготовка», наличие прерывистого резания, стабильность режимов, а также экономические показатели (стойкость, стоимость, длительность переналадки).

— Материал заготовки определяет базовую группу, к которой относится обрабатываемый сплав (стали, чугуны, нержавеющие и жаропрочные, цветные металлы и т. д.). Для каждой группы ведущие производители формируют рекомендации по выбору марок твёрдых сплавов, покрытий и геометрий. При этом нередко одна марка сплава допускает использование по нескольким группам, но с компромиссом по стойкости и скорости резания.

— Вид обработки (черновая, получистовая, чистовая, финишная) задаёт требования к прочности кромки и точности формирования поверхности. Черновые операции требуют усиленной геометрии и более вязких сплавов, чистовые — более острой геометрии и стабильного поведения при малых подачах.

— Совместимость с державкой и системой крепления пластины также накладывает ограничения. Для ряда инструментальных систем используются оригинальные профили и посадочные места, что требует применения «родных» пластин или прямых аналогов.

Фактически даже в пределах одной группы материалов технологические условия настолько разнообразны, что выбор однойединственной марки для всех операций зачастую приводит к неоправданным потерям в производительности и росту затрат на инструмент. Унификация оказывается рациональной лишь до определённого предела, за которым оптимизация под конкретную задачу становится более экономически выгодной. Крупные мировые производители (Sandvik Coromant, Kennametal и др.) в своих каталогах, как правило, предлагают не один, а несколько «универсальных» сплавов для разных диапазонов задач:

— «широкий» сплав для основного объёма работ по сталям и чугунам;

— специализированные сплавы для нержавеющих и жаропрочных материалов;

— отдельные решения для цветных металлов и абразивных сплавов.

При этом универсальность достигается не столько за счёт уникального химического состава, сколько за счёт тщательно подобранного комплекса: базовый твёрдый сплав, многослойное покрытие, оптимизированная геометрия и регламентированные режимы резания. Таким образом, универсальность носит условный, технологически ограниченный характер [1, с. 32].

Несмотря на фундаментальные ограничения, связанные с различием свойств обрабатываемых материалов, научнотехнический прогресс в области инструментальных материалов позволяет говорить о постепенном приближении к идеалу широкодиапазонных сплавов. Перспективные направления включают:

— Разработку наноструктурированных и градиентных твёрдых сплавов, в которых свойства варьируются по толщине пластины или локально в области режущей кромки. Это позволяет сочетать высокую поверхностную твёрдость и износостойкость с более вязкой и ударопрочной подложкой.

— Создание адаптивных покрытий, способных изменять структуру и свойства в процессе резания (формирование защитных плёнок, самоорганизация наноструктур) и тем самым повышать устойчивость к различным видам износа.

— Оптимизацию композитных систем на основе сочетания твёрдосплавных и керамических слоёв, в том числе

с использованием CBN и PCD, где комбинация материалов ориентирована на конкретные спектры задач с минимизацией числа марок инструмента на предприятии.

Однако даже в рамках этих направлений речь идёт о расширении областей применимости и снижении чувствительности инструмента к изменениям условий резания, а не о создании абсолютно универсального материала, равно эффективно обрабатывающего все возможные группы металлов.

Проведённый анализ показывает, что идея универсального сплава для твердосплавных сменных пластин, одинаково пригодного для обработки всех типов металла, противоречит фундаментальным особенностям трибологических и термомеханических процессов резания. Различия в физикомеханических и теплофизических свойствах обрабатываемых материалов, характере стружкообразования и преобладающих механизмах износа обуславливают необходимость дифференцированного подхода к выбору твёрдого сплава, покрытия и геометрии режущей части. Современные марки твёрдых сплавов, такие как Т5К10 и Т15К6, могут рассматриваться лишь как условно универсальные решения для ограниченного круга материалов и технологических условий. Расширение области их применения достигается за счёт использования многослойных покрытий, вариативной геометрии режущей кромки и оптимизации режимов резания. Фактически «универсальность» реализуется на уровне комплексной инструментальной системы (сплав + покрытие + геометрия + режим), а не на уровне единственного химического состава твёрдого сплава [3, с. 90].

Критерии выбора твердосплавных пластин — материал заготовки, вид обработки, требования к качеству поверхности, жёсткость технологической системы, совместимость с державкой — формируют сложное многопараметрическое пространство, в котором попытка радикальной унификации приводит к технологическим и экономическим потерям. Поэтому разработка и внедрение «широкодиапазонных» решений должно опираться на принцип разумного компромисса между универсальностью и специализацией, учитывая структуру производственной программы и приоритетные группы материалов.

Перспективы дальнейшего развития связаны с созданием наноструктурированных и градиентных твёрдых сплавов, адаптивных покрытий и композитных инструментальных систем, способных работать в расширенных диапазонах режимов и по разнородным материалам. При этом даже в долгосрочной перспективе более реалистичной представляется задача оптимизации ограниченного набора специализированных, но широкодиапазонных марок, чем создание понастоящему универсального сплава для всех типов металла.

Литература:

1. Атапин В. Г. Оптимизация несущей системы стола тяжёлого многоцелевого станка /В. Г. Атапин // Обработка металлов. — 2006.- № 4(33). — С. 30–32.
2. Васин С. А., Хлудов С. Я. Проектирование сменных многогранных пластин. Методологические принципы. — М.: Машиностроение, 2006. — 352 с.
3. Панов В. С., Чувилин, А.М., Фальковский, В. А. Технология и свойства спечения твердых сплавов и изделий из них. — М.:МИСИС, 2004. — 463 с.

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Инновационные технологии бетонирования в современном строительстве

Арутюнян Яна Артуровна, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В статье систематизированы основные направления технологического развития бетона и технологии бетонных работ: совершенствование производства смесей на базе автоматизированных бетоносмесительных узлов и поликарбоксилатных добавок, применение самоуплотняющихся бетонных смесей, бетонов переходного и нового поколений, сверхвысокопрочных фибробетонов, самозалечивающихся композитов, а также аддитивного строительного производства и цифровизации технологического контроля. Показано, что развитие отрасли определяется переходом от экстенсивного наращивания прочности к направленному управлению структурой материала на микро- и наноуровне и к интеграции бетонных работ в цифровые информационные модели жизненного цикла сооружения. Отмечены ограничения, сдерживающие масштабное внедрение рассмотренных решений: стоимость, дефицит нормативно-технической базы и недостаток опыта длительной эксплуатации.

Ключевые слова: *бетон, самоуплотняющаяся бетонная смесь, сверхвысокопрочный бетон, фибра, поликарбоксилатные добавки, аддитивное строительное производство, цифровизация, контроль качества.*

Введение

Бетон сохраняет положение наиболее массового конструкционного материала современного строительства. Вместе с тем перед строительной отраслью стоят задачи, требующие пересмотра традиционных технологических решений: дефицит квалифицированных рабочих кадров, повышение требований к долговечности и энергоэффективности сооружений, необходимость снижения материалоёмкости и углеродного следа строительного производства. Ответом на эти вызовы стало формирование инновационных технологий бетона, охватывающих как рецептуру самого материала, так и способы его приготовления, укладки и контроля качества.

Цель настоящей статьи — систематизация основных инновационных направлений в технологии бетона и бетонных работ, оценка их технологической зрелости и выявление факторов, определяющих перспективы внедрения в отечественную строительную практику. Рассмотрение ведётся по трём взаимосвязанным уровням: уровень материала (состав и структура), уровень технологии (способы формования и укладки) и уровень управления (контроль качества и цифровизация).

1. Совершенствование производства бетонных смесей и модифицирующих добавок

Первый уровень инноваций относится к приготовлению бетонной смеси. Современные бетоносмесительные узлы оснащаются автоматизированными системами дозирования с погрешностью до 0,1 %, датчиками влажности заполнителей и программными средствами коррекции рабочего состава в реальном времени. Это обеспечивает воспроизводимость свойств смеси от замеса к замесу и снижает влияние человеческого фактора, исторически являвшегося основным источником технологического брака.

Вторым инструментом являются химические добавки, прежде всего суперпластификаторы на основе поликарбоксилатных эфиров (ПКЭ). По оценкам специалистов, развитие технологии бетона невозможно без создания и применения новых добавок, разрабатываемых с учётом особенностей технологии и действующей системы технических требований [4]. Поликарбоксилатные добавки обеспечивают высокий пластифицирующий эффект и длительную сохраняемость подвижности смеси, что принципиально для бетононасосной доставки и монолитного строительства. Одновременно расширяется применение минеральных добавок — микрокремнезёма, золы-уноса, доменного шлака, метакаолина, — которые уплотняют структуру цементного камня и снижают долю клинкера в вяжущем.

Концептуальное осмысление этих изменений представлено в работах В. И. Калашникова и соавторов, выделивших бетоны старого, переходного и нового поколений. Бетоны старого поколения с четырёхкомпонентным составом (цемент — песок — щебень — вода) после появления суперпластификаторов и микрокремнезёма эволюционировали в менее цементоёмкие бетоны переходного поколения. Бетоны нового поколения отличаются кар-

динальным изменением рецептуры: они содержат значительный объём микрометрических молотых пород, превращающих смесь в самоуплотняющуюся и саморастекающуюся, и характеризуются низким удельным расходом цемента на единицу прочности (2,0–5,0 кг/МПа) [1].

2. Самоуплотняющиеся бетоны

Самоуплотняющиеся бетонные смеси (СУБ) растекаются и заполняют опалубку, в том числе участки с высокой концентрацией арматуры, под действием собственного веса — без вибрационного уплотнения. Технология решает несколько задач классического бетонирования: снижает шумовое воздействие на городскую среду, устраняет дефекты уплотнения в густоармированных сечениях, сокращает трудоёмкость укладки.

Важной особенностью СУБ является то, что её нельзя получить простым увеличением водосодержания: состав требует расчётной оптимизации гранулометрии заполнителей, объёма цементного теста и дозировки пластификатора, а смесь контролируется по расплыву, вязкости, проходимости сквозь арматурную решётку и устойчивости к расслоению. Технологическая реальность последних лет подтверждает экономическую состоятельность подхода: расчёты показывают, что применение самоуплотняющихся смесей повышенной прочности позволяет уменьшить сечения конструкций, сократить расход арматуры и снизить сметную стоимость возведения, одновременно достигая экологического эффекта за счёт отказа от виброуплотнения и вовлечения техногенных отходов [2]. Это подтверждает общий принцип: новые свойства достигаются не отдельным компонентом, а комплексным проектированием структуры смеси.

3. Бетоны нового поколения и сверхвысокопрочные бетоны

Второе магистральное направление связано с повышением прочности и долговечности материала. В отечественной классификации сверхвысокопрочным принято считать бетон класса по прочности на сжатие выше В120; в мировой литературе соответствующие композиты обозначаются как UHPC (Ultra-High Performance Concrete) и UHPFRC (Ultra-High Performance Fiber-Reinforced Concrete) [3]. Рецептурная особенность таких бетонов — ограничение максимальной крупности заполнителя единицами миллиметров, высокое содержание микродисперсных компонентов, водоцементное отношение в диапазоне 0,18–0,25 и удельный объём вяжущего 0,5–0,7 $м^3/м^3$.

Хрупкий характер разрушения сверхвысокопрочных бетонов преодолевается дисперсным армированием. Экспериментальные исследования влияния вида и объёмного содержания стальной фибры на свойства сверхвысокопрочного фибробетона показали, что увеличение объёмного содержания волокон повышает все рассматриваемые характеристики — прочность на сжатие, прочность на изгиб и энергию разрушения, причём наиболее сильное влияние фибра оказывает именно на энергию разрушения при изгибе [3]. Установлены линейные зависимости между механическими характеристиками композита и фактором фибры, отражающим объёмное содержание, длину и диаметр волокна.

Сдерживающими факторами остаются высокая стоимость вяжущих и фибры, ограниченность опыта длительной эксплуатации и незавершённость нормативной базы. По этой причине сверхвысокопрочные бетоны занимают пока нишевые области: тонкостенные и высоконагруженные элементы, усиление существующих конструкций, защитные слои мостовых сооружений.

4. Фиброармированные бетоны

Введение волокон в цементную матрицу изменило механику работы материала: фибра не устраняет трещинообразование как таковое, но переводит композит из хрупкого в квазипластичное состояние, ограничивая раскрытие трещин и повышая ударную вязкость и морозостойкость. Практическое значение это имеет прежде всего для дорожных и аэродромных покрытий, тонкостенных элементов, торкрет-бетона и промышленных полов. Развивается и гибридное армирование — сочетание стальной и неметаллической фибры различной длины, работающих на разных масштабных уровнях разрушения. Отечественная практика накопила первый опыт применения фибробетона в транспортном строительстве, в частности при возведении мостовых сооружений, где сочетание трещиностойкости и сниженной материалоёмкости даёт наибольший эффект [1].

5. Самозалечивающиеся и «умные» бетоны

Одним из наиболее динамично развивающихся направлений является создание материалов с функцией самовосстановления. В традиционной смеси существует базовый механизм аутогенного заживления: остаточный негидратированный цемент при контакте с влагой продолжает гидратацию и частично заполняет трещины, однако этого недостаточно для полного восстановления материала. Современные исследования усиливают механизм путём введения суперабсорбирующих полимеров, капсулированных реагентов и микроорганизмов.

Наиболее отработанным считается микробно-индуцированное осаждение карбоната кальция. Так, в НИУ МГСУ разработана концепция биоминеральных добавок на основе бактерий Bacillus subtilis: бактериальные альгинатные гранулы диаметром 1–1,8 мм в сочетании с пуццолановым компонентом и лактатом кальция обеспечивают закрытие трещин шириной 0,1 мм за пять циклов увлажнения-высушивания [5]. Установлено, что пуццолановые добавки (в первую очередь зола-уноса) повышают активность бактерий, снижая щёлочность поровой жидкости. Это пример конвергенции материаловедения и микробиологии: функ-

циональное свойство материала реализуется за счёт биохимического процесса, управляемого рецептурой.

К категории «умных» материалов относятся и бетоны с полифункциональными свойствами: токопроводящие композиты с техническим углеродом и углеродной фиброй, образующие резистивные нагревательные элементы с антиобледенительным эффектом [2]; теплоаккумулирующие составы, стабилизирующие температурный режим помещений; материалы с эффектом «памяти» формы на полимерной основе. Научное обоснование таких решений дано в обобщающей работе коллектива НИУ МГСУ, показавшей, что ключевую роль в достижении адаптивных свойств играет рациональное сочетание органических и минеральных соединений — от поликарбоксилатных пластификаторов до капсулированных функциональных компонентов [6].

6. Аддитивное строительное производство

Строительная 3D-печать бетоном (технология 3DCP в международной терминологии) является наиболее наглядной инновацией последнего десятилетия. Роботизированный комплекс формует конструкцию методом послойной экструзии по заданной цифровой модели, исключая традиционную опалубку. Согласно анализу существующих решений, оборудование реализуется по трём конструктивным схемам: портальные и рамные системы, роботы-манипуляторы и крановые комплексы [8].

Ключевые технологические вопросы печати связаны с удобоукладываемостью смеси, деформацией и прочностью экструдированного слоя. Усреднённый состав печатного бетона включает 25–45 % вяжущего, 40–65 % заполнителя (кварцевый песок фракции 2–4 мм), не более 15–35 % воды, а также минеральные добавки, пластификатор и армирующие волокна [8]. Требуемое сочетание формоустойчивости и прокачиваемости достигается модифицированием смесей активными минеральными добавками: установлено, что микрокремнезём, метакаолин и каолин в дозировке около 10 % массы цемента повышают формоустойчивость смеси на 16–81 %, а метакаолин дополнительно увеличивает прочность при сжатии на 19 % и при изгибе на 35 % [8].

Значительная часть реализованных проектов основана на печати несъёмной бетонной опалубки с последующим заполнением подвижной смесью. Экспериментальные исследования НИУ МГСУ показали, что на прочность и несущую способность напечатанных формообразующих элементов существенное влияние оказывают высота печатного слоя и наличие холодных швов между слоями; при печати слоями высотой 1 см достигается более высокая несущая способность и воспроизводимость результатов, чем при слоях 2 см [7]. Установлена и анизотропия свойств напечатанных конструкций: прочность на растяжение при изгибе в направлении, перпендикулярном плоскости укладки слоёв, закономерно снижается в зоне межслоевых контактов [7].

Систематический обзор теории и практики технологии бетонов для 3D-печати показывает, что сложнейшим вопросом реализации остаётся армирование: достижение максимальных механических свойств требует многокритериальной оптимизации с учётом реологических требований к смеси, особенностей армирования и прочности сцепления слоёв [8]. Анализ типичных реализованных проектов свидетельствует, что внедрение ограничено малоэтажным жилищным строительством и объектами декоративного и специального назначения, а сдерживающими факторами выступают отсутствие методов проектирования, нормативной базы и эффективных универсальных технологических комплексов [7]. Поэтому на текущем технологическом уровне 3D-печать рассматривается как дополнительный инструмент, рациональный для малых объектов, отделки фасадов и территорий с неразвитой строительной индустрией [7].

7. Цифровизация процессов бетонирования

Третья инновационная линия относится не к материалу, а к управлению процессом. Сквозной цифровой контроль охватывает весь цикл: от лабораторного моделирования состава и автоматизированного дозирования до мониторинга твердения датчиками, встроенными в тело конструкции. Аппаратно-программные комплексы на основе технологии промышленного интернета вещей позволяют вести непрерывный температурно-прочностной мониторинг твердеющего бетона с первой минуты укладки, обеспечивая раннее обнаружение дефектов и предупреждение технологических нарушений. Оценка прочности в конструкции выполняется по методу зрелости: датчики температуры конвертируют температурную историю в эквивалентный возраст бетона, по калибровочной зависимости «зрелость — прочность» определяется достигнутая прочность без разрушения образцов, что даёт объективное основание для распалубки и сокращает технологические простои.

Нормативную основу цифровизации контрольных процедур формирует СП 543.1325800.2024, легализовавший электронные форматы исполнительной документации и установивший требования к машиночитаемости журнала бетонирования; это открывает путь к интеграции электронной документации с BIM-моделями и системами непрерывного мониторинга твердеющего бетона [12]. Перспективным направлением является применение методов машинного обучения для подбора и оптимизации составов: разработанные комбинированные модели обеспечивают прогноз прочности с коэффициентом детерминации свыше 0,9, что позволяет перейти от опытно-лабораторного подбора состава к цифровому параметрическому проектированию и сократить расход цемента и время разработки рецептур [9].

8. Экологический аспект инновационного развития

Производство цемента даёт порядка 7–8 % глобальных антропогенных выбросов диоксида углерода, поэтому

экологическая повестка во многом определяет вектор исследований. Основные направления: замещение клинкера минеральными добавками и техногенными отходами, разработка щёлочеактивированных вяжущих, повторное использование дроблёного бетона в качестве заполнителя. Применительно к самоуплотняющимся бетонам показана возможность получения материала прочностью 65–70 МПа с частичной заменой природного щебня продуктами переработки бетонного лома [2]. Показательно, что экономические и экологические цели здесь совпадают: сокращение расхода бетона за счёт оптимизации геометрии конструкций одновременно снижает себестоимость и углеродный след сооружения.

Заключение

Проведённый анализ позволяет сформулировать следующие выводы.

1. Инновационное развитие технологии бетона осуществляется по трём взаимосвязанным направлениям: совершенствование самого материала (самоуплотняющиеся смеси, бетоны нового и сверхвысокопрочного типов, фиброармированные и самозалечивающиеся композиты), изменение способов его формования (аддитивное строительное производство) и цифровизация производственного цикла (автоматизированное дозирование, сенсорный мониторинг твердения, машинное обучение при проектировании составов).

2. Взаимодействие указанных направлений является ключевым фактором: сверхвысокопрочный бетон невозможен без поликарбоксилатных добавок, строительная 3D-печать — без реологически спроектированных смесей, а управление твердением — без сенсорного мониторинга. Ни одна технология не работает изолированно.

3. Практика внедрения демонстрирует закономерность: наибольший эффект приносят не экзотические решения, а дальнейшее развитие апробированных технологий — точное дозирование, синергия добавок, сквозной цифровой контроль. Новые материалы занимают ниши там, где их преимущества экономически и технически ощутимы; сдерживающими факторами выступают стоимость, незавершённость нормативно-технической базы и ограниченный опыт длительной эксплуатации.

4. Для инженера-строителя это означает необходимость владения не отдельными технологиями, а методологией их обоснованного выбора: надёжность конструкции определяется всей технологической цепочкой — от проектирования состава смеси до ухода за бетоном и контроля качества готовой конструкции.

Литература:

1. Калашников В. И., Тараканов О. В., Володин В. М., Ерофеева И. В., Абрамов Д. А. Бетоны переходного и нового поколений. Состояние и перспективы // Технологии бетонов. 2023. № 2 (187). С. 30–37.
2. Ларсен О. А., Бахрах А. М. Самоуплотняющийся токопроводящий бетон нормального твердения на основе портландцемента с техническим углеродом и углеродной фиброй // Техника и технология силикатов. 2024. Т. 31. № 4. С. 304–312.
3. Матюшин Е. В., Соловьев В. Г. Механические свойства сверхвысокопрочного фибробетона с различными видами стальной фибры // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2024. Т. 9. № 9. С. 26–39.
4. Вовк А. И. Развитие технологий бетона и химических добавок: современное состояние и перспективы // Технологии бетонов. 2024. № 2. С. 20–30.
5. Черных Т. Н., Горбачевских К. А., Криушин М. В., Орлов А. А., Комелькова М. В., Платковский П. О. Биоминеральные добавки для самозалечивания бетона // Вестник МГСУ. 2024. Т. 19. № 4. С. 569–579.
6. Иноземцев А. С., Самченко С. В., Ерофеев В. Т. и др. Бетоны с уникальными и адаптивными свойствами // Строительные материалы. 2026. № 10. С. 32–39.
7. Адамцевич А. О., Пустовгар А. П., Адамцевич Л. А., Крамеров Д. В., Воробьев П. Ю. Исследование особенностей работы бетонных конструкций, изготовленных с применением технологии аддитивного строительного производства // Строительные материалы. 2023. № 12. С. 38–46.
8. Иноземцев А. С. Современная теория и практика технологии бетонов для 3D-печати в строительстве // Вестник МГСУ. 2024. Т. 19. № 2. С. 216–245.
9. Федосов С. В., Баканов М. О., Кузнецов И. А. Системное решение для подбора и оптимизации составов бетона на стадии проектирования с использованием цифровой модели и комбинированной модели машинного обучения // Научный журнал строительства и архитектуры. 2026. № 1 (81). С. 40–48.
10. Славчева Г. С. Строительная 3D-печать сегодня: потенциал, проблемы и перспективы практической реализации // Строительные материалы. 2021. № 5. С. 28–36.
11. ГОСТ 24211–2016. Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2018.
12. СП 543.1325800.2024. Исполнительная документация в строительстве. Правила формирования и ведения. М.: Минстрой России, 2024.
13. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. М.: Минстрой России, 2018.

Технологии струйной цементации грунтов в современном фундаментостроении

Арутюнян Яна Артуровна, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Рассмотрено современное состояние технологии струйной цементации грунтов, при которой грунтоцементный элемент формируется непосредственно в массиве за счёт размыва и перемешивания грунта высоконапорной струёй цементного раствора. Сопоставлены технологические схемы Jet 1, Jet 2 и Jet 3, показана роль водоцементного отношения в формировании прочности грунтоцемента, охарактеризованы области применения технологии. Отдельное внимание уделено контролю качества и обоснована целесообразность перехода от отбора кернов к оперативной оценке прочности по параметрам грунтоцементной пульпы.

Ключевые слова: *струйная цементация, грунтоцемент, закрепление грунтов, противофильтрационная завеса, водоцементное отношение, контроль качества, геотехника.*

Введение

Освоение подземного пространства городов и массовая реконструкция сложившейся застройки поставили геотехнику перед условиями, в которых классические приёмы устройства оснований работают далеко не всегда. Котлован приходится раскрывать вплотную к существующим зданиям, нередко на водонасыщенных слабых грунтах, где и откачка воды, и забивка свай создают недопустимые риски для окружающих сооружений [1, 2]. В этой ситуации востребованы методы, позволяющие превращать сам грунт в несущий или ограждающий элемент, не вынимая его из массива; наиболее гибким из них сегодня остаётся струйная цементация [1]. Цель работы — систематизировать современное состояние технологии: её физическую сущность и классификацию, роль состава раствора в формировании прочности, области применения и способы контроля качества.

1. Физическая сущность и классификация технологических схем

История метода началась в США в 1950-е гг. с патентования способа перемешивания грунта с цементом непосредственно в скважине; качественный скачок произошёл при переносе в геотехнику принципов гидромеханизации. В 1971 г. в Японии запатентована технология CCP, в которой вяжущее подавалось через сопла в нижней части вращающейся штанги; схемы JSP и CJG с подачей раствора в оболочке сжатого воздуха стали прототипами современных технологий Jet 2 и Jet 3 [2]. В отечественную практику метод вошёл в 1970-е гг. через устройство противофильтрационных завес на гидротехнических объектах, а систематические исследования начались в НИИОСП им. Н. М. Герсеванова [1].

Механизм процесса таков: свободная струя после выхода из сопла распадается на последовательность капель, и воздействие на грунт реализуется через удельные импульсы этих капель. В дисперсных грунтах частицы частично замещаются раствором, а избыток грунта выносится на поверхность в виде пульпы; в трещиноватых скальных породах цементные связи образуются в трещинах без выноса материала [12]. Диаметр элемента управляется давлением и расходом раствора, скоростью вращения и подъёма монитора, а соотношение цемента и грунта определяет прочность, деформативность и водонепроницаемость конструкции [4].

Согласно СП 291.1325800.2017, грунтоцементные элементы подразделяются на элементы струйной цементации и элементы глубинного перемешивания, при котором грунт смешивается с вяжущим без извлечения на поверхность [6]. Внутри струйной технологии выделяют три базовые схемы (рис. 1): однокомпонентную Jet 1, где размыв ведёт струя раствора; двухкомпонентную Jet 2, в которой струя раствора окружена оболочкой сжатого воздуха; трёхкомпонентную Jet 3, при которой грунт предварительно разрушается водовоздушной струёй. Переход от Jet 1 к Jet 3 увеличивает диаметр элементов и расход цемента, поэтому выбор схемы — баланс между качеством и стоимостью [1, 2].

2. Раствор как управляющий параметр технологии

Цементный раствор — единственный компонент системы, назначаемый проектировщиком заранее, и именно через него реализуется управление свойствами будущего материала. Растворы с низким водоцементным отношением ведут себя как вязкопластичные жидкости, что осложняет расчёт гидравлических потерь в затрубном пространстве: на большой глубине эти потери способны достигать давления гидроразрыва стенок скважины, нарушая режим излива пульпы и снижая качество закрепления [8]. Отсюда требование назначать реологию раствора, диаметр лидерной скважины и темп подъёма монитора совместно.

Количественная связь состава и прочности хорошо прослеживается экспериментально. По данным НИЦ «Строительство», прочность грунтоцемента из песков и суглинков при одноосном сжатии снижалась с 18–22 МПа при В/Ц = 0,8 до 11–14 МПа при В/Ц = 1,0, до 3–7 МПа при В/Ц = 1,5 и до 1–2 МПа при В/Ц = 3,0 [10] (рис. 2). Показательны и полевые испытания пятнадцати колонн: максимальные прочность и модуль деформации получены при В/Ц = 0,8, тогда как введение жидкого стекла

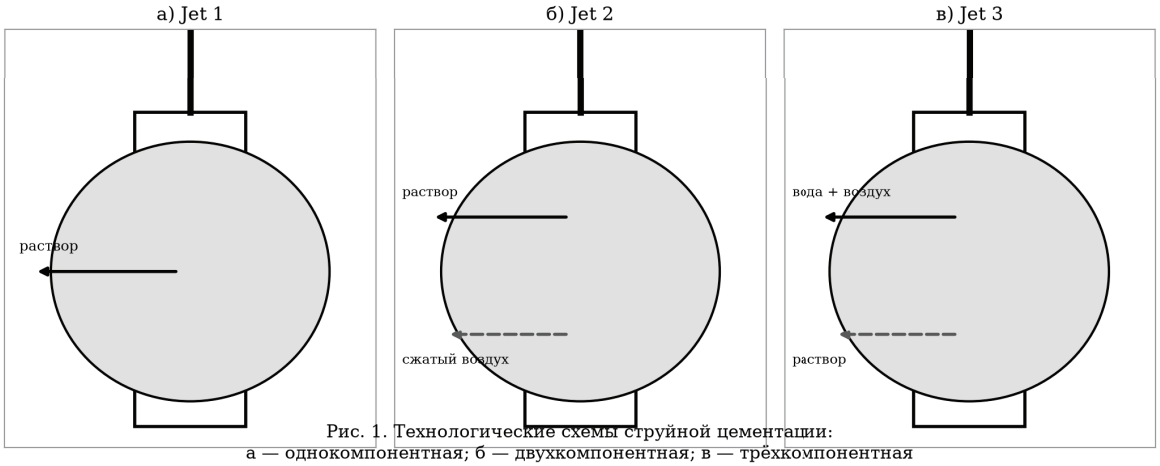


Рис. 1. Технологические схемы струйной цементации:
а — однокомпонентная; б — двухкомпонентная; в — трёхкомпонентная

Рис. 1. **Технологические схемы струйной цементации: а — однокомпонентная; б — двухкомпонентная; в — трёхкомпонентная**

и соды дало прирост лишь 1–9 %, а их совместное применение вовсе снизило прочность — рецептура требует опытного обоснования на каждой площадке [9]. Для противофильтрационных конструкций допускаются цементно-бентонитовые растворы: бентонит в дозировке 1–10 % повышает седиментационную устойчивость смеси, но снижает прочность [1, 6].

3. Области применения

Наиболее массовая сфера применения метода в реконструкции — передача нагрузок от существующих фундаментов на вновь устраиваемые грунтоцементные элементы и создание структурных геотехнических массивов из перекрывающихся колонн [1, 2]. Решающий аргумент в стеснённых условиях — отсутствие вибрации и ударов при минимальных габаритах оборудования. Однако работы рядом со зданиями, чувствительными к неравномерным осадкам, требуют контроля и деформаций массива: последовательность обработки соседних элементов назначается из условия недопущения как подъёма, так и просадки грунта [8].

Значительная доля объёмов приходится на противофильтрационные завесы. Вертикальная завеса работает за счёт заглубления на 1,5–2 м в водоупор (рис. 3); горизонтальная применяется, когда водоупор залегает глубоко, и требует отдельного экономического обоснования. Требования к завесам формулируются по прочности (не менее 0,5 МПа на размыв и суффозию), коэффициенту фильтрации (не более 0,005 м/сут) и допустимому градиенту напора; сплошность обеспечивается шагом элементов и контролем отклонений осей [1, 6, 7].

Показательно, что технология вышла за пределы дисперсных грунтов. Опыт модификации обводнённых трещиноватых скальных пород по схеме Jet 2 на глубинах 33–35 м показал снижение коэффициента фильтрации с 2,5–4,5 м/сут до порядка 0,001 м/сут при одновременном росте прочности за счёт цементационных связей между блоками породы; методика вошла в Изменение 1 к СП

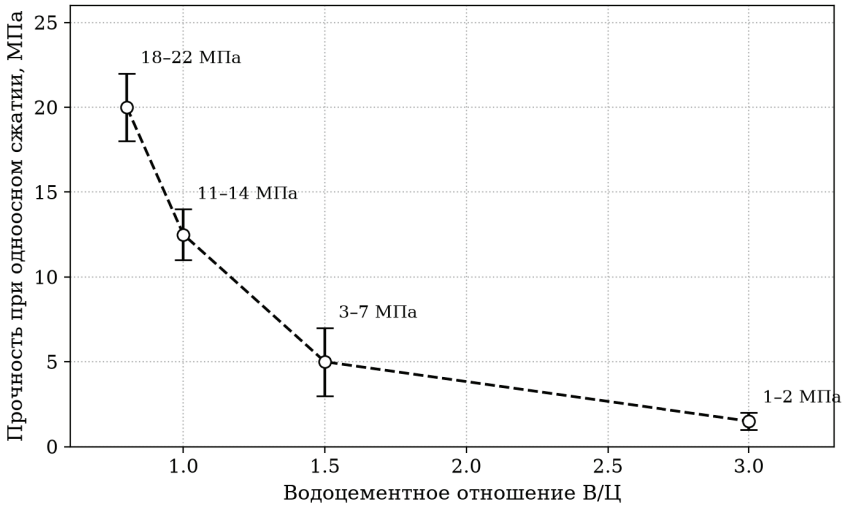


Рис. 2. **Влияние водоцементного отношения на прочность грунтоцемента при одноосном сжатии (по данным [10])**

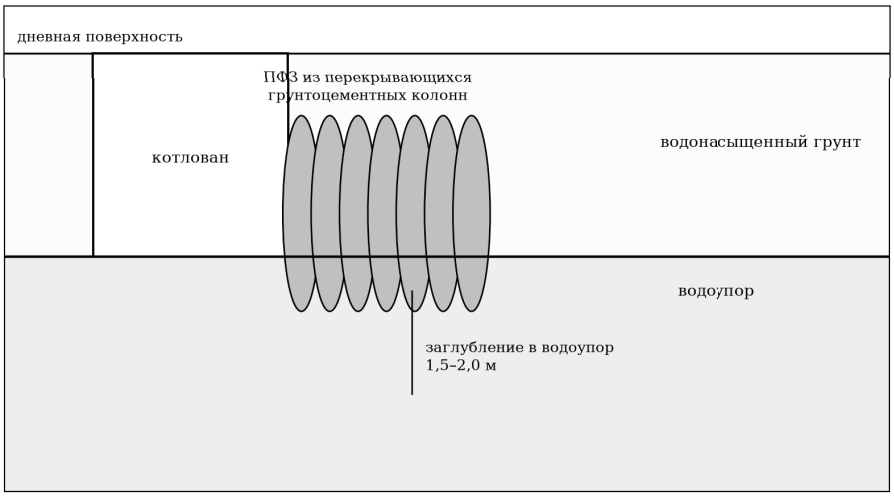


Рис. 3. **Принципиальная схема вертикальной противофильтрационной завесы**

291.1325800.2017 и внедрена на транспортных объектах Москвы [12, 13].

4. Контроль качества и перспективы

Специфическая проблема струйной цементации в том, что её продукт скрыт в массиве. Нормативная документация основным способом контроля предписывает отбор кернов, однако этот метод дорогостоящ и выполняется после твердения материала — корректировать технологию по его результатам уже поздно [10]. Альтернативой стал оперативный контроль по параметрам грунтоцементной пульпы, извлекаемой из скважины в ходе работ: плотность пульпы коррелирует с содержанием грунтовых частиц и, следовательно, с ожидаемой прочностью. В работах А. Г. Малинина и И. А. Салмина показана возможность оценивать прочность элементов по прочности пульпы, что позволяет управлять качеством непосредственно в процессе производства [11]. Развитием подхода служат статистические методы: по совокупности замеров плотности излива и режимов строятся прогнозные оценки прочности и жёсткости, сокращающие объём разрушающего контроля [4].

Сдерживающие факторы технологии при этом известны: высокая стоимость и отсутствие гарантии проектных параметров без развитой системы контроля; в глинистых грунтах прочность грунтоцемента систематически ниже, чем в песках [1, 10]. В числе перспективных направлений — нормативное закрепление статистических методов, автоматизация регистрации технологических параметров с привязкой к информационной модели объекта и расширение применения техногенных вяжущих; отдельная задача — оценка долговечности грунтоцемента в агрессивных средах [9, 10].

Заключение

Проведённый анализ позволяет сделать следующие выводы. Во-первых, струйная цементация стала универсальным инструментом геотехники, охватывающим усиление оснований, ограждение котлованов и противофильтрационную защиту; выбор между схемами Jet 1, Jet 2 и Jet 3 определяется требуемым диаметром и качеством элемента в конкретных грунтовых условиях. Во-вторых, ключевым управляемым параметром остаётся водоцементное отношение: рост В/Ц с 0,8 до 3,0 снижает прочность грунтоцемента на порядок, а эффект добавок требует опытной проверки. В-третьих, узким местом остаётся контроль качества скрытых конструкций, и наиболее перспективен переход от постфактум-контроля кернами к оперативной оценке по параметрам пульпы со статистической калибровкой. Успешный опыт модификации трещиноватых скальных грунтов, кроме того, расширяет применимость метода за пределы дисперсных сред. Для фундаментостроения на слабых водонасыщенных грунтах струйная цементация обеспечивает сочетание технологической гибкости и минимального воздействия на окружающую застройку, недостижимого для большинства альтернативных методов.

Литература:

1. Малинин А. Г. Струйная цементация грунтов. — М.: Стройиздат, 2010. — 226 с.
2. Бройд И. И. Струйная геотехнология. — М.: Изд-во АСВ, 2004. — 448 с.
3. Ибрагимов М. Н., Семкин В. В., Шапошников А. В. Закрепление грунтов в подземном строительстве. — М.: Изд-во АСВ, 2022.
4. Мангушев Р. А., Усманов Р. А., Ланько С. В., Конюшков В. В. Методы подготовки и устройства искусственных оснований: учеб. пособие. — М.; СПб.: Изд-во АСВ, 2012. — 266 с.

5. СП 291.1325800.2017. Конструкции грунтоцементные армированные. Правила проектирования.
6. СП 45.13330.2017. Основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01–87.
7. Хамзина Е. А. Обзор применения технологии струйной цементации грунтов в качестве противофильтрационной завесы // Master's Journal. — 2024. — № 1. — Ст. 04.
8. Красилов А. А., Беккер А. Т., Чжан Ц., Бай С. Влияние водоцементной суспензии на свойства грунтоцемента при струйной цементации слабых грунтов // Вестник МГСУ. — 2025. — Т. 20, № 12. — С. 1947–1956.
9. Богов С. Г. Оптимизация струйной технологии цементации грунтов [Электронный ресурс] // Современное строительство и архитектура. — 2025. — № 3 (58). — URL: https://doi.org/10.60797/mca.2025.58.2 (дата обращения: 04.11.2026).
10. Антоненко Д. В., Шапошников А. В., Мисюк А. И. и др. Исследование вопросов оперативного контроля струйной цементации грунтов по параметрам грунтоцементной пульпы // Вестник НИЦ «Строительство». — 2024. — Т. 43, № 4. — С. 93–109.
11. Малинин А. Г., Салмин И. А. О возможности контроля прочности грунтоцементных элементов по прочности грунтоцементной пульпы [Электронный ресурс] // Жилищное строительство. — 2024. — № 9. — URL: https://doi.org/10.31659/0044–4472–2024–9–11–13 (дата обращения: 04.11.2026).
12. Зуев С. С., Маковецкий О. А. Закономерности изменения механических и фильтрационных свойств полускальных грунтов, модифицированных струйной цементацией // Жилищное строительство. — 2024. — № 9.
13. Маковецкий О. А., Конюхов Д. С., Зуев С. С. Опыт применения струйной цементации для устройства противофильтрационной завесы в скальных грунтах // Жилищное строительство. — 2020. — № 9. — С. 27–33.

Ремонт кровли ЦВК «Экспоцентр» с применением полимочевины Wotan®: опыт ООО «Полисфера»

Булгаков Сергей Александрович, заместитель генерального директора
ООО «Полисфера» (г. Москва)

В статье описан опыт ремонта кровли павильона № 2 ЦВК «Экспоцентр» в Москве. В 2022 году компания «Полисфера» выполнила гидроизоляционные работы на площади 20 450 м². Рассмотрены этапы подготовки старого рулонного покрытия, применения полимочевины Wotan® E101 и защитной эмали Wotan® WTC305, устройства деформационного шва между зданиями, а также особенности организации напыления при переменчивой погоде. Отдельно описан эпизод последующего демонтажа одного из павильонов: специалисты констатировали, что полимочевинное покрытие сохранило целостность при деформации конструкций.

Ключевые слова: *полимочевина, гидроизоляция кровли, Wotan E101, Wotan WTC305, ремонт рулонной кровли, polyurea, ЦВК «Экспоцентр».*

Введение

В 2022 году ООО «Полисфера» выполнило гидроизоляцию кровли павильона № 2 Центрального выставочного комплекса «Экспоцентр» в Москве. Площадь выполненных работ составила 20 450 м².

К моменту ремонта существующая рулонная кровля эксплуатировалась много лет. На отдельных участках появились повреждения, возникли протечки. При этом задача специалистов заключалась не в полной замене кровельного покрытия, а в восстановлении его гидроизоляции. Для этого применялась напыляемая полимочевина Wotan® E101 с защитным покрытием Wotan® WTC305.

Работы велись на действующем выставочном объекте. На кровле находились вентиляционные установки, оборудование связи, инженерные коммуникации и водосточные системы, поэтому требовалось не только нанести новое покрытие на большую площадь, но и аккуратно обработать примыкания, парапеты, проходы оборудования и деформационные швы.

Состояние кровли до начала ремонта

Павильон № 2 имел основную кровлю над выставочными залами и шесть выступающих башен с техническими помещениями. Высота кровельных поверхностей составляла от 12,1 до 15,8 м. Основное покрытие было уложено по стальному профилированному листу, на котором находилась пароизоляция, теплоизоляция и рулонная битумная гидроизоляция. На башнях основанием служили железобетонные плиты с выравнивающей стяжкой. Эти сведения были приведены в техническом задании заказчика [1].

Главная сложность заключалась в состоянии существующего покрытия. На старой рулонной кровле со временем

образовались вздутия, были нарушены примыкания и повреждены отдельные участки. Нанесение нового слоя без устранения таких дефектов не решило бы проблему протечек.

Техническое задание предусматривало локальный ремонт повреждённых мест, очистку кровли, обработку деформационных швов и устройство дополнительной гидроизоляции. Полный демонтаж старого покрытия на всей площади не предусматривался [1].

Подготовка поверхности и нанесение покрытия

Первый этап — подготовка существующей кровли. Повреждённые и вздувшиеся участки рулонного покрытия необходимо было вскрыть, удалить дефектный материал и восстановить основание. Затем поверхность следовало очистить от пыли и загрязнений. Техническим заданием предусматривалось использование мойки высокого давления с применением обезжиривающих составов. Требовалось также установить дополнительные кровельные аэраторы для отвода накопившейся влаги [1].

Особого внимания требовали участки вокруг вентиляционных установок, парапетов и других элементов, проходящих через кровлю. Именно в таких местах большое значение имеет подготовка основания и правильное выполнение примыканий.

По техническому заданию система включала грунтовку Wotan P03, напыляемый слой полимочевины толщиной не менее 2 мм, межслойный праймер Wotan P09 и двухслойное защитно-декоративное покрытие. Это проектные требования. При выполнении работ использовалась полимочевина Wotan® E101 и алифатическая защитная эмаль Wotan® WTC305 [1, 2].

Полимочевина наносится с помощью специального оборудования высокого давления. Два компонента поступают в распылительный пистолет, смешиваются при нанесении и быстро образуют сплошной полимерный слой. В отличие от рулонных материалов, на основном поле кровли не требуется соединять отдельные полотна нахлёстами.

Защитная эмаль Wotan® WTC305 выполняла две задачи: служила финишным покрытием и позволяла выполнить предусмотренное проектом цветовое оформление кровли. Основным цветом был небесно-синий (RAL 5015). Для надписи и эмблемы использовали сигнальный белый цвет (RAL 9003) [1, 2].

Организация работ с учётом погодных условий

Погодные условия в Московском регионе часто меняются, что необходимо учитывать при проведении кровельных работ. В погожие дни на объект выводились одновременно три бригады для напыления полимочевины. Это позволило выполнить бóльший объём работ в благоприятных условиях.

Чтобы избежать простоев, на объект доставили необходимые запасные части для оборудования и подменные распылительные пистолеты. Если во время напыления пистолет забивался, его сразу заменяли исправным. Снятый пистолет передавали отдельному сотруднику для очистки и обслуживания, бригада тем временем продолжала работу.

Ещё одним важным решением стал предварительный прогрев компонентов в бочках с помощью нагревательных поясов. Материал подготавливали до подачи в установку, в результате сокращалось время его дальнейшего про-



Рис. 1. **Нанесение полимерного покрытия на кровлю (фотография ООО «Полисфера»)**

грева оборудованием, что позволяло оперативно приступать к напылению.

Деформационный шов между зданиями

Одной из важных частей работы была гидроизоляция деформационного шва между двумя зданиями. Такой шов нужен для того, чтобы соседние конструкции могли немного перемещаться относительно друг друга при изменении температуры и других нагрузках.

Если просто закрыть шов жёстким слоем, при движении конструкций гидроизоляция может повредиться. Поэтому такие участки обрабатываются отдельно от основного поля кровли с учётом возможных перемещений. Техническое задание предусматривало армирование деформационных швов геотекстилем [1].

На рис. 2 показан участок шва в процессе работ как пример того, что даже при устройстве бесшовной кровли соединения между зданиями требуют отдельного внимания.

Нанесение надписи на кровлю и контроль с помощью квадрокоптера

Кровля «Экспоцентра» выполняла ещё и архитектурную задачу. На синее покрытие нужно было нанести крупную белую надпись «ЭКСПОЦЕНТР» и фирменный знак. Оценить точность расположения элементов, занимающих значительную часть крыши, на месте практически невозможно, увидеть их полностью можно только с высоты.

Для выполнения надписи использовали подготовленную схему размещения. В ходе работ специалисты «Полисферы» поднимали квадрокоптер и проверяли, как выглядят буквы и эмблема сверху, выдержаны ли пропорции и правильно ли они расположены относительно краёв кровли.

Состояние покрытия при демонтаже павильонов

В 2024 году было принято решение о создании Национального центра «Россия». Соответствующее распоряжение президент РФ подписал 1 июля того же года [3]. В 2025 году на территории бывшего «Экспоцентра» начался демонтаж части павильонов [4].

Во время разборки одного из зданий специалисты «Полисферы» обратили внимание на поведение полимочевинного покрытия Wotan®. По их наблюдению, при сильной деформации кровельных конструкций покрытие не разорвалось. Этот эпизод представляет практический интерес, поскольку материал находился на кровле до начала демонтажа и испытывал нагрузки, не характерные для режима обычной эксплуатации.

На рис. 4 видна частично разобранная конструкция павильона и сохранившиеся участки синего кровельного покрытия.

Заключение

Опыт ремонта кровли павильона № 2 ЦВК «Экспоцентр» показал, насколько важна подготовка старого основания. При выполнении гидроизоляционных работ на площади 20 450 м² с применением полимочевины Wotan® E101 и защитной эмали Wotan® WTC305 отдельного внимания потребовали повреждения прежнего покрытия и многочисленные примыкания.

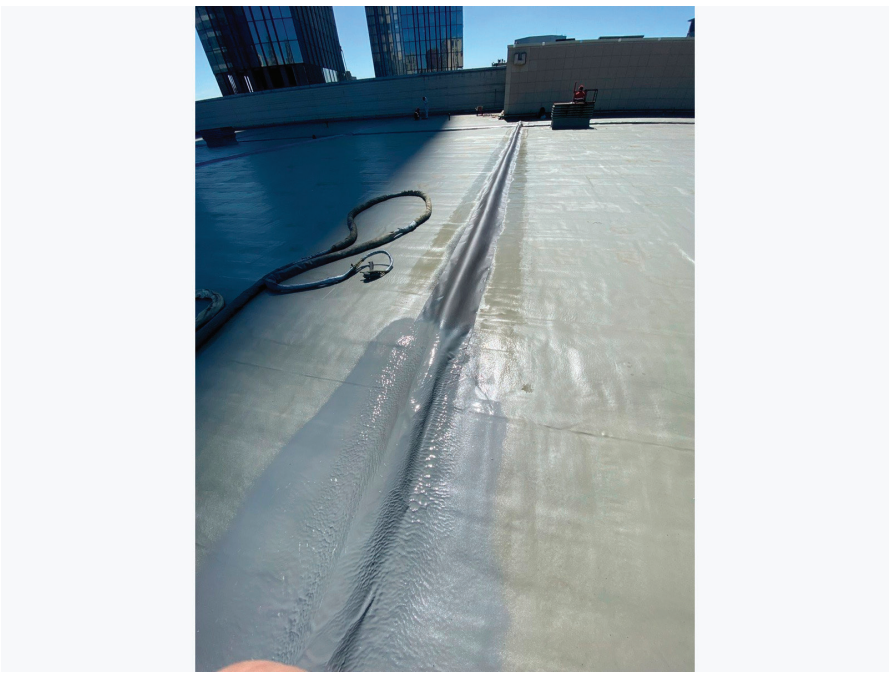


Рис. 2. **Гидроизоляция деформационного шва между зданиями (фотография ООО «Полисфера»)**



Рис. 3. **Кровля ЦВК «Экспоцентр» после завершения работ (фотография ООО «Полисфера»)**



Рис. 4. **Демонтаж одного из павильонов ЦВК «Экспоцентр» (фотография ООО «Полисфера»)**

Важной частью работы была гидроизоляция деформационного шва между зданиями. При организации напыления учитывалась переменчивость погоды: в благоприятные дни одновременно работали три бригады. Своевременная доставка запасных пистолетов и запчастей помогла избежать длительных простоев. Компоненты заранее прогревались в бочках нагревательными поясами. Помимо этого, пришлось решать необычную для кровельных работ задачу: наносить крупную надпись и проверять точность её расположения с помощью квадрокоптера.

Во время последующего демонтажа части павильонов специалисты обнаружили, что при деформации конструкций в одном из эпизодов полимочевина Wotan® сохранила целостность. Это наблюдение дополняет практический опыт применения материала.

Литература:

1. Техническое задание на выполнение работ по ремонту кровель павильонов № 2 и № 8 и вестибюля у павильона № 3 : приложение № 1 к договору № 22/21 от 04 мая 2022 г. / АО «Экспоцентр» // Архив ООО «Полисфера», 2022.

2. Гидроизоляция кровли павильона № 2 ЦВК «Экспоцентр»: описание проекта и фотографии // ООО «Полисфера» : сайт. — URL: https://pl-sfera.ru/projects/gidroizolyatsiya/gidroizolyatsiya-tsvk-ekspotsentr-pavilon-2/ (дата обращения: 03.11.2026).
3. О создании Национального центра «Россия» : распоряжение Президента Российской Федерации от 01.07.2024 № 199-рп // Система ГАРАНТ. — URL: https://base.garant.ru/409276898/ (дата обращения: 03.11.2026).
4. Фадеева, Е. Снимают крышу, половины вывески нет. Как разбирают павильоны «Экспоцентра» и что построят на его месте : фоторепортаж / Е. Фадеева, Д. Толстошеев // МСК1.ру. — 18.08.2025. — URL: https://msk1.ru/text/gorod/2025/08/18/75839839/ (дата обращения: 03.11.2026).

Проектирование вентиляции горячего цеха с учетом тепловыделений технологического оборудования

Варзегова Анастасия Андреевна, преподаватель;
Варзегов Ростислав Владиславович, студент магистратуры;
Рожков Андрей Владимирович, старший преподаватель;
Рожкова Елена Андреевна, студент
Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова (Казахстан)

Научный руководитель: Варзегов Владислав Ярославович, директор
ТОО «САНТЕХЭНЕРГОПРОЕКТ И К» (г. Караганда, Казахстан)

В статье авторы рассматривают особенности расчета воздухообмена в горячих цехах предприятий общественного питания. Определяются основные источники тепловыделений, включая технологическое электрооборудование и людей, а также рассматриваются методы определения требуемого объема удаляемого воздуха через местные вытяжные устройства. Особое внимание уделяется организации местной вытяжной вентиляции над тепловым оборудованием, размещению вытяжных зонтов и обеспечению нормативных параметров микроклимата в производственных и обеденных помещениях.

Ключевые слова: *вентиляция, местная вытяжная вентиляция, воздухообмен, общественное питание, кондиционирование воздуха, тепловыделения, технологическое оборудование, вытяжной зонт, микроклимат, расчет вентиляционных систем.*

На предприятиях общественного питания в процессе приготовления пищи выделяется значительное количество теплоты и влаги, что влияет на параметры микроклимата и условия труда персонала. Особенно актуальна эта проблема для горячих цехов, где одновременно работает несколько единиц теплового оборудования. Поэтому при проектировании таких помещений необходимо учитывать тепловыделения от оборудования и людей, определять требуемый воздухообмен и оценивать необходимость применения кондиционирования воздуха.

Целью статьи является рассмотрение методики расчета тепловыделений и воздухообмена в горячем цехе предприятия общественного питания, определение необходимой производительности местных вытяжных устройств и обоснование применения системы кондиционирования для поддержания требуемых параметров микроклимата.

Объекты общественного питания: Имущественные комплексы, используемые для производства, переработки, реализации и организации потребления продуктов питания [1].

Системы отопления, вентиляции и кондиционирования следует проектировать в целях обеспечения необходимых показателей микроклимата во всех помещениях объектов питания [1].

Расчет воздухообмена следует производить на поглощение теплоизбытка от людей, солнечной радиации или электроосвещения и технологического теплового оборудования [1].

Расчет выполнен по «Рекомендациям по расчету систем вентиляции и кондиционирования воздуха в горячих цехах предприятий общественного питания» [2].

Тепловыделения от электрического оборудования, поступающие в горячий цех, определяются по формуле 1:

$$Q = 860 \cdot К_0\left[N_у^м \cdot К_з \cdot (1 - К_1)\right], ккал/ч \quad (1)$$

где $N_у^м$ — установочная мощность модулированного электрического оборудования, кВт;

K_0 — коэффициент одновременности работы теплового оборудования, $K_0 = 0{,}8$;

K_3 — коэффициент загрузки теплового оборудования, кВт;

K_1 — коэффициент эффективности работы приточно-вытяжных локализующих устройств, равный 0,75.

Печь конвекционная $N_{у}^{м} = 14$кВт, $К_{з} = 0{,}5$.Расчет тепловыделения определен по формуле 1.1;

Электрическая сковорода $N_{у}^{м} = 12$кВ, $К_{з} = 0{,}5$. Расчет тепловыделения определен по формуле 1.2;

Фритюрница $N_{у}^{м} = 15$кВ, $К_{з} = 0{,}65$. Расчет тепловыделения определен по формуле 1.3;

Плита электрическая $N_{у}^{м} = 22{,}8$кВт, $К_{з} = 0{,}65$.Расчет тепловыделения определен по формуле 1.4;

Плита электрическая + стенд $N_{у}^{м} = 5{,}6$кВт, $К_{з} = 0{,}65$–2шт. Расчет тепловыделения определен по формуле 1.5;

$$Q_{\text{печь.ковекц.}} = 860 \cdot 0{,}8 \cdot [14 \cdot 0{,}5 \cdot (1 - 0{,}75)] = 1958 \text{ ккал/ч}; \quad (1.1)$$

$$Q_{\text{эл.сковорода}} = 860 \cdot 0{,}8 \cdot [12 \cdot 0{,}5 \cdot (1 - 0{,}75)] = 1282 \text{ ккал/ч}; \quad (1.2)$$

$$Q_{\text{фритюрница}} = 860 \cdot 0{,}8 \cdot [15 \cdot 0{,}65 \cdot (1 - 0{,}75)] = 1924 \text{ ккал/ч}; \quad (1.3)$$

$$Q_{\text{эл.плита}} = 860 \cdot 0{,}8 \cdot [22{,}8 \cdot 0{,}65 \cdot (1 - 0{,}75)] = 2125 \text{ ккал/ч}; \quad (1.4)$$

$$Q_{\text{эл.пл.+стенд}} = 860 \cdot 0{,}8 \cdot [5{,}6 \cdot 0{,}65 \cdot (1 - 0{,}75)] = 418 \cdot 2 = 836 \text{ ккал/ч}. \quad (1.5)$$

Общие тепловыделения от электрического оборудования, поступающие в горячий цех, определяются по формуле 2:

$$Q_1 = Q_{\text{печь.ковекц.}} + Q_{\text{эл.сковорода}} + Q_{\text{фритюрница}} + Q_{\text{эл.плита}} + Q_{\text{эл.пл.+стенд}} = 8125 \text{ ккал/ч} \quad (2)$$

Количество тепла, выделяемое людьми, подсчитывается по формуле 3:

$$Q_2 = n_1 q_1 + n_2 q_2 \ = n_2 q_2 = 5 \cdot 175 = 875 \text{ ккал/ч} \quad (3)$$

где n_1 — количество посетителей в торговом зале, принимается по числу посадочных мест;

n_1 — количество обслуживающего персонала;

q_1 —полные тепловыделения от одного посетителя при легкой работе, ккал/ч;

q_2 —полные тепловыделения от одного работающего при работе средней тяжести, ккал/ч;

Общие тепловыделения в производственном цехе определены по формуле 4:

$$Q_{\text{общ}} = Q_1 + Q_2 = 8125 + 875 = 9000 \text{ ккал/ч} \quad (4)$$

Оборудование и моечные ванны, являющиеся источниками повышенных выделений влаги, тепла, газов, оборудуются локальными вытяжными системами с преимущественной вытяжкой в зоне максимального загрязнения [3].

Объем воздуха, удаляемого через зонты над тепловым оборудованием, определяется по формуле 5:

$$L_{\text{в}} = \frac{Q}{c \cdot \Delta\text{T} \cdot 1{,}2}, \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}. \quad (5)$$

Объем воздуха, удаляемого через зонты над конвекционной печью, определяется по формуле 5.1:

$$L_{\text{печь.ковекц.}} = 1958/0{,}24 \cdot 10 \cdot 1{,}2 = 680 \approx 700, \text{м}^3/\text{ч}; \quad (5.1)$$

Объем воздуха, удаляемого через зонты над электрической сковородой, определяется по формуле 5.2:

$$L_{\text{эл.сковорода}} = 1282/0{,}24 \cdot 10 \cdot 1{,}2 = 445 \approx 500, \text{м}^3/\text{ч}; \quad (5.2)$$

Объем воздуха, удаляемого через зонты над фритюрницей, определяется по формуле 5.3:

$$L_{\text{фритюрница}} = 1924/0{,}24 \cdot 10 \cdot 1{,}2 = 668 \approx 700, \text{м}^3/\text{ч}; \quad (5.3)$$

Объем воздуха, удаляемого через зонты над электрической плитой, определяется по формуле 5.4:

$$L_{\text{эл.плита}} = 2125/0{,}24 \cdot 10 \cdot 1{,}2 = 738 \approx 750, \text{м}^3/\text{ч}; \quad (5.4)$$

Объем воздуха, удаляемого через зонты над электрической плитой и стендом, определяется по формуле 5.5:

$$L_{\text{эл.плиты+стенд}} = 418/0{,}24 \cdot 10 \cdot 1{,}2 = 145 \cdot 2 = 290 \approx 300, \text{м}^3/\text{ч}. \quad (5.5)$$

Для повышения эффективности удаления загрязненного горячего воздуха от поверхностей приготовления пищи необходимо осуществлять установку вытяжных зонтов полочного или навесного типа. Как правило, размеры зонта должны быть больше размера поверхности приготовления пищи не менее чем на 15 см во избежание загрязнения зонта полочного типа или потери эффективности [3].

Устройство системы кондиционирования следует предусматривать в обеденных залах и производственных помещениях объектов питания при значительных тепловыделениях. Остальные служебные помещения необходимо оснащать системой приточно-вытяжной вентиляции [1].

В проекте, помимо общеобменной вентиляции и местных вытяжных зонтов, предусмотрена система кондиционирования воздуха. Необходимость ее применения обусловлена значительными тепловыделениями от технологического оборудования и других источников теплоты, которые создают дополнительную тепловую нагрузку на помещения горячего цеха. Общеобменная вентиляция и местные вытяжные устройства обеспечивают удаление нагретого и загрязненного воздуха, однако для компенсации избыточных теплопоступлений и поддержания требуемой температуры воздуха необходимо предусмотреть кондиционирование. Совместная работа данных систем позволит обеспечить нормативные параметры микроклимата, создать комфортные условия труда для персонала и повысить эффективность эксплуатации инженерных систем предприятия общественного питания.

Таким образом, расчет воздухообмена в горячих цехах предприятий общественного питания является важным этапом проектирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Его выполнение требует учета особенностей технологического процесса, характеристик установленного оборудования, количества людей и величины тепловыделений, поступающих в помещение.

Рассмотренная методика предусматривает определение тепловыделений от технологического электрооборудования и людей, оценку общих теплопоступлений в горячий цех и расчет объемов воздуха, удаляемого через местные вытяжные устройства. Полученные расчетные параметры служат основой для определения требуемой производительности вентиляционных систем и выбора соответствующего оборудования.

Особое значение имеет организация местной вытяжной вентиляции над источниками повышенных выделений теплоты, влаги и загрязняющих веществ. Эффективность ее работы зависит от правильного выбора размеров и расположения вытяжных зонтов, а также от обеспечения необходимого расхода удаляемого воздуха. Практическое применение рассмотренного подхода позволяет обосновать параметры вентиляционных систем с учетом особенностей конкретного горячего цеха и создать условия для поддержания требуемого микроклимата в производственных помещениях.

Литература:

1. СН РК 3.02–21–2011 «Объекты общественного питания».
2. Рекомендациям по расчету систем вентиляции и кондиционирования воздуха в горячих цехах предприятий общественного питания.
3. СП РК 3.02–121–2012 «Объекты общественного питания».

Современные технологии замены междуэтажных перекрытий при реконструкции зданий исторической застройки

Шилова Александра Павловна, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В статье рассматриваются основные причины замены междуэтажных перекрытий зданий исторической застройки, а также современные технологические решения, применяемые при их реконструкции. Проанализированы особенности применения указанных технологий. Установлено, что выбор конструктивно-технологического решения осуществляется с учётом технического состояния существующих конструкций, результатов обследования и условий производства работ.

Ключевые слова: *реконструкция зданий, замена перекрытий, металлические балки, железобетонные плиты.*

Междуэтажные перекрытия являются одним из основных несущих элементов остова здания, они обеспечивают пространственную жесткость, воспринимают эксплуатационные нагрузки, а также передают нагрузки на вертикальные несущие элементы здания. Таким образом работы по сохранению междуэтажных перекрытий обеспечивают безопасность и долговечность всего здания.

В зданиях исторической застройки встречаются три типа перекрытий: перекрытия из бревен лиственного, дубового или соснового бруса, металлическое балки как правило двутаврового сечения, получили свое распространение в период развития металлургической промышленности с 1870-х годов, железобетонные перекрытия, которые начали применяться с конца XIX века [1] [2].

Основной причиной замены деревянных перекрытий является биологическое разрушение деревянных конструкций, так как деревянные балки подвержены влиянию грибков, плесени и жуков-древоточцев. Биологическое разрушение конструкции перекрытия происходит вследствие повышенной влажности и недостаточной вентиляции помещений, что приводит к разрушению конструкции. Особую опасность при биологических разрушениях представляют скрытые повреждения концов балок в местах заделки в каменную кладку, так как данный тип повреждений достаточно долго может оставаться не заметным при визуальном осмотре конструкций. [3]

Ввиду долгого строка эксплуатации (более 100 лет) балки перекрытия могли подвергаться экстремальным механическим воздействиям в результате частичных разрушений или повреждения зданий, вследствие чего происходит потеря несущей способности перекрытия. Еще одной причиной реконструкции является увеличение допустимого прогиба, вследствие увеличения допустимой нагрузки на перекрытие. Наиболее часто увеличение допустимого прогиба наблюдается у металлических балок. Также к причинам, влияющим на состояние конструкции перекрытия относятся: неравномерная осадка фундаментов вследствие гидрогеологических процессов, проходящих в грунтах, деформация кирпичной кладки несущих стен из-за неравномерных осадок фундамент.

Самой распространенной технологией реконструкцией перекрытий является замена существующих балок металлическими. Данная технология применяется пре-

имущественно в случаях, когда техническое состояние имеющихся балок перекрытий не позволяет обеспечить дальнейшую безопасную эксплуатацию.

Метод замены балок на металлические заключается в демонтаже существующих балок и последующей установке металлических балок необходимого сортамента в ранее существующие опорные гнёзда стен. Основным преимуществом данной технологии является высокая несущая способность металлических балок, что позволяет сохранить открытые планировки, характерные для зданий исторической застройки.

В случаях, когда проведение работ происходит над жилым или эксплуатируемым помещением, применяется технология дублирования балок перекрытия. Суть данного метода заключается в установке в новые гнёзда, которые находятся рядом с уже существующими металлических балок. При этом уже существующие элементы сохраняются и продолжают воспринимать нагрузку от собственного веса, тогда как вновь установленные металлические балки образуют самостоятельную несущую систему. Применение данной технологии позволяет сократить объем демонтажных работ поскольку уже существующие балки не удаляют. К основным недостаткам данной технологии относится сложность монтажа в стесненных условиях из-за необходимости точного сопряжения уже существующих балок и устанавливаемых.

Одним из технологических решений, применяемых при реконструкции перекрытий является устройство сталебетонной конструкции. Данная технология заключается в устройстве монолитной железобетонной плиты, которая технологически связывается с существующими металлическими балками перекрытия посредством анкерных элементов, входящих в тело плиты. Использование данной технологии позволяет выполнять реконструкцию перекрытий с минимальными воздействиями на нижележащее помещение, что является важным фактором при проведении работ в зданиях, в которых невозможно прекратить эксплуатацию всех помещений на период производства работ.

При реконструкции зданий с ограниченной несущей способностью существующих конструкций одним из возможных решений является применение облегченных перекрытий на основе металлического каркаса. Данная технология предусматривает устройство несущей системы из профильных металлических труб, устанавливаемых с определенным шагом. Расположение элементов каркаса назначается таким образом, чтобы стыки листовых материалов приходились непосредственно на несущие профили.

После монтажа металлического каркаса пространство между профильными трубами заполняется лёгкой минеральной ватой. В качестве настила применяются листы фанеры, укладываемые в несколько слоев. Между собой листы соединяются клеем на основе поливинилацетата. За счет проклейки швов фанеры между собой образуется монолитное основание, в результате получаем подходящий под укладку паркета или ламината чистовой пол. К достоинствам данной технологи относится возможность усиления балок без их полной замены, а также проведение работ над эксплуатируемыми помещениями. Таким образом, применение металлического каркаса с листовым настилом является одним из вариантов устройства облегченных перекрытий, позволяющим сократить нагрузку

на существующие конструкции и сохранить возможность эксплуатации здания на период реконструкции [4].

Перспективным направлением совершенствования конструкций перекрытий при реконструкции зданий является применение монолитных железобетонных плит с не извлекаемыми вкладышами-пустотообразователями. Основной принцип данной технологии заключается в уменьшении объема бетона за счет исключения из конструкции участков, не участвующих непосредственно в восприятии основных усилий.

В результате формируется облегчённая железобетонная конструкция, сохраняющая необходимые прочностные характеристики при меньшей собственной массе.

Применение пустотообразователей позволяет сократить расход бетонной смеси ориентировочно на 20–40 % в зависимости от конструктивной схемы, геометрических параметров плиты и типа используемых вкладышей. Снижение массы перекрытия способствует уменьшению нагрузки на опорные элементы здания, что особенно актуально при реконструкции существующих объектов с ограниченной несущей способностью конструкции.

Технологический процесс устройства облегченных монолитных перекрытий включает в себя следующие основные операции:

– устройство опалубки, обеспечивающей формирование проектной геометрии плиты;

– установка не извлекаемых вкладышей-пустотообразователей в соответствии с принятой конструктивной схемой;

– монтаж арматурных каркасов главных и второстепенных балок;

– выполнение бетонирования с обеспечение проектного положения пустотообразователей и арматурных элементов.

Использование пустотообразователей позволяет уменьшить массу железобетонной конструкции, сократить расход материалов и снизить нагрузку на существующие элементы здания [5].

В результате рассмотрения основных технологий по замене перекрытий установлено, что выбор метода реконструкции определяется совокупностью конструктивных, технических и организационных факторов. Окончательный выбор технологии замены перекрытий должен основываться на результатах технического обследования здания, расчете несущей способности конструкций и оценке возможности выполнения работ в конкретных условиях реконструкции.

Литература:

1. С. Парринелло, С. В. Максимова «Современные методы архитектурного обследования городской среды»
2. http://remontfond-spb.ru/zamena-perekrytij
3. https://gip.su/publikacii/priznaki-avarijnogo-sostojanija-derevjannyh-konstrukcij
4. https://kapremont78.ru/uslugi/kapitalnyj-remont-perekrytij
5. Топчий Д. В., Болотова А. С., Воробьёв А. С., Атаманенко А. В. Техническое нормирование технологии устройства железобетонных плит перекрытия с применением неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей

МЕДИЦИНА

Гигиена как основа профилактической медицины: историческое развитие и современные подходы

Бердыева Ляле Язджанова, преподаватель
Туркменский государственный медицинский университет имени М. Гаррыева (г. Ашхабад, Туркменистан)

Гигиена является фундаментальной областью медицинской науки, изучающей закономерности влияния факторов окружающей среды и образа жизни на здоровье человека. Её развитие связано с формированием санитарных норм, совершенствованием эпидемиологического контроля и становлением профилактической медицины. В современных условиях гигиенические мероприятия направлены на предупреждение инфекционных и неинфекционных заболеваний, обеспечение безопасной среды обитания, снижение воздействия профессиональных и экологических факторов риска. В статье рассмотрены исторические этапы становления гигиены, её основные направления, значение в профилактике заболеваний и современные подходы к охране общественного здоровья. Подчёркивается необходимость междисциплинарного взаимодействия, санитарного просвещения населения и внедрения научно обоснованных профилактических программ.

Ключевые слова: *гигиена, профилактическая медицина, общественное здоровье, санитария, профилактика заболеваний, окружающая среда, санитарный контроль.*

Профилактика заболеваний является одним из приоритетных направлений современной медицины. Несмотря на значительные достижения диагностики и лечения, многие заболевания могут быть предупреждены посредством улучшения санитарных условий, контроля факторов риска и формирования здорового образа жизни. Гигиена обеспечивает научную основу таких мероприятий, исследуя влияние воды, воздуха, питания, условий труда, жилища и социальных факторов на организм человека.

Актуальность темы обусловлена ростом экологических и профессиональных рисков, распространением хронических неинфекционных заболеваний и сохраняющейся угрозой инфекционных болезней. Согласно оценке Всемирной организации здравоохранения, значительная часть бремени заболеваний связана с модифицируемыми факторами окружающей среды, что подчёркивает важность профилактических мер Всемирная организация здравоохранения

Цель работы — рассмотреть историческое развитие гигиены, определить её значение в системе профилактической медицины и охарактеризовать современные подходы к охране здоровья населения.

Историческое развитие гигиены

Истоки гигиены связаны с практическими представлениями древних цивилизаций о чистоте воды, пищи, жилища и общественных пространств. В трудах Гиппократа подчёркивалась связь здоровья с климатом, водоснабжением и образом жизни. В Древнем Риме создавались системы водоснабжения, канализации и общественных бань, имевшие важное санитарное значение.

В Средние века эпидемии способствовали развитию изоляционных и санитарных мероприятий. Научное становление гигиены ускорилось в XIX веке благодаря развитию микробиологии и эпидемиологии. Исследования Луи Пастера и Роберта Коха укрепили понимание роли микроорганизмов в инфекционной патологии. Развитие санитарного надзора, очистки воды и профилактических программ постепенно превратило гигиену в важнейшую составляющую общественного здравоохранения. [2; 3].

Основные направления современной гигиены

Современная гигиена включает ряд взаимосвязанных направлений. Гигиена окружающей среды изучает влияние качества воздуха, воды, почвы, шума и химических загрязнителей на здоровье. Гигиена питания оценивает безопасность пищевых продуктов, рациональность питания и роль пищевых факторов в профилактике заболеваний.

Гигиена труда исследует воздействие производственных факторов и разрабатывает меры предупреждения профессиональной патологии. Коммунальная гигиена занимается санитарным состоянием населённых пунктов, водоснабжением, удалением отходов и условиями проживания. Гигиена детей и подростков изучает

влияние учебной нагрузки, физической активности, сна и окружающей среды на развитие организма.

Комплексное применение этих направлений позволяет выявлять факторы риска на индивидуальном и популяционном уровнях и формировать целевые профилактические программы. [2; 4].

Роль гигиены в профилактике инфекционных заболеваний

Гигиенические мероприятия имеют существенное значение для ограничения передачи инфекционных возбудителей. Безопасная питьевая вода, санитарное удаление отходов, правильное хранение и приготовление пищи снижают риск кишечных инфекций. Соблюдение правил личной гигиены, особенно гигиены рук, уменьшает вероятность передачи патогенных микроорганизмов в бытовой и общественной среде.

В медицинских организациях гигиена рук, очистка и дезинфекция поверхностей, соблюдение стандартных мер предосторожности и правильная обработка медицинских изделий являются важными компонентами профилактики инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи. [5; 6]. ВОЗ также рассматривает доступ к средствам гигиены рук в домашних, общественных и институциональных условиях как значимую меру защиты здоровья населения [7].

Гигиена окружающей среды и неинфекционные заболевания

Состояние окружающей среды влияет не только на распространение инфекций, но и на риск развития хронических заболеваний. Загрязнение атмосферного воздуха связано с неблагоприятными последствиями для сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Воздействие химических веществ, шум, небезопасные условия труда и недостаточное качество жилищной среды также могут отрицательно влиять на здоровье.

Литература:

1. Prüss-Ustün A., Wolf J., Corvalán C., Bos R., Neira M. Preventing Disease through Healthy Environments: A Global Assessment of the Burden of Disease from Environmental Risks. 2nd ed. Geneva: World Health Organization; 2016. 147 p. Всемирная организация здравоохранения +1
2. Park K. Park's Textbook of Preventive and Social Medicine. 25th ed. Jabalpur: M/s Banarsidas Bhanot Publishers; 2019. 1000 p. libopac.nimhans.ac.in
3. Porter D. Health, Civilization and the State: A History of Public Health from Ancient to Modern Times. London: Routledge; 1999.
4. Friis R. H. Essentials of Environmental Health. 3rd ed. Burlington, MA: Jones & Bartlett Learning; 2018.
5. World Health Organization. WHO Guidelines on Hand Hygiene in Health Care. Geneva: WHO; 2009.
6. Centers for Disease Control and Prevention. CDC's Core Infection Prevention and Control Practices for Safe Healthcare Delivery in All Settings \ [Электронный ресурс\]. 2024. URL: [https://www.cdc.gov/infection-control/hcp/core-practices/](https://www.cdc.gov/infection-control/hcp/core-practices/?utm_source=chatgpt.com) (дата обращения: 01.11.2026). CDC

Дисбаланс кортизола при хроническом стрессе

Дорохова Полина Юрьевна, студент
Научный руководитель: Лущик Марина Валерьевна, кандидат биологических наук, доцент
Воронежский государственный медицинский университет имени Н. Н. Бурденко

В статье рассматривается роль кортизола, обеспечивающего адаптацию организма к стрессовым воздействиям. Описаны ключевые физиологические функции кортизола. Представлена последовательность этапов синтеза кортизола.

Ключевые слова: *кортизол, хронический стресс, стероидный гормон, дисбаланс.*

Кортизол — это стероидный гормон, который обеспечивает адаптацию организма к стрессу, а также принимает участие в регуляции обмена веществ, иммунитета и многих других жизненно важных функций. Под действием стресса, физической нагрузки или эмоционального напряжения в гипоталамусе активируется выработка кортиколиберина, который действует на гипофиз, что способствует выделению андренокортикотропного гормона (АКТГ). В результате действия АКТГ на кору надпочечников происходит высвобождение кортизола. Данный гормон может проходить через гематоэнцефалический барьер, в головном мозге он связывается с минералокортикоидными и глюкокортикоидными рецепторами, которые находятся в лимбической системе.

Это приводит к уменьшению выброса кортиколиберина и АКТГ. Также существует местная регуляция уровня кортизола 11β-гидроксистероиддегидрогеназой 1 и 11β-гидроксистероиддегидрогеназой 2. Эти ферменты находятся в жировой ткани, печени, лёгких и некоторых отделах головного мозга. Фермент 11β-HSD1 способствует восстановлению неактивного кортизола в активный кортизол. Фермент 11β-HSD2 способствует переходу активного кортизола в неактивный кортизон.

Уровень кортизола изменяется в зависимости от времени суток. За час до пробуждения уровень кортизола начинает подниматься и через 40 минут достигает своего пика, чтобы подготовить организм к пробуждению. В течение дня концентрация кортизола в крови постепенно снижается и ночью его уровень становится минимальным, чтобы расслабить организм и подготовить его ко сну.

Действие кортизола на организм

Метаболическая регуляция: активирует глюконеогенез в печени и подавляет синтез гликогена. Снижает секрецию инсулина и глюкоза перестаёт поглощаться периферическими тканями. Стимулирует катаболизм белком в мышцах, земедляя их образование. Способствует расщеплению триглицеридов и перераспределение жира в организме.

Сердечно-сосудистая система: повышает артериальное давление, ускоряет сердечную деятельность.

Иммунная система: снижает активность макрофагов, лимфоцитов и иммуноглобулинов. Организм становится уязвим, возникают инфекционные и аутоиммунные заболевания.

Нервная система: улучшает память и концентрацию, поддерживает организм в тонусе [1].

Хронический стресс- это состояние, при котором организм находится в постоянном психическом и эмоциональном напряжении из-за длительного действия неблагоприятных фактором.

Развитие хронического стресса состоит из трёх стадий:

1) Стадия тревоги — характеризуется активной мобилизацией ресурсов организма в ответ на стрессовый фактор, происходит повышение кортизола в крови

2) Стадия адаптации — организм привыкает к длительному действию неблагоприятных факторов, продолжая расходовать запасные ресурсы организма. Уровень кортизола высокий

3) Стадия истощения — при длительном использование запасных ресурсов организма происходит их полное израсходование. Это приводит к нарушению работы системы организма и возникновению патологических состояний.

Симптомы хронического стресса

Физические проявления: отсутствие сил, бессонница, повышенное артериальное давление, снижение сопротивления иммунной системы, головные боли.

Когнитивные проявления: снижение концентрации и памяти, постоянное чувство тревоги, снижение работоспособности.

Поведенческие проявления: нервозность, отсутствие желания общения, переменчивость настроения [2].

Длительный стресс приводит к нарушению регуляции уровня кортизола и его концентрация в крови остаётся высоким продолжительное время. Основные механизмы дисрегуляции включают следующие звенья:

1) Нарушения отрицательной обратной связи. При длительном действие стрессорного фактора на организм чувствительность рецепторов лимбической системы к кортизолу снижается. В результате не происходит снижение АКТГ, следовательно и кортизола.

2) Нарушение циркадного ритма. Установлено, что хронический стресс приводит к проблемам со сном. В норме ночью содержание кортизола в крови минимально, но при сбитом ритме он остаётся высоким, что влечёт за собой нарушения системы организма.

3) Устойчивость тканей к кортизолу. Так, постоянно повышенный уровень кортизола в крови нарушает адекватное реагирование клеток на гормон из-за снижения экспрессии гена NR3C1. Данный ген кодирует глюкокортикоидный рецептор, с которым взаимодействует кортизол внутри клетки. Это приводит к нарушению отрицательно обратной связи.

4) Нарушение местной регуляции. В печени, жировой ткани, лёгких и головном мозге изменяется активность фермента 11β- гидроксистероиддегидрогеназой 1, который переводит неактивный кортизон в активный кортизол.

Длительное действие стресса на организм приводит к постоянной активации гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси, что приводит к регулярной циркуляции кортизола в крови. В норме гормон подавляет синтез провоспалительных медиаторов и уменьшат возникновение воспалительных реакций. При снижении чувствительности рецепторов к кортизолу, он начинает действовать на белковый комплекс NLRP3 инфламмасому, который способствует секреции интерлейкинов. В результате возникает активация провоспалительных медиаторов, что приводит к затяжным воспалительным процессам. Основными клиническими признаками хронического стресса и кортизола являются: сахарный диабет 2 типа, ожирение, артериальная гипертензия, риск атеросклероза, истончение кожи [3].

Литература:

1. Дедов И. И., Мельниченко Г. А., Фадеев В. Ф. Эндокринология. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. ISBN 978–5–9704–0529–1 С. 176- 186. (Дата обращения 23.10.2026). [Электронный ресурс]. URL: https://aspirantura1.ucoz.ru/_ld/1/107_BNI.pdf.

2. Акарачкова Е. С., Байдаулетова А. И., Беляев А. А. и др. Стресс: причины и последствия, лечение и профилактика / Клинические рекомендации. — СПб.: Скифия-принт; М.: Профмедпресс, 2020. С. 11–26. (Дата обращения: 23.10.2026). [Электронный ресурс]. URL: https://stressundercontrol.ru/assets/docs/2021/Стресс %20причины %20и %20следствия.pdf?ysclid=mvmih7pp61710093498.
3. Артемова Е. В. Особенности синтеза, активации и дезактивации глюкокортикоидов. Биологическая роль кортизола в метаболических нарушениях / Ожирение и метаболизм. — 2017. № 14 (2). С. 48–52. (Дата обращения 30.10.2026). [Электронный ресурс]. URL: https://www.omet-endojournals.ru/jour/article/view/8791?ysclid=mvvabybwe8319384098.

Оценка содержания медиаторов иммунного ответа у пациентов с неспецифическими осложнениями сальмонеллезной инфекции

Рыжова Ксения Дмитриевна, студент;
Царегородцева Софья Сергеевна, студент
Научный руководитель: Собчак Девора Михайловна, доктор медицинских наук, профессор;
Научный руководитель: Хряева Ольга Львовна, кандидат медицинских наук, доцент;
Научный руководитель: Морозова Ангелина Маратовна, ассистент
Приволжский исследовательский медицинский университет (г. Нижний Новгород)

Сальмонеллезная инфекция остается серьезной проблемой здравоохранения во всем мире, нередко приводя к специфическим и неспецифическим осложнениям. Целью данного исследования является оценка уровней провоспалительных цитокинов (ИЛ-1β, ИЛ-6, ФНО-α) у пациентов с антибиотико-ассоциированной диареей (ААД) и обострением хронического панкреатита, возникших на фоне сальмонеллеза.

Материалы и методы. В исследование были включены 85 пациентов с подтвержденным диагнозом сальмонеллезной инфекции, из которых у 20 было обострение хронического панкреатита и у 18 — антибиотико-ассоциированная диарея, возникшая в процессе лечения основного заболевания. Уровни цитокинов определяли с помощью ИФА с использованием моноклональных антител (ООО «Протеиновый контур» Санкт-Петербург»). Статистический анализ проводился с использованием IBM SPSS Statistics (версия 26.0).

Результаты. У пациентов с антибиотико-ассоциированной диареей наблюдалось двукратное снижение уровней ИЛ-1β и ИЛ-6 по сравнению с неосложненными случаями ($p<0,05$), что указывает на иммуносупрессию. Напротив, у пациентов с обострением хронического панкреатита был повышен уровень ФНО-α (в два раза выше, $p=0,002$), что отражает системную воспалительную реакцию и токсико-метаболические нарушения.

Заключение. У пациентов с сальмонеллезом, осложненным антибиотико-ассоциированной диареей отмечена супрессия синтеза ИЛ-1β, ИЛ-6. У больных с обострением хронического панкреатита при сальмонеллезной инфекции определялась активация синтеза ФНО-α, что характерно для некро-воспалительного синдрома.

Ключевые слова: *сальмонеллез, осложнения, провоспалительные цитокины, антибиотик-ассоциированная диарея, хронический панкреатит, ФНО-α, ИЛ-6, ИЛ-1β.*

Study of clinical and laboratory parameters in patients with nonspecific complications of salmonella infection

Ryzhova Kseniya Dmitriyevna, student;
Tsaregorodtseva Sofya Sergeevna, student
Scientific advisor: Sobchak Devora Mikhaylovna, doctor of medical sciences, professor;
Scientific advisor: Khryayeva Olga Lvovna, candidate of sciences in medicine, associate professor;
Scientific advisor: Morozova Angelina Maratovna, assistant
Privolzhsky Research Medical University (Nizhny Novgorod)

Salmonella infection remains a serious public health problem worldwide, often leading to serious complications, including antibiotic-associated colitis and exacerbation of chronic pancreatitis. The aim of this study was to evaluate the levels of pro-inflammatory cytokines (IL-1β, IL-6, TNF-α) in patients with complications of salmonella infection.

Materials and methods. The study included 85 patients with confirmed salmonellosis, of whom 20 had exacerbation of chronic pancreatitis, and 18 had antibiotic-associated colitis. Cytokine levels were measured by enzyme immunoassay and compared with those in uncomplicated cases. Statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics (version 26.0).

Results. In patients with antibiotic-associated colitis, there was a twofold decrease in IL-1β and IL-6 levels compared with uncomplicated cases (p<0.05), indicating immune suppression. On the contrary, patients with exacerbation of chronic pancreatitis had increased levels of TNF-α (twice as high, p=0.002), reflecting systemic inflammation. There were no significant differences in the levels of IL-1β and IL-6 in pancreatitis (p>0.05).

Conclusion. Complications of salmonellosis are associated with various cytokine profiles: immunosuppression (decreased levels of IL-1β/IL-6) in antibiotic-associated colitis, and systemic inflammation (increased levels of TNF-α) in acute pancreatitis.

Keywords: *salmonellosis, complications, pro-inflammatory cytokines, antibiotic-associated colitis, chronic pancreatitis, TNF-α, IL-6, IL-1β.*

Введение

Сальмонеллез — острая зоонозно-антропонозная инфекция, вызываемая многочисленными бактериями рода Salmonella, распространён повсевместно, регистрируется чаще в виде спорадических случаев и массивных вспышек [1, 2].

Несмотря на известные меры профилактики и лечения, в настоящее время сальмонеллезная инфекция остается серьезной проблемой общественного здравоохранения во всем мире, занимая одну из лидирующих позиций среди желудочно-кишечных инфекций. Виды Salmonella ответственны за широкий спектр заболеваний, начиная от бессимптомного носительства и самоограничивающегося гастроэнтерита, заканчивая тяжелыми инвазивными инфекциями, включая диссеминированные формы с формированием метастатических абсцессов [3]. Развитие устойчивости сальмонелл к антибактериальным препаратам еще больше осложняет стратегию лечения, приводя к длительному течению болезни, увеличению числа госпитализаций и повышенному риску формирования осложнений.

Согласно современным исследованиям, патогенез тяжелых и генерализованных форм сальмонеллезной инфекции может быть связан с избыточным иммунным ответом, опосредованным провоспалительными цитокинами, включая интерлейкин-1β (ИЛ-1β), интерлейкин-6 (ИЛ-6) и фактор некроза опухоли-альфа (ФНО-α) [4]. Эти цитокины играют решающую роль в защите организма, способствуя активации нейтрофилов, макрофагов, Т-эффекторных механизмов. Однако, чрезмерная активация синтеза провоспалительных цитокинов может привести к формированию системных, токсико-меболических нарушений [5,6].

Провоспалительные цитокины — это гликопротеины, которые обеспечивают межклеточную коммуникацию в иммунной системе. Они лишены специфичности по отношению к чужеродным антигенам. Большая их часть представлена на минимальном уровне при отсутствии инфекционной патологии. Гены этих медиаторов воспаления активируются при контакте человека с каким-либо инфекционным агентом [7].

Первоначальный иммунный ответ на бактериальные эндотоксины включает активацию фагоцитов, включая макрофаги и нейтрофилы. Эти клетки продуцируют ключевые провоспалительные цитокины, такие как ИЛ-1β, ИЛ-6 и ФНО-α. Эта цитокиновая среда стимулирует активацию и дифференцировку Т-хелперных лимфоцитов (подгруппы Th1 и Th2), а также инициирует реакцию острой фазы, управляя как местным, так и системным воспалением [4]. Величина этого провоспалительного цитокинового ответа часто является критическим фактором, определяющим тяжесть заболевания. В крайних случаях может возникнуть неадаптивная обратная связь, приводящая к «цитокиновому шторму». Такая гиперактивация иммунной системы способствует нарушению регуляции синтеза цитокинов. Это сопровождается повреждением эндотелия капилляров, гиперкоагуляцией, недостаточностью микроциркуляции и приводит к апоптозу клеток. Этот каскад является основной движущей силой синдрома полиорганной дисфункции (MODS) и ключевым кофактором токсико-метаболической дисрегуляции и некровоспалительных повреждений [8].

В то же время эти цитокиновые медиаторы играют важную роль в формировании полноценного адаптивного иммунного ответа. Они участвуют в активации Т- и В-лимфоцитов, стимулируют продукцию специфических антител, необходимых для эффективной элиминации возбудителя и завершения инфекционного процесса [6]. При недостаточной выраженности иммунного ответа инфекция может протекать субклинически, создавая условия для длительной персистенции возбудителя и формирования хронического носительства. Напротив, при тяжелом течении заболевания возможно истощение защитных иммунных механизмов, вследствие чего организм утрачивает способность эффективно контролировать инфекционный процесс. Это повышает вероятность генерализации инфекции, развития сепсиса и формирования вторичных метастатических очагов [9].

У пациентов пожилого возраста, особенно при наличии сопутствующей патологии, чаще наблюдается снижение эффективности иммунного ответа, что способствует развитию генерализованных и осложненных форм сальмонеллеза. На этом фоне возрастает вероятность неспецифических осложнений, а также обострения хронических заболеваний, включая хронический холецистит, панкреатит, пиелонефрит и другие состояния [10]. Кроме того, применение антибактериальных препаратов может сопровождаться нарушением состава нормальной кишечной микробиоты, что создает предпосылки для развития антибиотик-ассоциированной диареи (ААД) [11]. Понимание механизмов, лежащих в основе этих осложнений, имеет существенное значение для оптимизации тактики ведения пациентов и улучшения

результатов лечения. Учитывая данные факторы, существует необходимость в сбалансированном терапевтическом подходе, который подразумевает как эрадикацию сальмонелл, так и комплексную терапию осложненных форм сальмонеллезной инфекции с учетом иммуногенеза болезни [12,13].

Цель работы: оценить цитокиновый статус пациентов с сальмонеллезной инфекцией осложненной антибиотико-ассоциированной диареей и обострением хронического панкреатита.

Задачи:

1) Изучить содержание медиаторов иммунного ответа у пациентов с сальмонеллезной инфекцией, осложненной антибиотико-ассоциированной диареей.

2) Оценить цитокиновый статус у пациентов с сальмонеллезом, осложненным обострением хронического панкреатита, который был анамнестически установлен у пациентов.

Материалы и методы исследования

Для оценки особенностей цитокинового статуса было исследовано содержание провоспалительных цитокинов у 85 пациентов с сальмонеллезной инфекцией, средний возраст которых составил 62,4±4,6 года. Диагноз сальмонеллеза у всех включенных в исследование больных устанавливали на основании совокупности анамнестических, клинических и лабораторных данных. Учитывали характерное острое начало заболевания, повышение температуры тела и наличие гастроинтестинального синдрома. Этиологическая верификация диагноза проводилась бактериологическим методом и основывалась на выделении сальмонелл при исследовании образцов кала. Бактериологическое исследование кала проводилось на плотных питательных средах (среда Эндо). Всем пациентам была назначена стандартная терапия согласно Клиническим Рекомендациям (2024 год): этиотропная терапия (фторхинолоны, цефалоспорины 3-го поколения 7–10 дней), патогенетическая терапия: оральная регидратация, инфузионная терапия с целью возмещения объема циркулирующей крови и коррекции нарушений водно-электролитного баланса; пероральный прием сорбентов. Назначались препараты, способствующие пищеварению, включая ферментные препараты при недостаточной секреции желудочных и кишечных желез, поджелудочной железы с заместительной целью.

Среди обследованных пациентов обострение хронического панкреатита было выявлено в 20 случаях. Антибиотико-ассоциированная диарея (ААД), развившаяся на фоне проводимой антибактериальной терапии, зарегистрирована у 18 больных. Диагноз обострения хронического панкреатита у пациентов с сальмонеллезной инфекцией устанавливали на основании совокупности клинико-анамнестических данных и результатов лабораторного обследования. В анамнезе у больных были симптомы хронического панкреатита, что было подтверждено результатами эластазного теста, стеатореей, данными УЗИ (участки фиброза, наличие кальцинатов, диффузные изменения паренхимы, увеличением размеров поджелудочной железы). У пациентов на фоне гастроинтестинальных симптомов сальмонеллеза отмечено появление болей в верхних отделах живота или опоясывающего характера, отмечено повышение диастазы мочи (более 125 ЕД) и альфа-амилазы крови (более 100 ЕД/л), что было расценено как обострение хронического панкреатита.

Антибиотик-ассоциированная диарея, характеризуется наличием жидкого стула не менее 3 раз в сутки на фоне проведения антибактериальной терапии, при отсутствии других этиологических факторов, которая сохраняется более 4-х недель [14]. Диагноз антибиотико-ассоциированной диареи был установлен у больных с сальмонеллезной инфекцией, у которых на фоне проводимой антибактериальной терапии вновь появлялся жидкий стул и сохранялся более 1 месяца. При исследовании микробиоты кишечника методом ПЦР (тест — система Колонофлор-16) в кале определялись Enterobakter spp, Klebsiella, Proteus, Citrobacter, снижение Bifidobacterium менее 10^9 КОЕ/г, Lactobacillus менее 10^6 КОЕ/г.

С целью определения содержания медиаторов иммунного ответа в плазме крови был использован метод ИФА с применением моноклональных антител (ООО «Протеиновый контур» Санкт-Петербург). Контрольную группу составили здоровые доноры (60 человек). Показатели ФНО-α, ИЛ-1β, ИЛ-6, у здоровых доноров соответствовали 54,9±4,2Пг/мл, 45,2±3,3 Пг/мл; 43,4±2,5, Пг/мл.

Полученные результаты считались статистически значимыми при уровне $p \leq 0,05$. Статистическую обработку данных выполняли с помощью программного обеспечения IBM SPSS Statistics (Версия 26.0 для Windows).

Определялись отношение шансов (ОШ) и доверительный интервал (ДИ) для изучения связи уровня синтеза провоспалительных медиаторов у пациентов с неосложненными формами и при формировании неспецифических осложнений сальмонеллеза.

Результаты исследования

Одним из направлений проведенного исследования стало изучение уровня провоспалительных цитокинов у пациентов с сальмонеллезной инфекцией, течение которой осложнилось обострением хронического панкреатита.

Установлено, что у больных сальмонеллезом с сопутствующим обострением хронического панкреатита концентрация ФНО-α была приблизительно в 2 раза выше, чем у пациентов с неосложненным течением заболевания (табл.1,

табл.2). Эндотоксины бактерий повреждают сосудистую стенку, способствуют активации синтеза ферментов поджелудочной железы (трипсин, трипсиноген), что является фактором развития воспаления (6).

Таблица 1. **Содержание провоспалительных цитокинов у пациентов с сальмонеллезом с обострением хронического панкреатита (Пг/мл)**

		ИЛ-1β	ИЛ-6	ФНО-α
Сальмонеллез с обострением хронического панкреатита	20	75,3±6,0	81,6±6,5	112,7±9,4
Сальмонеллез без неспецифических осложнений	32	68,9±5,2 P=0,113	78,7±4,2 P=0,124	66,3±5,8 **P=0,002***

Таблица 2. **Частота повышения ФНО-α у пациентов с сальмонеллезом с обострением хронического панкреатита**

Форма болезни	ФНО-α более 2-х норм		ФНО-α менее 2-х норм		p	ОШ; 95 % ДИ
	абс	%	абс	%		
Сальмонеллез с обострением хронического панкреатита (n=20)	13	65,0	7	35,0	0,017	4,09; (1,28–13,07)
Сальмонеллез без неспецифических осложнений (n=32)	10	31,3	22	68,8		

Согласно результатам исследования, у пациентов с обострением хронического панкреатита содержание ФНО-α более 2-х норм определялось у 65 %, тогда как при отсутствии осложнения — у 31,3 % больных (p=0,017). Это подтверждает активацию фагоцитов, макрофагов, нейтрофилов, у больных с обострением хронического воспалительного процесса, что способствовало развитию некро-воспалительного синдрома, токсико-метаболических нарушений у больных с хроническим панкреатитом.

Следующим направлением исследования стала оценка цитокинового статуса у пациентов с сальмонеллезом, осложненным антибиотико-ассоциированной диареей.

Было установлено, что у пациентов с сальмонеллезной инфекцией, осложненной антибиотико-ассоциированной диареей, содержание ИЛ-1β и ИЛ-6 было в 2 раза ниже по сравнению с больными без признаков ААД (табл. 3, 4, 5).

Таблица 3. **Содержание провоспалительных цитокинов у пациентов сальмонеллезом с ААД (Пг/мл)**

		ИЛ-1β	ИЛ-6	ФНО-α
Сальмонеллез с ААД	18	43,5±3,4	36,3±3,3	52,7±4,6
Сальмонеллез без неспецифических осложнений	32	68,9±5,2 **P=0,023***	78,7±4,2 **P=0,034***	66,3±5,8 P=0,352

Таблица 4. **Частота повышения ИЛ-1β у пациентов с сальмонеллезом с ААД**

Форма болезни	ИЛ-1β менее 2-х норм		ИЛ-1β более 2-х норм		p	ОШ; 95 % ДИ
	абс.	%	абс.	%		
Сальмонеллез с ААД (n=18)	11	61,1	7	38,9	0,046	3,46; (1,06–11,25)
Сальмонеллез без неспецифических осложнений (n=32)	10	31,3	22	68,8		

Таблица 5. **Частота повышения ИЛ-6 у пациентов с сальмонеллезом с ААД**

Форма болезни	ИЛ-6 менее 2-х норм		ИЛ-6 более 2-х норм		p	ОШ; 95 % ДИ
	абс.	%	абс.	%		
Сальмонеллез с ААД (n=18)	12	66,7	6	33,3	0,020	4,40; (1,28–15,10)
Сальмонеллез без неспецифических осложнений (n=32)	10	31,3	22	68,8		

При анализе полученных результатов было показано, что у пациентов с формированием антибиотико-ассоциированной диареи на фоне сальмонеллезной инфекции, содержание ИЛ-1β менее 2-х норм определялось у 61,1 %, тогда как при отсутствии осложнения — у 31,3 % больных (p=0,046). При развитии антибиотико-ассоциированной диареи содержание ИЛ-6 менее 2-х норм выявлялось у 66,7 %, тогда как при отсутствии осложнения — у 31,3 % больных (p=0,046). Нарушение моторной, секреторной, дигестивной функции желудочно-кишечного тракта способствует формированию незавершенного фагоцитоза, снижению синтеза медиаторов иммунного ответа. Это способствует супрессии клеточного и гуморального иммунитета, присоединению вторичной инфекции. Использование антибактериальных препаратов способствует ослаблению колонизационной резистентности кишечника на фоне дисбаланса микробиоты кишечника. Бактериальные метаболиты толстой кишки, продукты аутолиза, эндотоксины бактерий также способствуют сохранению патологических изменений и нарушению функции кишечника.

Обсуждение

Согласно проведенным исследованиям, было показано, что у пациентов с сальмонеллезом, осложненным обострением хронического панкреатита, отмечается активация синтеза ФНО-α по сравнению с неосложненными формами болезни. ФНО-α является цитотоксическим фактором, который способствует активации клеток макрофагально-фагоцитарной системы, что сопровождается воспалением железистой ткани, развитием токсико-метаболических нарушений и гиперсекрецией ферментов поджелудочной железы у больных с хроническим панкреатитом. При обострении хронического панкреатита происходит нарушение экзокринной и эндокринной функции поджелудочной железы. Данный процесс способствует сохранению эндотоксинемии, повышению содержания в крови острофазовых белков, продуктов аутолиза, нарушению микроциркуляции и гипоксии тканей.

В данном исследовании было показано, что у больных сальмонеллезом, при развитии антибиотико-ассоциированной диареи было отмечено подавление синтеза ИЛ-1β и ИЛ-6 по сравнению с больными с неосложненными формами. Эти результаты указывают на супрессию иммунных механизмов, что может способствовать незавершенному фагоцитозу и активации вторичной инфекции. Необходимо учитывать и тот факт, что антибактериальная терапия нарушает нормальную микрофлору кишечника, что также приводит к активации условно-патогенных бактерий и сохранению воспалительных изменений в кишечнике.

Выводы

1. У пациентов, больных сальмонеллезом, осложненным антибиотико-ассоциированной диареей, наблюдается подавление синтеза ИЛ-1β и ИЛ-6, что является проявлением иммуносупрессии и вероятной активации вторичной инфекции.
2. У больных с сальмонеллезом, сопровождающимся обострением хронического панкреатита, определяется активация синтеза ФНО-α, в сравнении с неосложненным течением болезни. Данные свидетельствуют о формировании системных воспалительных и токсико-метаболических изменений у этой группы пациентов.
3. Необходима разработка разнонаправленной иммуноориентированной терапии, в зависимости от течения сальмонеллезной инфекции и имеющегося преморбидного фона.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и дополнительного финансирования. Исследование проводилось на базе СККБ № 9 г. Нижнего Новгорода. Получены информированные согласия пациентов на участие в исследовании в письменном виде. Проведение исследования соответствовало Хельсинкской декларации 1975 г. и ее пересмотренному варианту 2000 г. и этическим стандартам локального этического комитета ФГБОУ ВО «ПИМУ» МЗ РФ.

Литература:

1. Ющук Н. Д. Лекции по инфекционным болезням / Н. Д. Ющук, Ю. А. Венгеров. — Москва: Медицина, 2007. — 1028 с.
2. Малов В. А. Проблема диагностики генерализованной и очаговых форм сальмонеллезов / В. А. Малов, В. В. Малеев, Ю. Г. Пархоменко, Н. А. Цветкова // Терапевтический архив. — 2018. — № 11. — С. 90–96.
3. Новиков В. В. Иммунология: учебное пособие / В. В. Новиков, Н. А. Добротина, А. А. Бабаев. — Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского гос. ун-та, 2005. — 212 с.
4. Бойченко М. Н. Взаимодействие сальмонелл с организмом хозяина / М. Н. Бойченко, В. В. Зверев, Е. В. Волчкова // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. — 2017. — № 4.
5. Zigdon M. Salmonella manipulates the host to drive pathogenicity via induction of interleukin 1β / M. Zigdon, J. Sawaed, L. Zelik [et al.] // PLoS Biology. — 2024. — Vol. 22, № 1. — P. e3002486. — DOI: 10.1371/journal.pbio.3002486.
6. Pandeya A. Inflammasome activation and pyroptosis mediate coagulopathy and inflammation in Salmonella systemic infection / A. Pandeya, Y. Zhang, J. Cui [et al.] // Microbiological Research. — 2023. — Vol. 275. — P. 127460. — DOI: 10.1016/j.micres.2023.127460.

7. Egan M. S. Inflammasomes primarily restrict cytosolic Salmonella replication within human macrophages / M. S. Egan, E. A. O'Rourke, S. K. Mageswaran [et al.] // eLife. — 2025. — Vol. 12. — RP90107. — DOI: 10.7554/eLife.90107.
8. Железникова Г. Ф. Клиническое значение сывороточных уровней цитокинов и общего иммуноглобулина Е при сальмонеллезе у детей разного возраста / Г. Ф. Железникова, М. К. Бехтерева, О. А. Волохова, Н. Е. Монахова // Инфекция и иммунитет. — 2013. — № 3.
9. Мурзабаева Р. Т. Системный воспалительный ответ при острых кишечных инфекциях, сопровождавшихся выделением условно-патогенных энтеробактерий, у взрослых / Р. Т. Мурзабаева, Д. Н. Дубровская // Медицинский вестник Башкортостана. — 2015. — № 6 (60).
10. Епифанцева Н. В. Клинические особенности бактериальных кишечных инфекций у людей старше 60 лет / Н. В. Епифанцева, А. Н. Емельянова [и др.] // Инфекционные болезни: Новости. Мнения. Обучение. — 2022. — № 4 (43).
11. Погромская М. Н. Клинические и эпидемиологические аспекты острых кишечных инфекций у пациентов, проходящих лечение в медицинских учреждениях Санкт-Петербурга / М. Н. Погромская, А. О. Галустян // Медицина. Социология. Философия. Прикладные исследования. — 2021. — № 2.
12. Ливзан М. А. Диарейный синдром в практике врача-терапевта: алгоритм действий / М. А. Ливзан, О. В. Гаус, Д. А. Гавриленко // РМЖ. Медицинское обозрение. — 2023. — № 5.
13. Exconde P. M. The tetrapeptide sequence of IL-18 and IL-1β regulates their recruitment and activation by inflammatory caspases / P. M. Exconde, C. Hernandez-Chavez, C. M. Bourne [et al.] // Cell Reports. — 2023. — Vol. 42, № 12. — P. 113581. — DOI: 10.1016/j.celrep.2023.113581.
14. Ливзан М. А., Федорин М. М. Антибиотик-ассоциированная диарея в практике клинициста: подходы к профилактике и терапии. РМЖ. Медицинское обозрение. 2022;6(5):259–265. DOI: 10.32364/2587–6821–2022–6-5–259–265.

Многоузловой зоб как случайная диагностическая находка при ультразвуковом исследовании щитовидной железы у женщины 74 лет

Ярославцева Светлана Сергеевна, врач ультразвуковой диагностики
ГБУ Рязанской области «Поликлиника завода «Красное знамя» (г. Рязань)

Ключевые слова: *многоузловой зоб, щитовидная железа, ультразвуковая диагностика*

1. Введение

Узловой зоб — собирательное клиническое понятие, объединяющее различные по морфологии объемные образования щитовидной железы (ЩЖ), выявляемые с помощью пальпации и ультразвукового исследования (УЗИ) равные и превышающие 1 см.

Термин «многоузловой зоб» целесообразно использовать при обнаружении в ЩЖ двух и более узловых образований.

В данной статье приведен случай выявления многоузлового зоба у женщины 74 лет при проведении ультразвуковой диагностики щитовидной железы.

Данный клинический случай иллюстрирует возможности выявления образований щитовидной железы при ультразвуковом исследовании в условиях специализированного отделения функциональной и ультразвуковой диагностики в ГБУ Рязанской области «Поликлиника завода «Красное Знамя» (г. Рязань).

2. Клинический случай

В поликлинику по месту жительства ГБУ Рязанской области «Поликлиника завода «Красное Знамя» (г. Рязань) обратилась женщина 74 лет с жалобами на общую слабость, утомляемость, сердцебиение, потливость. После сбора анамнеза было выявлено, что пациентка на протяжении 16 лет страдает заболеванием: сахарный диабет 2 типа. Участковым терапевтом пациентка была направлена на консультацию к эндокринологу поликлиники на очный прием.

Жалобы:

на общую слабость, утомляемость, сердцебиение, потливость

Анамнез жизни:

Наследственность: не отягощена. Аллергологический анамнез б/о. Вредные привычки отрицает.

Анамнез заболевания:

Сахарный диабет (СД) 2 типа с 2010 года.

Объективный статус:

Состояние удовлетворительное. Правильного телосложения, повышенного питания. Вес 80 кг, Рост 165 см, ИМТ 31 кг/м^2. Кожные покровы обычной окраски, умеренно влажные. Глазные симптомы отрицательные, тремора пальцев рук нет. Щитовидная железа диффузно увеличена, неравномерной плотности, подвижная, безболезненная. Регионарные л/у не увеличены. В легких дыхание везикулярное, хрипов нет. ЧДД 16–18 в мин. Тоны сердца ослаблены, ритм правильный ЧСС 87 уд в мин, АД 130/70 мм.рт.ст. Живот мягкий, безболезненный. Отеков нет.

Диагноз основной (расшифровка):

Сахарный диабет 2 типа. Ожирение 1 ст.

Рекомендации:

Повторный прием пациента для оценки результатов назначений врача-эндокринолога.

Выполненные исследования

Услуга (1): **Исследование уровня гликированного гемоглобина в крови**

Код услуги	Наименование услуги	Ед. измерения	Результат	Норм. диапазон	Критич. диапазон	Комментарий
A09.05.083	Исследование уровня гликированного гемоглобина в крови	%	9.80 ▲	4.0–6.0	-	

Услуга (2): **Исследование уровня тиреотропного гормона (ТТГ) в крови**

Код услуги	Наименование услуги	Ед. измерения	Результат	Норм. диапазон	Критич. диапазон	Комментарий
A09.05.065	Исследование уровня тиреотропного гормона (ТТГ) в крови	мкМЕ/мл	2.93	0.3–4.0	-	

(3) Выдано направление на ультразвуковое исследование щитовидной железы.

Краткая выписка из подробного протокола ультразвукового исследования щитовидной железы:

В правой доле щ/ж лоцировано объёмное гипоэхогенное образование с нечетким, неровным контуром, размерами 68 мм х 73 мм х 94 мм (уз-признаки конгломерата узлов) с множественными микрокальцинатами, деформирующее контур щитовидной железы с резким усилением сосудистого рисунка при ЦДК.

В левой доле щ/ж также лоцированы множественные, разнокалиберные, гипоэхогенные образования с нечеткими, неровными контурами, с множественными микрокальцинатами, максимальными размерами 47 мм х 39 мм х 45 мм, деформирующие контур щитовидной железы с резким усилением сосудистого рисунка при ЦДК.

Регионарные лимфоузлы: повышенной эхогенности (справа до 18 х 9,5 мм, слева до 16 х 7,5 мм) с усилением кровотока при ЦДК.

Заключение УЗИ щ/ж: EU- TIRADS 4 справа, EU- TIRADS 4 слева.

Рекомендовано дообследование! (cito!)

Выводы по результатам экстренного ультразвукового исследования:

Таким образом, после проведения первичного ультразвукового исследования щитовидной железы выяснилось, что в двух долях щитовидной железы выявлены объёмные образования, требующие срочного дообследования и лечения.

Выписка данного пациента срочно направлена в мед. организацию более высокого уровня для очной консультации и госпитализации в стационар медицинской организации.

Данные из клинических рекомендаций: Диагностика и лечение (много) узлового зоба у взрослых (Общественная организация «Российская ассоциация эндокринологов»)

Диагностика узлового зоба:

А) Первичная диагностика узлового зоба

Методом первичной диагностики узлового зоба является пальпация ЩЖ и регионарных лимфоузлов. Также первичная диагностика включает сбор анамнеза для оценки принадлежности больного к группе риска развития рака щ/ж (РЩЖ).

Б) УЗИ щитовидной железы

УЗИ является самым распространенным методом визуализации ЩЖ и ее структурной патологии.

Несмотря на высокую чувствительность в выявлении узловых образований ЩЖ, УЗИ не является скрининговым методом, т. к. приводит к выявлению огромного количества непальпируемых образований.

Основной задачей УЗИ при узловом зобе является определение показаний к ТАБ.

Показаниями к УЗИ являются:

— пальпируемое образование на шее (в т. ч. в проекции ЩЖ);
— увеличенные шейные лимфоузлы;
— семейный анамнез рака щ/ж (РЩЖ);
— облучение головы и шеи в анамнезе;
— паралич голосовой складки;
— узловые образования ЩЖ, случайно выявленные при ПЭТ, КТ и МРТ.
— операции на ЩЖ в анамнезе (в т. ч. и при РЩЖ);
— изменение уровня ТТГ.

Протокол УЗИ ЩЖ должен включать описание образования, его размеров, регионарных лимфоузлов, с учетом их ультразвуковых характеристик.

Выделяют следующие подозрительные ультразвуковые признаки:

— гипоэхогенная солидная структура;
— неровный, нечеткий или полициклический контур;
— точечные гиперэхогенные включения (микрокальцинаты);
— преобладание высоты узла над шириной;

Важнейшим диагностическим этапом УЗИ является исследование регионарных лимфоузлов, при котором оценивают следующие признаки:

— размер;
— соотношение длинной и короткой оси;
— кистозные изменения;
— точечные гиперэхогенные включения (микрокальцинаты);
— характер васкуляризации (ворота или весь лимфоузел);
— повышение эхогенности лимфоузла (сходство с нормальной тканью ЩЖ).

Наиболее специфичными признаками, позволяющими заподозрить метастатическое поражение лимфоузла, являются микрокальцинаты, кистозный компонент, периферическая васкуляризация, сходство ткани лимфоузла с тканью ЩЖ.

Тонкоигольная аспирационная биопсия щитовидной железы (ТАБ)

ТАБ является основным методом дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных поражений ЩЖ. По данным многочисленных исследований чувствительность и специфичность ТАБ в выявлении РЩЖ достигает 98–100 %. Обязательно проводится под ультразвуковым контролем квалифицированным врачом любой специальности (эндокринолог, эндокринный хирург, онколог, врач лучевой диагностики).

Показания для проведения ТАБ:

— узловые образования ЩЖ равные или превышающие 1 см в диаметре;
— узловые образования менее 1 см, если пациент относится к группе риска наличия агрессивных форм РЩЖ;
— при изменении ультразвуковой структуры доброкачественных узлов ЩЖ (в процессе динамического наблюдения) или при появлении увеличенных или измененных шейных лимфоузлов.

При обнаружении при УЗИ измененных регионарных лимфоузлов показана их прицельная ТАБ, диагностическая точность которой повышается при исследовании смыва из иглы на тиреоглобулин или кальцитонин в зависимости от предполагаемой морфологической формы РЩЖ.

После пункции измененного лимфоузла игла промывается физиологическим раствором, пробирка с которым отправляется в лабораторию для определения тиреоглобулина или кальцитонина.

Для метастатического поражения лимфоузлов характерна очень высокая концентрация этих гормонов в смыве из иглы (обычно более 1000 нг/мл или пг/мл).

Далее необходимо цитологическое исследование.

На основании заключения цитологического исследования определяется вероятность злокачественности образования ЩЖ и оптимальная лечебная тактика в отношении каждого конкретного пациента.

При выявлении злокачественной опухоли рекомендуется тиреоидэктомия.

Решение о необходимости проведения оперативного вмешательства при отрицательных результатах ТАБ принимает оперирующий хирург. Пункцию таких узлов следует выполнять при наличии патологической лимфаденопатии и/или у пациентов в группе риска.

Заключение

В данном клиническом наблюдении представлен случай выявления объёмных образований щитовидной железы при ультразвуковом исследовании у женщины 74 лет.

После проведения ультразвукового исследования щитовидной железы возникла необходимость более тщательного дообследования и консультация специалиста медицинской организации более высокого уровня.

Своевременная диагностика образований щитовидной железы повышает эффективность их лечения.

Литература:

1. Алиева С. Б. Клинические рекомендации по диагностике и лечению рака щитовидной железы / С. Б. Алиева, Ю. В Алымов, А. М. Мудунов и др. // Общероссийский союз общественных объединений ассоциация онкологов России. — Москва, 2014. — С. 1–27
2. Бэскинст Г. Д. Ультразвуковое исследование щитовидной железы / Г. Д. Бэскинст, Д. С. Дюик, Р. Э. Левин // Москва: ГЭОТАРМедиа, 2018. — 432 с.
3. Дедов И. И. Российские клинические рекомендации. Эндокринология / под ред. И. И. Дедов, Г. А. Мельничеко. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2016. — 592 с.
4. Дифференцированный рак щитовидной железы / Клинические рекомендации. — Москва, 2020. — 47 с.
5. Катрич А. Н. Вопрос о влиянии размеров ракового узла щитовидной железы на его ультразвуковую характеристику и необходимость проведения морфологической оценки. / А. Н. Катрич, А. А. Квасова, Е. П. Фисенко и др. // Ультразвуковая и функциональная диагностика. — 2018. — № 2. — С. 27–36.
6. Митьков В. В. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. Общая ультразвуковая диагностика / В. В. Митьков // 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Видар, 2019. — 756 с.
7. Сенча А. Н. Ультразвуковое исследование щитовидной железы. Шаг за шагом. От простого к сложному. / А. Н. Сенча // Москва: МЕДпресс-информ, 2019. — 208 с.

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ

Потенциал хороводов как инновационного инструмента для оздоровления и сплочения студентов в рамках занятий по физической культуре в вузе

Воронов Николай Андреевич, кандидат биологических наук, доцент
Ярославский государственный университет имени П. Г. Демидова

В статье рассматривается потенциал хороводов как инновационного инструмента для оздоровления и сплочения студентов в рамках занятий по физической культуре в вузе. Обосновывается целесообразность их применения через призму развития координационных способностей, чувства ритма, навыков социализации и командной работы. Отмечается комплексное воздействие хороводов на физические качества, включая координацию, выносливость, гибкость и скорость реакции, с учетом вариативности нагрузок в зависимости от типа хоровода и интенсивности выполнения.

Ключевые слова: *хоровод, физическая культура, вуз, студенты, оздоровление, сплочение, координация, социализация, командная работа, развитие физических качеств, стресс.*

Введение

В современной высшей школе все большее внимание уделяется не только академической успеваемости студентов, но и их физическому и психоэмоциональному благополучию. Физическая культура в вузе призвана решать широкий спектр задач: от формирования устойчивых привычек здорового образа жизни до развития ключевых физических качеств и способностей, необходимых для успешной адаптации в обществе.

Традиционные подходы к занятиям физической культурой, направленные на освоение спортивных дисциплин и общефизическую подготовку, зачастую не полностью раскрывают весь потенциал двигательной активности для гармоничного развития личности.

В этом контексте внедрение нетрадиционных, но научно обоснованных форм двигательной активности приобретает особую актуальность. Хоровод, как одна из древнейших форм коллективной двигательной деятельности, обладает уникальным сочетанием физических, эмоциональных и социальных компонентов, что делает его перспективным инструментом для использования в вузовской физической культуре.

Применение хороводов может способствовать не только развитию физических качеств, но и формированию благоприятного психологического климата в студенческих группах, что особенно важно в условиях современного стрессогенного образовательного процесса.

Хоровод как инструмент развития координационных способностей и чувства ритма

Внедрение хороводов в программу занятий по физической культуре в высших учебных заведениях, на первый взгляд, может показаться нестандартным подходом, однако оно имеет ряд весомых обоснований, выходящих за рамки обычной разминки или традиционной физической подготовки. Применение хороводов способствует разностороннему развитию студентов, затрагивая не только физический, но и социально-психологический аспекты их личности.

Хороводы требуют точной синхронизации движений, зачастую выполняя сложные комбинации в определенном ритме. Этот процесс является отличным тренажером для координации движений, пространственной ориентации и развития чувства ритма — навыков, имеющих фундаментальное значение для любой физической активности [1, с. 45].

Сложно координационные действия, присущие хороводу, предполагают одновременную работу различных частей тела, что способствует формированию умения контролировать и управлять своими движениями. Поддержание равновесия при постоянном движении, поворотах и перестроениях является неотъемлемой частью хоровода, тренируя вестибулярный аппарат и улучшая общую устойчивость.

Детализация механизма координации: Развитие координации в хороводах происходит за счет следующих факторов:

– Синхронизация с партнерами: Необходимость точно следовать за движениями других участников, поддерживая общую линию и ритм, требует высокой степени контроля над собственными движениями и периферического зрения.

– Пространственная ориентация: Постоянное движение по кругу, выполнение поворотов, смена направлений требуют от студентов четкого понимания своего положения в пространстве относительно других участников и окружающей обстановки.

– Ритмическая составляющая: Четкое следование музыкальному или заданному ритму развивает внутреннее чувство ритма, которое затем может быть перенесено на другие виды двигательной активности, включая спортивные упражнения и танцы.

– Проприоцептивная чувствительность: Многообразие движений, таких как приседания, наклоны, махи, в сочетании с поддержанием равновесия, усиливает проприоцептивные сигналы, улучшая ощущение собственного тела и его положения.

Разнообразие физической активности и комплексное воздействие на организм

Хороводы могут включать разнообразные движения: шаги, повороты, приседания, наклоны, махи руками, что обогащает программу занятий и задействует различные группы мышц. Это способствует развитию общей выносливости и гибкости. В контексте оздоровительной физической культуры, где приоритетом является гармоничное развитие, хороводы прекрасно вписываются, сочетая физическую, эмоциональную и социальную составляющие [3, с. 78].

Комплексное воздействие на физические качества:

– Выносливость: Постоянное движение в течение нескольких минут, особенно в более сложных хороводных композициях, развивает аэробную выносливость. Интенсивность может варьироваться, позволяя адаптировать нагрузку под уровень подготовки группы.

– Гибкость: Наклоны, прогибы, махи руками и ногами, присущие многим хороводам, способствуют развитию гибкости и подвижности суставов.

– Сила: Приседания, выпады, удержания определенных поз в хороводе могут оказывать умеренное силовое воздействие на мышцы ног, корпуса и рук.

– Скорость реакции: Быстрые перестроения, смена направлений, необходимость оперативно реагировать на сигналы преподавателя или партнеров развивают скорость реакции.

Вариативность нагрузок: Преподаватель может регулировать интенсивность и сложность хороводов, варьируя:

– Темп: Быстрые или медленные мелодии и, соответственно, темп движений.

– Сложность хореографии: От простых шагов и поворотов до сложных комбинаций с элементами прыжков и поддержек.

– Продолжительность: Длительность выполнения одного хоровода или общее время, посвященное хороводным формам.

– Эмоциональная составляющая: Поддержка позитивного настроя, доброжелательность, что снижает воспринимаемую нагрузку.

Инновационные аспекты применения хороводов в вузе

Интеграция хороводов в вузовскую физическую культуру может рассматриваться как инновационный подход, основанный на следующих принципах:

– Междисциплинарный подход: Сочетание физической активности с элементами психологии, педагогики, культурологии.

– Фокус на целостном развитии личности: Гармоничное развитие физических, социальных и эмоциональных аспектов.

– Использование традиционных форм в современном контексте: Адаптация древних форм двигательной активности к потребностям современного образования.

– Создание инклюзивной среды: Возможность участия студентов с разным уровнем физической подготовки и разными особенностями.

Заключение

Хороводы представляют собой недооцененный, но весьма перспективный ресурс для обогащения содержания занятий по физической культуре в вузе. Их применение позволяет эффективно решать задачи не только физического развития, но и формирования важных социальных и психологических компетенций студентов. Комплексное воздействие хороводов на координацию, чувство ритма, выносливость, гибкость, а также на навыки социализации, командной работы и психоэмоциональное состояние, делает их ценным педагогическим инструментом.

Интеграция хороводов в образовательный процесс способствует созданию позитивной, мотивирующей среды, способствующей гармоничному развитию личности студента, повышению его стрессоустойчивости и готовности к активной жизнедеятельности. Дальнейшие исследования и методическая разработка данной темы могут открыть новые горизонты для инновационного развития физической культуры в высшей школе.

Литература:

1. Ильинич В. В. Студенческий спорт и пути его развития. М.: Советский спорт, 2005. 264 с.

2. Кузнецова З. И., Кожанова Л. А. Физическая культура и здоровый образ жизни студента. М.: Советский спорт, 2003. 232 с.
3. Лях В. И., Зданевич А. А. Теория и методика физической культуры. М.: Просвещение, 2001. 190 с.
4. Васильева Е. Н. Хореографическая культура в системе физического воспитания студентов // Теория и практика физической культуры. — 2018. — № 7. — С. 52–55.

Регулярные занятия физической культурой в вузе как ресурс психоэмоционального благополучия студентов

Кузнецова Диана Ефимовна, студент
Научный руководитель: Смирнов Илья Андреевич, преподаватель
Дальневосточный государственный университет путей сообщения (г. Хабаровск)

В статье рассматривается роль регулярных занятий физической культурой в вузе как ресурса психоэмоционального благополучия студентов. На основе анализа отечественной научной литературы обобщены данные о связи двигательной активности с эмоциональным состоянием студентов, описаны психологические и социальные механизмы этого влияния и обозначены организационно-методические условия, повышающие эффективность учебных занятий. Дополнительно раскрыты педагогические и организационные аспекты реализации этого потенциала в вузовской практике.

Ключевые слова: *физическая культура, студенты, психоэмоциональное благополучие, двигательная активность, эмоциональная саморегуляция, мотивация.*

Студенческий возраст совпадает с периодом активной социальной и профессиональной адаптации, который сопровождается высокой учебной нагрузкой, дефицитом времени и повышенным уровнем стресса. Социологический опрос 541 студента вузов Челябинска показал, что около четверти респондентов (23,8 %) испытывают негативные эмоции — страх, тревогу, раздражение — несколько раз в день, а ещё 36,7 % — несколько раз в неделю [1]. В этих условиях возрастает значимость доступных немедикаментозных ресурсов поддержки психического здоровья, к которым относится физическая активность.

Эмоциональное благополучие определяют как субъективную оценку человеком своего состояния, сопровождающуюся положительным отношением к себе и миру и уверенностью в завтрашнем дне [1]. Вопрос о влиянии физической культуры на психологическое благополучие личности и на психическое здоровье студентов является предметом внимания отечественных исследователей [2–4], а сама физическая культура рассматривается как важная составляющая здоровья и образа жизни студента [5]. Цель статьи — обобщить имеющиеся данные о вкладе регулярных занятий физической культурой в психоэмоциональное благополучие студентов и определить условия его реализации в вузе. Использован метод теоретического анализа научной литературы.

Результаты и обсуждение

Эмпирические данные подтверждают связь двигательной активности с эмоциональным состоянием студентов. В исследовании, проведённом среди студентов 4-го курса технического вуза, выявлено положительное влияние физических нагрузок на их психологическое состояние [2]. В упомянутом выше опросе студентов Челябинска уровень эмоционального благополучия, рассчитанный авторами по частоте негативных эмоций, был заметно выше у тех, кто большую часть времени двигался (65,8 %), чем у тех, кто преимущественно сидел (39,1 %) [1]. Показатель составил 61,7 % у студентов, ежедневно поддерживающих физическую форму специальными упражнениями, 56,9 % — у занимающихся иногда и 42,4 % — у не занимающихся вовсе [1]. Постепенное снижение показателя по мере уменьшения регулярности занятий указывает на значение именно систематичности нагрузки. Следует учитывать, что данные получены методом анкетирования и отражают корреляционные связи, поэтому их нельзя трактовать как строгое доказательство причинно-следственной зависимости.

Механизмы положительного влияния физической активности принято рассматривать на нескольких уровнях. На физиологическом уровне двигательная активность способствует выработке гормонов, благоприятно действующих на нервную и сердечно-сосудистую системы, помогает снять накопленное за день напряжение, снизить тревогу и агрессию и улучшить сон [1]. На психологическом уровне занятия служат средством произвольной регуляции эмоциональных состояний и формируют положительное отношение к себе, что соответствует представлению о психологическом благополучии как компоненте качества жизни [3]. Существенную роль играет мотивация. В теории самодетерминации Э. Деси и Р. Райана различают внешнюю и внутреннюю мотивацию,

а качество мотивации определяется степенью согласованности с глубинными потребностями личности [6]. Занятия, которые студент выбирает сам и в которых видит собственный прогресс, поддерживают внутреннюю мотивацию и потому с большей вероятностью становятся устойчивой привычкой. На социальном уровне групповые и командные формы работы расширяют круг общения и способствуют включению студента в вузовское сообщество, что особенно важно на первых курсах.

Педагогические и организационные аспекты

Отдельного внимания заслуживает вопрос о том, как именно встроить перечисленные условия в реальный учебный процесс. Практика показывает, что потенциал физической культуры как ресурса психоэмоционального благополучия реализуется далеко не автоматически: сам факт включения дисциплины в учебный план ещё не гарантирует положительного влияния на эмоциональное состояние студентов. Ключевым звеном здесь выступает преподаватель, от стиля общения и методической грамотности которого во многом зависит, воспринимается ли занятие как источник напряжения или как пространство восстановления и самореализации. Поддерживающий стиль педагогического общения, ориентация на личный прогресс студента, а не на сравнение с другими, поощрение даже небольших достижений создают условия, при которых двигательная активность закрепляется как устойчивая поведенческая привычка.

Важным организационным ресурсом является вариативность форм занятий. Наряду с традиционными учебными занятиями целесообразно развивать секционную работу по видам спорта, фитнес-программы, оздоровительные практики и утреннюю зарядку, что позволяет студенту выбрать близкое ему направление двигательной активности и тем самым поддержать внутреннюю мотивацию. Существенную роль играет и расписание: перенос части занятий на утренние часы или организацию коротких «активных перемен» между аудиторными занятиями можно рассматривать как малозатратную меру, способствующую снижению накопленного напряжения в течение учебного дня.

Отдельно следует отметить значение психологической составляющей содержания занятий. Включение в них кратких блоков обучения самонаблюдению — оценки собственного состояния до и после нагрузки, фиксации изменений настроения и самочувствия — формирует у студентов навык осознанного отношения к своему организму и повышает ценность занятий в их собственных глазах. Это согласуется с данными о том, что физическая культура выступает средством произвольной регуляции эмоциональных состояний [3]. Кроме того, элементы обучения приёмам эмоциональной саморегуляции — дыхательным упражнениям, приёмам мышечного расслабления, упражнениям на концентрацию внимания — могут быть органично встроены в структуру занятия и использованы студентами самостоятельно в период повышенных учебных нагрузок, например во время сессии.

Наконец, важно учитывать ограничения существующих данных. Большинство рассмотренных работ опирается на анкетирование и отражает корреляционные связи, а не причинно-следственные зависимости; выборки нередко ограничены одним вузом или одним регионом. Это означает, что организационные решения должны приниматься с осторожностью и по возможности сопровождаться оценкой их эффективности на уровне конкретного учебного заведения. Перспективным представляется также учет индивидуальных различий студентов — исходного уровня тревожности, опыта занятий спортом, состояния здоровья, — поскольку одна и та же нагрузка может оказывать разное влияние на разных обучающихся.

Заключение

Анализ литературы позволяет рассматривать регулярные занятия физической культурой в вузе как доступный ресурс психоэмоционального благополучия студентов. Они связаны с более редкими негативными эмоциями, лучшим общим эмоциональным фоном и могут способствовать формированию устойчивой мотивации к здоровому образу жизни. Наибольший эффект ожидается при высокой регулярности занятий, свободе выбора их формы, индивидуализации нагрузки и поддерживающем стиле педагогического общения. Значимым организационным условием является также развитие вариативных форм двигательной активности и включение в занятия элементов самонаблюдения и эмоциональной саморегуляции. Перспективным направлением дальнейших исследований является проведение лонгитюдных и экспериментальных работ на студенческой выборке с использованием валидизированных методик оценки эмоционального состояния.

Литература:

1. Гизатулина А. А., Тараданов А. А. Детерминанты физической культуры в эмоциональном благополучии студентов // Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования. 2018.
2. Илюшин О. В., Шабалина Д. А., Абзалов Н. И. Влияние занятий физической культуры на психологическое состояние студентов // Экономика и управление: проблемы, решения. 2024.
3. Ильина Н. Л. Влияние физической культуры на психологическое благополучие человека // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. 2010. № 12 (70). С. 66–71.

4. Бароненко В. А., Рапопорт Л. А. Здоровье и физическая культура студента: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2012. 333 с.
5. Леонтьев Д. А. Понятие мотива у А. Н. Леонтьева и проблема качества мотивации // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 2016.

Дистанционные формы физкультуры: плюсы и минусы онлайн-тренировок

Лебедева Елизавета Романовна, студент
Научный руководитель: Смирнов Илья Андреевич, преподаватель
Дальневосточный государственный университет путей сообщения (г. Хабаровск)

В статье рассматриваются дистанционные формы физической культуры и онлайн-тренировки как альтернатива очным занятиям. По результатам анализа научных публикаций выделены преимущества формата: доступность, гибкость расписания и измеримый результат занятий. Показаны и его слабые места: слабый контроль техники, падение мотивации, зависимость от условий дома. Сделан вывод, что онлайн-формат разумнее использовать как дополнение к очным занятиям, а не как их полную замену.

Ключевые слова: *физическая культура, дистанционное обучение, онлайн-тренировки, студенты, двигательная активность, мотивация.*

В 2020 году вузы по всему миру перешли на дистанционное обучение, и физическая культура оказалась в числе самых уязвимых дисциплин: её нельзя полностью заменить лекцией или заданием в чате. Проблема двигательной активности студентов остра и сама по себе: по данным авторов обзора, суточная двигательная активность студентов часто на 30–40 % ниже гигиенических норм, а более 50 % имеют отклонения в состоянии здоровья [1, с. 78]. Дистанционный формат эту проблему может усугубить.

После пандемии онлайн-тренировки не исчезли. Видеозанятия, онлайн-курсы, мобильные приложения и шагомеры стали привычной частью студенческой жизни [1, с. 79; 2, с. 7], и первые эксперименты показывают, что такие занятия дают результат [3, с. 189]. Возникает практический вопрос: что именно выигрывает вуз и студент от дистанционных форм физкультуры и где они проигрывают очным занятиям.

1. Преимущества дистанционных форм

Доступность и гибкость. Онлайн-формат снимает географические и временные барьеры, которые особенно ощутимы для студентов, совмещающих учёбу с работой или проживающих вдали от кампуса. Цифровые платформы дают доступ к большому числу программ разной сложности: студент выбирает занятие под свой уровень, интересы и расписание, а видеоуроки доступны круглосуточно [1, с. 79–80]. Это повышает вероятность регулярной двигательной активности.

Измеримый результат. Онлайн-тренировки способны давать результат и у студентов: в эксперименте с 50 студентами-медиками за две недели среднее число отжиманий выросло на 37 %, приседаний — на 33 % [3, с. 189]. Работа выполнена без контрольной группы, поэтому утверждать, что дистанционный формат не уступает очному, нельзя. Но он и не является заведомо «второсортным»: при должной организации он может обеспечивать тренировочный эффект. Для вузов это открывает возможность сохранять объём двигательной активности студентов, даже когда очные занятия невозможны.

Технологические решения для контроля. Развитие технологий частично компенсирует отсутствие живого инструктора. Системы на основе компьютерного зрения по видео определяют ключевые точки тела, распознают упражнения (отжимания, приседания) и считают повторения. В эксперименте со студентами-медиками такой бот применяли в физической подготовке [3, с. 188–189]. Хотя такие системы пока не стали массовыми в вузовской практике, они показывают, что проблему контроля техники в дистанционном формате можно решать технически.

Геймификация и вовлечённость. Поскольку онлайн-формат перекладывает значительную часть ответственности за вовлечённость на самого студента, важным направлением компенсации становится геймификация. Игровые элементы и соревновательность повышают внутреннюю мотивацию, а внутривузовские онлайн-челленджи по шагометрии и бегу сплачивают студенческий коллектив [1, с. 79–80]. Сами студенты хотят, чтобы геймификации и видеомоделирования в физическом воспитании было больше [2, с. 7]. Однако без методической поддержки приложения могут снизить интерес или привести к травмам из-за неправильной техники [1, с. 80], поэтому геймификация остаётся вспомогательным средством поддержания мотивации и не заменяет педагогического контроля и очной практики.

2. Ограничения и риски

Слабый контроль техники выполнения. Отсутствие физического присутствия преподавателя остаётся наиболее оче-

видным слабым местом онлайн-тренировок. В исследовании дистанционного курса студенты занимались под руководством преподавателя по видеосвязи [4, с. 71], но при занятиях по записям и в приложениях такой коррекции, как правило, нет. Неправильная техника не только снижает эффективность занятия, но и повышает риск травм [1, с. 80], поэтому этот недостаток принципиальный, а не второстепенный.

Падение мотивации и социальная изоляция. Мотивация снижается не у всех: в опросе 1098 студентов около 60 % не заметили изменений, но среди старшекурсников снижение отметили 18,5 % [4, с. 73]. Без живого общения тяжелее: 40,5 % опрошенных студентов-инженеров назвали минусом отсутствие личного контакта, а 45 % — необходимость весь день сидеть за компьютером [5, с. 138]. Онлайн-формат перекладывает значительную часть ответственности за вовлечённость на самого студента, и не все к этому готовы.

Зависимость от условий дома и цифрового неравенства. Качество связи и техника у студентов разные: в опросе студентов-инженеров 35 % оценили интернет как очень низкого качества, а часть опрошенных не имела подходящего оборудования, и авторы связывают это с цифровым неравенством [5, с. 137]. В физкультуре добавляются нехватка места и инвентаря: при дистанционных занятиях упражнения подбирали так, чтобы они не требовали оборудования [4, с. 71]. Студенты в разных условиях оказываются в неравном положении: для одних онлайн-занятие — это возможность заниматься, для других — источник дополнительного стресса.

3. Обсуждение

Совокупность данных позволяет говорить о том, что дистанционные формы физкультуры обладают реальными преимуществами, но их эффективность сильно зависит от контекста и организации. Ключевая проблема — не в самом формате как таковом, а в том, что он предъявляет повышенные требования к мотивации и самодисциплине студента, одновременно ослабляя внешний контроль и социальную поддержку. Технологические решения для контроля техники существуют [3, с. 188–189], но их внедрение в массовую вузовскую практику остаётся ограниченным.

Наиболее реалистичная модель — смешанный формат, при котором онлайн-компонент дополняет очные занятия, а не заменяет их. Очные занятия сохраняют функции контроля техники, социального взаимодействия и внешней мотивации; онлайн-формат обеспечивает гибкость и доступность в тех случаях, когда очное присутствие затруднено. Такое распределение функций позволяет использовать сильные стороны обоих форматов и минимизировать слабые [1, с. 80].

4. Заключение

Онлайн-тренировки не являются ни панацеей, ни заведомо неполноценной заменой очных занятий. Они дают доступность, гибкость и — при правильной организации — измеримый тренировочный эффект [3, с. 189]. Однако слабый контроль техники, падение мотивации и зависимость от домашних условий остаются серьёзными ограничениями [1, с. 80; 4, с. 73; 5, с. 137–138]. Для вузов разумная стратегия состоит в интеграции дистанционных форм в качестве дополнения к очному физическому воспитанию, а не в попытке полной замены одного формата другим [1, с. 80; 3, с. 189].

Литература:

1. Еремеева, Д. М. Использование цифровых технологий для повышения физической активности студентов / Д. М. Еремеева, О. В. Илюшин. — Текст: электронный // Теория и практика в сфере физической культуры и спорта: материалы III Международной научно-практической конференции молодых ученых и Международного конкурса научных работ «Исследования в сфере физической культуры и спорта» (Екатеринбург, 30 марта 2026 г.). — Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2026. — С. 77–81. — URL: https://elar.urfu.ru/handle/10995/156242.
2. Лепилина, Т. В. Использование цифровых технологий в практике физического воспитания студентов / Т. В. Лепилина, А. Ю. Осипов, А. И. Кравчук. — Текст: электронный // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. — 2024. — Т. 9, № 1. — С. 7–13. — URL: https://doi.org/10.47475/2500–0365–2024–9–1–7–13.
3. Колчина, Е. Ю. Перспективы внедрения инновационных технологий в физическую подготовку студентов-медиков с помощью индивидуального метода / Е. Ю. Колчина. — Текст: электронный // Физическое воспитание и студенческий спорт. — 2025. — Т. 4, вып. 2. — С. 187–191. — URL: https://doi.org/10.18500/2782–4594–2025–4–2–187–191.
4. Соколова, И. В. Оценка качества дистанционного обучения по дисциплине «Физическая культура и спорт» в учебном процессе вуза / И. В. Соколова. — Текст: электронный // Вестник Нижневартовского государственного университета. — 2021. — № 4 (56). — С. 68–77. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-kachestva-distantsionnogo-obucheniya-po-distsipline-fizicheskaya-kultura-i-sport-v-uchebnom-protsesse-vuza.
5. Проблемы и преимущества использования дистанционных технологий при подготовке инженеров / И. В. Макарова, Л. А. Фатихова, П. А. Буйвол, Г. А. Парсин. — Текст: электронный // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. — 2022. — № 1 (90). — С. 134–141. — URL: https://seats.elpub.ru/jour/article/view/187.

Дыхательные практики как средство оптимизации умственной работоспособности студентов в период экзаменационной сессии

Лопатина Кристина Евгеньевна, студент
Научный руководитель: Смирнов Илья Андреевич, преподаватель
Дальневосточный государственный университет путей сообщения (г. Хабаровск)

В статье рассматривается актуальная проблема снижения умственной работоспособности студентов в период экзаменационной сессии, обусловленная высоким психоэмоциональным напряжением и гиподинамией; подчёркивается, что поиск доступных и эффективных средств оптимизации функционального состояния студентов приобретает особую практическую значимость в условиях возрастающей учебной нагрузки.

Ключевые слова: *дыхательные практики, йога, пилатес, умственная работоспособность, студенты, экзаменационная сессия, когнитивные функции, психоэмоциональное состояние.*

Период экзаменационной сессии является одним из наиболее стрессогенных этапов в жизни студента. Интенсивная интеллектуальная нагрузка, дефицит времени, нарушение режима сна и питания, а также снижение двигательной активности создают условия для развития хронического стресса и ухудшения когнитивных функций [1]. Современные студенты испытывают значительное умственное напряжение, которое часто сочетается с дефицитом физической активности и высоким уровнем стресса, что приводит к ухудшению психоэмоционального состояния, снижению работоспособности и формированию симптомов хронической усталости [2].

Одним из эффективных способов гармонизации психофизического состояния является внедрение занятий йогой и пилатесом, которые сочетают физическую нагрузку, контроль дыхания и релаксацию [3]. Дыхательные практики, уходящие корнями в древнюю йогическую традицию (пранаяма), в последние десятилетия привлекают всё большее внимание исследователей как инструмент целенаправленного воздействия на когнитивные процессы и психоэмоциональную сферу [2]. Связь между дыханием и познанием имеет давнюю историю, и современные исследования подтверждают, что целенаправленный контроль дыхания оказывает влияние на восприятие, когнитивные функции и память [4].

1. Влияние дыхательных практик на когнитивные функции

Ряд исследований демонстрирует положительное влияние дыхательных упражнений на параметры внимания, памяти и мышления [2; 4]. В частности, в исследовании, проведённом на базе российского вуза, психологическая оценка когнитивных функций осуществлялась с использованием адаптированных тестов: корректурной пробы Бурдона, оценки умственной работоспособности по Э. Крепелину и краткого ориентировочного теста [2]. Тестирование проводилось в начале учебного семестра до применения дыхательных практик и повторно в конце семестра после регулярных занятий дыхательными упражнениями на уроках физкультуры. Данные свидетельствуют о высокой эффективности использования дыхательных практик у студентов в разрезе всех когнитивных сфер — мышления, памяти и внимания [2].

Исследование кратковременного медленного дыхания с удлинённым выдохом у студентов продемонстрировало, что даже одна сессия такой практики приводит к улучшению рабочей памяти и временному улучшению настроения и снижению стресса, что делает её эффективным инструментом «just-in-time» помощи для совладания со стрессовыми условиями [1]. Аналогичные данные были получены в работе, изучавшей влияние медленного йогического дыхания на рабочую память: практика попеременного дыхания через ноздри и дыхания через правую ноздрю привела к снижению времени реакции в задании n-back на 8 % и повышению точности выполнения на 6 %, что свидетельствует об улучшении когнитивных способностей, связанных с нагрузкой на память [4].

Квазиэкспериментальное исследование влияния «Super Brain Yoga» на студентов-медиков показало значимые различия между экспериментальной и контрольной группами по общему баллу памяти ($p < 0,001$) и его субшкалам, включая логическую память, зрительную память и ассоциативное обучение, а также по времени реакции и количеству ошибок в задании обратного счёта ($p = 0,003$ и $p = 0,021$ соответственно) [5].

2. Влияние на психоэмоциональное состояние и стрессоустойчивость

Психоэмоциональное состояние студентов в период сессии является ключевым фактором, опосредующим умственную работоспособность [1; 3]. Согласно исследованию, включавшему 60 студентов в возрасте от 17 до 23 лет, после восьминедельного цикла занятий в группе йоги наблюдалось снижение уровня субъективного стресса на 28 %, в то время как в группе пилатеса — на 22 % [3]. Показатели частоты сердечных сокращений в состоянии покоя уменьшились в среднем на 6 уд/мин, а среднее время восстановления после нагрузки сократилось на 20 %. Обе группы показали улучшение физической выносливости

примерно на 15–17 % [3]. Авторы заключают, что занятия йогой и пилатесом положительно влияют как на психоэмоциональное состояние, так и на физическую работоспособность студентов, и регулярное включение этих видов активности в программу физического воспитания может быть эффективным средством профилактики стресса и повышения уровня общего здоровья студенческой молодёжи [3].

Исследование эффективности практик осознанности (йога, дыхательные гимнастики) как средства снижения тревожности и улучшения когнитивных способностей студентов в период сессии, выполненное в Белорусском государственном университете физической культуры, также подтверждает актуальность данного подхода и его положительное влияние на тревожность и когнитивные функции в условиях экзаменационного стресса [1]. В частности, сообщается о снижении уровня тревожности на 45 % у студентов, практикующих йогу, что демонстрирует её эффективность в условиях экзаменационного стресса [1].

3. Механизмы воздействия

Нейрофизиологические механизмы, лежащие в основе положительного влияния дыхательных практик на когнитивные функции, связаны с активацией парасимпатической нервной системы и повышением вариабельности сердечного ритма [4]. Пранаямы, как известно, индуцируют медитативные состояния, снижают стресс и увеличивают жизненную ёмкость лёгких, а в целом ряде работ подчёркивается их влияние на эмоциональную и когнитивную сферу [2; 4]. Медленное йогическое дыхание улучшает функционирование сердечной автономной активности, которое необходимо для успешного выполнения умственных задач [4]. Повышенная вариабельность сердечного ритма, в свою очередь, смягчает влияние умственного стресса на функции лобных долей [4].

Кроме того, дыхательные практики способствуют повышению интероцептивной осведомлённости — способности воспринимать сигналы собственного тела, что связано с улучшением эмпатии, саморегуляции и принятия решений [2]. Таким образом, воздействие дыхательных упражнений носит комплексный характер, затрагивая как физиологические, так и психологические механизмы регуляции функционального состояния [2; 4].

4. Выводы

1. Дыхательные практики (йога, пилатес, пранаяма) являются эффективным средством улучшения когнитивных функций студентов — внимания, памяти, мышления — что подтверждается данными экспериментальных исследований с использованием стандартизированных психодиагностических методик [2; 4; 5].

2. Регулярные занятия дыхательными практиками способствуют снижению уровня субъективного стресса и тревожности, улучшению настроения и психоэмоционального состояния студентов, особенно в период экзаменационной сессии [1; 3].

3. Дыхательные упражнения доступны, не требуют специального оборудования и могут быть легко интегрированы в программу физического воспитания вузов, в том числе в качестве кратких «сессий» непосредственно в период подготовки к экзаменам [3; 5].

4. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка дифференцированных программ дыхательных практик с учётом индивидуальных особенностей студентов, уровня их стрессоустойчивости и специфики учебной нагрузки, а также изучение отсроченных эффектов регулярной практики [1; 2].

Литература:

1. Свекло У. В. Эффективность практик осознанности (йога, дыхательные гимнастики) как средства снижения тревожности и улучшения когнитивных способностей студентов в период сессии, 2026.
2. Семенов А. В., Бакешин К. П., Москаленко И. С., Дудус А. Н. Современные фитнес-программы и дыхательные практики в поддержании умственной работоспособности будущих специалистов таможенной службы // Теория и практика физической культуры. — 2024.
3. Дыхательные практики в прикладной физической культуре как средство снятия стресса и улучшения когнитивных функций у студентов, 2023.
4. Бочарова В. И., Кондаков В. Л., Копейкина Е. Н. и др. Повышение уровня соматического здоровья студентов средствами фитнеса // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины, 2020.
5. Ярчиковская Л. В., Шаронова А. В., Устинова О. Н. и др. Управление предэкзаменационным состоянием студенток средствами и методами физического воспитания // Теория и практика физической культуры, 2020.

Влияние стандартизации и унификации на развитие бильярда

Молчанов Максим Юрьевич, студент;
Воробей Никита Викторович, студент;
Скрипник Сергей Андреевич, студент;
Хохлов Дмитрий Олегович, студент;
Никулин Вадим Витальевич, студент;
Назыров Егор Андреевич, студент
Научный руководитель: Белов Валерий Константинович, кандидат педагогических наук, доцент
Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова

Цель работы — проследить историческую динамику применения стандартов в бильярде: от унификации оборудования, правил и первых технических решений до современных международных регламентов, а также систематизировать основные факторы, обусловившие переход бильярда от развлекательной игры к профессиональному спорту.

Ключевые слова: *бильярд, стандартизация, правила игры, бильярдное оборудование, спортивные федерации, унификация.*

Бильярд — игра с многовековой историей, которая из аристократического развлечения постепенно трансформировалась в полноценный вид спорта. На ранних этапах бильярд был преимущественно салонной игрой, и оборудование варьировалось в зависимости от места и владельца: столы отличались размерами, лузы имели разную геометрию, шары — разный вес и диаметр. Такая неоднородность делала невозможным сравнение результатов и проведение масштабных турниров. Первые попытки стандартизации были связаны с коммерциализацией бильярда и ростом интереса к соревновательной составляющей. Это повлекло за собой унификацию параметров оборудования (столов, шаров, киев), размеров игровых элементов (луз, игровой поверхности) и правил проведения соревнований. Без единых стандартов невозможно обеспечить равные условия для игроков, объективное судейство и сопоставимость спортивных результатов.

Ключевым этапом стало формирование национальных и международных бильярдных ассоциаций, которые начали фиксировать единые требования к инвентарю и правилам. Стандартизация позволила не только унифицировать игровые параметры, но и систематизировать виды бильярда (русский бильярд, пул, снукер), каждый из которых получил собственные технические и процедурные нормы. Исторически именно внедрение стандартов стало катализатором профессионализации бильярда: появились официальные турниры, рейтинговые системы и единые подходы к судейству.

Одним из ранних примеров унификации стали, амортизирующие борта**.** До XVI–XVII века борта изготавливались из твёрдой древесины, изза чего отскок шара был непредсказуемым. Позднее по краям столов стали устанавливать мягкие борта из кожи или льна — это повысило предсказуемость траектории шара и стало первым шагом к стандартизации игрового процесса [1]. Ещё одним важным техническим новшеством стало внедрение кия вместо булавы. К началу XVII века кий стал основным инструментом игры, что также потребовало выработки единых требований к его форме и весу. С ростом популярности бильярда в XVIII–XIX веках усилилась потребность в стандартизированных правилах.



Рис. 1. **Бильярд**

В разных странах начали появляться первые своды правил, которые постепенно становились основой для национальных и международных регламентов и закреплены в официальных документах спортивных федераций и обязательны для проведения официальных соревнований [2].

Ключевую роль в формировании и поддержании единых стандартов играют международные и национальные спортивные организации:

– Международная федерация бильярда (World Billiards) и другие профильные федерации разрабатывают и обновляют правила для разных дисциплин.

– Федерация бильярдного спорта России (ФБСР) и аналогичные национальные федерации адаптируют международные стандарты к местным условиям и контролируют их соблюдение на внутренних соревнованиях.

– Нормативные акты Минспорта России (например, приказ от 12.10.2015 № 942) устанавливают требования к оборудованию и правилам проведения соревнований в России [3].

– Сертификация и тестирование. Оборудование проходит проверку на соответствие стандартам, что подтверждается сертификатами и маркировкой. Это особенно важно для профессиональных турниров, где любое отклонение может повлиять на результат.

Современные стандарты также учитывают технологические изменения: например, требования к освещению и видеонаблюдению, которые стали неотъемлемой частью крупных соревнований.Федерации также занимаются сертификацией оборудования, организацией судейства и подготовкой судейских кадров, что обеспечивает единообразие применения стандартов на практике [4].

К основным направлениям стандартизации в бильярде относятся следующие направления:

Оборудование и инвентарь. Стандарты регламентируют размеры и геометрию стола, параметры луз, высоту борта, диаметр и вес шаров, характеристики сукна и киёв. Эти нормы обеспечивают идентичность игровых условий на разных площадках и исключают преимущество, обусловленное особенностями инвентаря. Например:

– Размеры столов. Для разных дисциплин установлены свои размеры: например, столы для пирамиды — 6 × 12 футов, для пула — 4,5 × 9 футов, для снукера — 6 × 12 футов, для карамболя — 5 × 10 футов.

– Параметры шаров. Диаметр и вес шаров различаются в зависимости от дисциплины: шары для пирамиды имеют диаметр 68 мм и вес 280–282 г, для пула — 57,2 мм и 156–170 г, для снукера — 52,5 мм и 142–156 г.

– Лузы и борта. Размеры и форма луз строго регламентированы: например, для русской пирамиды угловая луза должна иметь ширину 74 ± 0,5 мм, средняя — 83 ± 0,5 мм. Также нормируются упругость бортовой резины и натяжение сукна.

– Кии. Установлены стандарты длины и веса киев для разных дисциплин, а также требования к их конструкции и материалам.

Правила и процедуры. Унифицированные правила определяют порядок ведения игры, трактовку спорных ситуаций, систему подсчёта очков и санкции за нарушения. Это создаёт прозрачную и предсказуемую среду для игроков и судей.

Организация соревнований. Стандартизируются требования к площадкам, освещению, разметке, условиям проведения матчей и квалификации судей. Такие нормы необходимы для проведения крупных турниров и признания их результатов на международном уровне.

Классификация дисциплин. Разные виды бильярда имеют собственные наборы стандартов, что позволяет сохранять уникальность каждой дисциплины и одновременно обеспечивать сопоставимость результатов в рамках одной категории.

Пул и американский бильярд. В США в XIX веке бильярд стал массовым развлечением, и для проведения турниров потребовались чёткие правила. В начале XX века были стандартизированы основные дисциплины пула, а также параметры оборудования: размеры столов, диаметр шаров, форма и размеры луз.

Снукер. Эта дисциплина сформировалась в конце XIX века. Ключевую роль в её стандартизации сыграл полковник Невилл Чемберлен, который в 1875 году объединил элементы разных игр и сформулировал первые правила снукера, включая количество и расположение шаров, систему подсчёта очков и требования к столу. Впоследствии эти правила были доработаны и закреплены международными спортивными организациями.

Русская пирамида. В России бильярд получил распространение при Петре I и быстро стал популярен в аристократической среде. В XX веке развитие спортивной составляющей привело к формированию единых правил для различных видов пирамиды (свободная, комбинированная, динамичная). Стандартизация коснулась не только правил, но и технических параметров столов и шаров.

Карамболь. В этой дисциплине, где игра ведётся без луз, стандартизация была сосредоточена на размерах стола, параметрах шаров и правилах начисления очков.

Стандартизация — ключевой фактор развития бильярда как профессионального вида спорта и устойчивой индустрии. Она обеспечивает справедливость и объективность соревнований, способствует унификации правил и оборудования, а также создаёт условия для роста популярности и международного признания бильярда. Исторический опыт показывает эволюцию игры от развлекательной практики до профессионального спорта. От первых технических решений (амортизирующие борта, кии) до современных комплексных регламентов — каждый этап стандартизации способствовал повышению объективности, предсказуемости и зрелищности игры. Сегодня единые стандарты являются фундаментом развития бильярда, обеспечивая равные условия для спортсменов и возможность сравнения результатов на национальном и международном уровнях [5].

Литература:

1. Кеслер К. В. История возникновения и развития бильярдного спорта в России и в мире // Научный Лидер. 2025. № 28 (229). URL: https:/scilead.ru/article/9602-istoriya-vozniknoveniya-i-razvitiya-bilyardno (дата обращения: 12.08.2026).
2. Правила вида спорта Бильярдный спорт. — Текст: электронный // sudact.ru: [сайт]. — URL: https://sudact.ru/law/prikaz-minsporta-rossii-ot-12102015-n-942/pravila-vida-sporta-biliardnyi-sport/razdel-2/2/ (дата обращения: 13.08.2026).
3. Приказ Минспорта России от 12.10.2015 № 942 (ред. от 06.11.2024) «Об утверждении правил вида спорта „бильярдный спорт“».
4. Федерация бильярда России [Электронный ресурс] // Официальный сайт — Режим доступа: https://www.fbsrf.ru/. — (дата обращения: 12.08.2026).
5. Иванов, В. Д. Бильярд как вид спорта. Разновидности бильярда / В. Д. Иванов // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. — 2019. — Т. 4, № 4. — С. 31–33

Особенности методики лечебной физической культуры при спастических формах детского церебрального паралича

Чапаев Семён Евгеньевич, студент;
Мелихова Дарья Романовна, студент
Научный руководитель: Ежебаева Назым Саулешевна, преподаватель физической культуры
Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова (Казахстан)

Актуальность темы

Детский церебральный паралич (ДЦП) — группа непрогрессирующих нарушений двигательной функции, обусловленных поражением развивающегося мозга. Частота ДЦП составляет 2–3,6 случая на 1000 живорожденных, и он остается ведущей причиной детской неврологической инвалидности [1]. На спастические формы приходится 70–80 % случаев [2, с. 58]. Спастичность, патологические синкинезии и позотонические рефлексы ограничивают вертикализацию, ходьбу и самообслуживание, способствуют контрактурам и деформациям [3, с. 24].

Лечебная физическая культура (ЛФК) — основной, доступный метод реабилитации, применимый на всех этапах помощи. Однако ее эффективность определяется не количеством процедур, а соответствием упражнений форме заболевания, возрасту, уровню двигательных возможностей и ведущему нарушению. Шаблонный комплекс может усиливать патологические синергии и закреплять неправильный двигательный стереотип [4, с. 34].

Цель статьи — систематизировать методические особенности ЛФК при спастических формах ДЦП. Задачи: 1) охарактеризовать клинические особенности ДЦП, значимые для занятий; 2) определить принципы и структуру занятия ЛФК; 3) раскрыть дифференциацию методики ЛФК; 4) обосновать критерии эффективности занятий ЛФК и роль семьи.

Клинико-патогенетические предпосылки построения методики ЛФК

При спастической диплегии преимущественно страдают нижние конечности; при гемиплегии — конечности одной стороны, чаще рука; при двойной гемиплегии — все четыре конечности с бульбарными нарушениями [2, с. 61; 3, с. 30]. Общий признак — повышение тонуса по спастическому типу: сопротивление пассивному движению зависит от скорости растяжения, при быстром движении возникает симптом «складного ножа» [4, с. 42].

Спастичность — не единственный компонент дефекта. Важны мышечная слабость, нарушение избирательного управления, синкинезии, недостаточность постурального контроля, сенсорные расстройства. Поэтому ЛФК должна воздействовать на тонус, силу, координацию и контроль позы, а не только на растяжение спазмированных мышц [4, с. 48].

Перед занятием определяют ведущий синдром, тонус, объем движений, контрактуры, рефлексы, уровень GMFCS (Gross Motor Function Classification System) и функцию ходьбы (шкала Эшворта, гониометрия, GMFM — Gross Motor Function Measure). ЛФК не проводят при острых инфекциях, температуре, эпилептическом приступе, боли и свежих травмах; после ботулинотерапии или операции программу корректируют с врачом [5].

Методические принципы и структура занятия ЛФК

Основные принципы — раннее начало, индивидуализация, непрерывность, комплексность, постепенность, онтогенетическая последовательность (удержание головы, повороты, ползание, сидение, вставание, ходьба) и активное

участие ребенка. Пассивное выполнение движений не формирует навык. Взрослый создает условия, подсказывает и страхует [6, с. 52; 7, с. 118].

Занятие состоит из трех частей (рис. 1): подготовительной (5–7 мин) — дыхание, позиционирование, пассивные движения, мяч; основной (20–30 мин) — растяжение, укрепление антагонистов, равновесие, ползание, сидение, вставание, ходьба, мелкая моторика; заключительной (5–8 мин) — расслабление, дыхание, вертикализация. Длительность — 30–45 мин в зависимости от возраста, частота — 3–5 раз в неделю [7, с. 124].

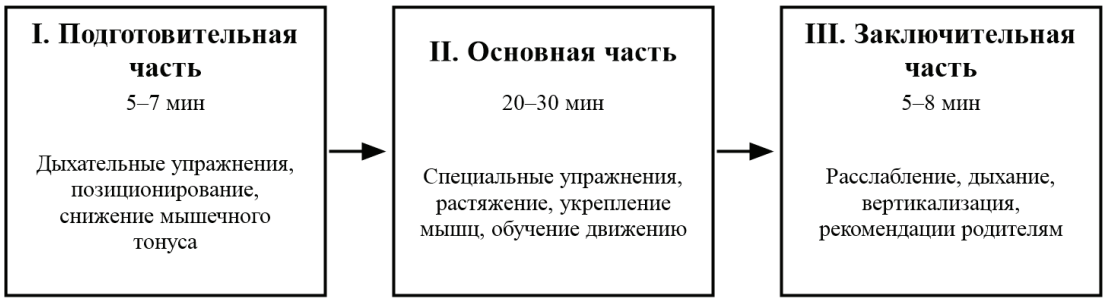


Рис. 1. **Структура занятия ЛФК при спастических формах ДЦП**

Средства ЛФК дифференцируют по форме заболевания (табл. 1). При диплегии акцент делают на расслабление приводящих мышц бедра, отведение и наружную ротацию бедер, разгибание коленей, тыльное сгибание стоп, равновесие и правильный стереотип ходьбы. При гемиплегии преодолевают асимметрию позы, включают паретичную руку в двуручную деятельность, тренируют тонкую моторику и перенос веса. При двойной гемиплегии главными становятся постуральный менеджмент, профилактика контрактур, вертикализация и обучение близких [3, с. 76; 8, с. 52].

Таблица 1. **Дифференциация средств ЛФК при спастических формах ДЦП**

Форма ДЦП	Ведущие нарушения и приоритетные задачи	Основные средства и методы
Спастическая диплегия	Тонус приводящих мышц и сгибателей ног, патологическая ходьба; снижение тонуса, разгибание коленей, тыльное сгибание стоп	Позиционирование, пассивно-активные движения, растяжение, мяч, ходьба у опоры
Спастическая гемиплегия	Асимметрия, поражение руки, нарушение баланса; включение руки, перенос веса на пораженную ногу	Двуручные упражнения, элементы CIMT (Constraint-Induced Movement Therapy), баланс, ходьба перед зеркалом
Двойная гемиплегия	Тетрапарез, контрактуры, бульбарные нарушения; профилактика контрактур и постуральный контроль	Пассивные движения, укладки, ортезы, вертикализатор, дыхательные упражнения

Особенности применения средств ЛФК при спастичности

Позиционирование. Используют положения на боку, животе, четвереньках, «эмбриона», укладки с валиками. Позу меняют медленно, избегая резких поворотов головы и разгибаний. Ключевые точки контроля — голова, плечи, таз, стопы: взрослый направляет движение, а не «ставит» конечность [4, с. 96].

Растяжение и укрепление. Спазмированные мышцы растягивают медленно, с малой амплитудой, без боли. Экспозиция — 20–30 с, 3–5 повторений, после чего предлагают активное движение в том же направлении. Баллистические и форсированные растяжения не применяются. Укрепление ослабленных мышц обязательно: умеренная нагрузка в медленном темпе с контролем дыхания не усиливает спастичность и улучшает двигательный контроль [4, с. 145; 9].

Обучение ходьбе. Тренировка строится как двигательная задача: перенос веса, постановка стопы, разгибание колена в фазу опоры, длина шага. Используют брусья, ходунки, трость, дорожку с разгрузкой веса, зеркала, ортезы. Если правильный шаг не получается, упражнение упрощают. Важно не закреплять патологический стереотип [8, с. 88]. Гидрокинезиотерапия в теплой воде уменьшает осевую нагрузку и облегчает движение.

Дыхание, расслабление, дозирование. В занятие включают диафрагмальное дыхание, удлиненный выдох, упражнения со звуком. Расслабление достигается сменой позы, покачиванием, теплом, спокойным темпом. Нагрузку дозируют по признакам утомления (изменение дыхания, бледность, потливость, снижение активности, гримасы, плач). Переутомление усиливает спастичность и формирует негативное отношение к занятиям [4, с. 88].

Оценка эффективности и организация занятий

Эффективность занятий ЛФК оценивают по динамике тонуса (шкала Эшворта), объема движений, крупной моторики (GMFM), уровня GMFCS, скорости и качества ходьбы, баланса, функции руки и качества жизни. Повторную оценку проводят каждые 3–6 месяцев. При отсутствии динамики программу корректируют [5; 9].

Успех ЛФК зависит от семьи: родителей обучают позиционированию, расслаблению, переносу ребенка, ортезам и домашней программе. Семейно-центрированный подход предполагает согласование целей и обратную связь. ЛФК сочетают с работой невролога, ортопеда, физического терапевта, эрготерапевта, логопеда и психолога [7, с. 212; 8].

Заключение

Методика ЛФК при спастических формах ДЦП — не универсальный комплекс, а дифференцированная система, в которой форма, возраст, двигательный уровень и ведущий синдром определяют средства, темп, амплитуду и дозировку. Ключевые условия эффективности — раннее начало, индивидуальная программа, торможение патологических рефлексов, медленное растяжение, укрепление антагонистов, обучение движению как задаче, контроль утомления и участие семьи.

Дальнейшее совершенствование методики связано с персонализированными программами, объективным мониторингом тонуса и двигательной функции, техническими средствами и контролируемыми исследованиями режимов нагрузки.

Литература:

1. Cerebral palsy / H. K. Graham, P. Rosenbaum, N. Paneth [et al.] // Nature Reviews Disease Primers. — 2016. — Vol. 2. — Art. 15082. — DOI: 10.1038/nrdp.2015.82
2. Бадалян, Л. О. Детские церебральные параличи / Л. О. Бадалян, Л. Т. Журба, О. В. Тимонина. — Киев : Здоровья, 1988. — 328 с.
3. Семенова, К. А. Восстановительное лечение больных с резидуальной стадией детского церебрального паралича / К. А. Семенова. — Москва : Антидор, 1999. — 384 с.
4. Клочкова, Е. В. Введение в физическую терапию: реабилитация детей с церебральным параличом и другими двигательными нарушениями неврологической природы / Е. В. Клочкова. — Москва : Теревинф, 2014. — 288 с.
5. Детский церебральный паралич у детей : клинические рекомендации / Союз педиатров России. — Москва, 2024. — URL: https://www.pediatr-russia.ru/information/klin-rek/deystvuyushchie-klinicheskie-rekomendatsii/ДЦП%20СПР%20с%20комментариями%20испр.%20v3.pdf (дата обращения: 20.10.2026).
6. Мастюкова, Е. М. Физическое воспитание детей с церебральным параличом: младенческий, ранний и дошкольный возраст / Е. М. Мастюкова. — Москва : Просвещение, 1991. — 159 с.
7. Финни, Н. Ф. Ребенок с церебральным параличом: помощь, уход, развитие / Н. Ф. Финни. — Москва : Теревинф, 2009. — 336 с.
8. Шамарин, Т. Г. Возможности восстановительного лечения детских церебральных параличей / Т. Г. Шамарин, Г. И. Белова. — Элиста : Джангар, 1999. — 168 с.
9. State of the Evidence Traffic Lights 2019: Systematic Review of Interventions for Preventing and Treating Children with Cerebral Palsy / I. Novak, C. Morgan, M. Fahey [et al.] // Current Neurology and Neuroscience Reports. — 2020. — Vol. 20, № 2. — Art. 3. — DOI: 10.1007/s11910-020-1022-z

1

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 45 (648) / 2026

Выпускающий редактор Г. А. Письменная

Ответственные редакторы Е. И. Осянина, О. А. Шульга, З. А. Огурцова

Художник Е. А. Шишков

Подготовка оригинал-макета П. Я. Бурьянов, М. В. Голубцов, О. В. Майер

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал размещается и индексируется на портале eLIBRARY.RU, на момент выхода номера в свет журнал не входит в РИНЦ.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г., выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

ISSN-L 2072-0297

ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый». 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25, пом. 1, 3, 4, 5, 6.

Номер подписан в печать 18.11.2026. Дата выхода в свет: 25.11.2026.

Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

Почтовый адрес редакции: 420140, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Юлиуса Фучика, д. 94А, а/я 121.

Фактический адрес редакции: 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25, пом. 1, 3, 4, 5, 6.

E-mail: info@moluch.ru; https://moluch.ru/

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25, пом. 1, 3, 4, 5, 6.