НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

№99
Ноябрь 2026

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ

«Наука и мировоззрение»

ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ ПОНИМАНИЕ НАСТОЯЩЕГО

ISSN 2686-9589
Google Scholar
Cyberleninka №37167

Цель журнала «Наука и мировоззрение» – представить научной общественности, преподавателям университетов, молодым учёным и аспирантам оригинальные результаты теоретических и прикладных исследований в науке. Основная тематика публикуемых в журнале на русском и английском языках оригинальных научных статей и обзоров

Редакционная деятельность

Ответственный секретарь: Литовка Мария Алексеевна

Верстка: Соколов Олег Аркадьевич

Контактная информация

Адрес: Ул. Красноказарменная д.17, Москва. Россия

Email: redactor@naukamirowozreniya.ru

Главный редактор: Никита Поляков Андреевич

Телефон номер: +7 977 680-65-88

Сайт: https://naukamirowozreniya.ru

©Электронное периодическое издание «Наука и мировоззрение

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

СОДЕРЖАНИЯ

1. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ В УМНЫХ СЕТЯХ 7

2. ПРИМЕНЕНИЕ БИОМАССЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВА 13

3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ПРИЛИВОВ И ОТЛИВОВ 20

4. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ В НОВЫХ ТИПАХ ДВИГАТЕЛЕЙ..... 26

5. ИНЖЕНЕРНЫЙ МОРФОГЕНЕЗ, ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ И КОНСТРУКТИВНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ПЕРВЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ЭКИПАЖЕЙ В ИСТОРИИ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ 32

6. АКУСТИЧЕСКИЕ, КОНСТРУКТИВНЫЕ И ИСПОЛНИТЕЛЬСКИЕ ОСНОВЫ СТРУННЫХ МУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ 38

7. КВАНТОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ И ИХ ПЕРСПЕКТИВЫ..... 44

8. ИНТОНАЦИОННО-СМЫСЛОВАЯ ПРИРОДА, СИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПЦИИ ТЕОРИИ МУЗЫКИ 50

9. ХУДОЖЕСТВЕННАЯ ПРИРОДА, ВЫРАЗИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА И СОВРЕМЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭСТРАДНОГО ИСКУССТВА 56

10. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ УСТРОЙСТВ..... 63

11. ХУДОЖЕСТВЕННО-ИСПОЛНИТЕЛЬСКАЯ ПРИРОДА, ДРАМАТУРГИЯ И АНСАМБЛЕВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В КАМЕРНОМ АНСАМБЛЕ..... 68

12. СОВРЕМЕННЫЕ СМЕШАННЫЕ КАМЕРНЫЕ СОСТАВЫ, РАСШИРЕННЫЕ ТЕХНИКИ И ПРОСТРАНСТВЕННО-АКУСТИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОСТЬ В МУЗЫКЕ XX–XXI ВЕКОВ 74

13. АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРАФИКА В СЕТЯХ..... 80

14. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕОРИИ МУЗЫКИ: ЗВУКОВЫСОТНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ, МЕТРОРИТМ, ГАРМОНИЯ И ФОРМООБРАЗОВАНИЕ 86

15. ЗНАЧЕНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СТАНОВЛЕНИИ ЛИЧНОСТИ И СОЦИАЛИЗАЦИИ УЧАЩИХСЯ 92

16. МЕХАНИЗМЫ ДВИЖЕНИЯ БЕЛКОВ-МОТОРОВ 98

17. НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕРМИНОЛОГИИ 104

18. ПРОФИЛАКТИКА МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА 110

19. РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТИПОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ УСТРОЙСТВ 116

20. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ И АГРОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДИНАМИКИ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗА И СЕРЫ В ОРОШАЕМЫХ ПОЧВАХ 122

21. HISTORICAL EVOLUTION, STRUCTURAL DYNAMICS, AND GLOBAL FUNCTIONS OF THE ENGLISH LANGUAGE 127

22. ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ 133

23. MODERN INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES AS A KEY DRIVER OF DIGITAL DEVELOPMENT 139

24. ПРОЕКТИРОВАНИЕ, НАДЕЖНОСТЬ И ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ 144

25. МЕХАНИЗМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОНОВ В КРИСТАЛЛАХ 151

26. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ, ДИНАМИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ 156

27. CONTRASTIVE ANALYSIS OF ADJECTIVAL COMPARISON IN ENGLISH AND GERMAN GRAMMAR. (KOMPARATION DER ADJEKTIVE). 162

28. ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ГЛУБОКОВОДНЫХ РЫБ 168

29. СТРУКТУРНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОНОМИКИ, ЦЕПОЧКИ СОЗДАНИЯ СТОИМОСТИ И ГЛОБАЛЬНЫЕ ФИНАНСОВЫЕ ПОТОКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ 174

30. КРИОЭЛЕКТРОНИКА, СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ НАНОСТРУКТУРЫ И МЯГКАЯ НАНОЭЛЕКТРОНИКА В НЕКЛАССИЧЕСКИХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ 181

31. СВОЙСТВА ДВУМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ 188

32. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ, АРХИТЕКТУРА И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ 193

33. ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ПРИРОДНОГО ГАЗА 199

34. ОЦЕНКА РИСКОВ И ЭТИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ 205

35. ЭВОЛЮЦИЯ, ИНСТИТУЦИОНАЛИЗАЦИЯ, ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОТБОРА И СОЦИОКУЛЬТУРНОЕ ЗНАЧЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО КИКБОКСИНГА 211

36. ПОЛЬЗА ИЗУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ ЯЗЫКОВ СТУДЕНТАМИ В СОВРЕМЕННОМ ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ 221

37. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ТРАНСПОРТА В НАНОСТРУКТУРАХ 227

38. БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ, ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ТАКТИКО ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДГОТОВКИ В КИКБОКСИНГЕ 233

39. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕЧЕБНОЙ ФИЗКУЛЬТУРЫ ПОСЛЕ СПОРТИВНЫХ ТРАВМ 239

40. ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАЗМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВ 245

41. МЕТОДИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕСТА PWC 170 ДЛЯ ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ 251

42. ТЕОРЕТИКО-ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ И СИСТЕМАТИЗАЦИИ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ 257

43. ИЗУЧЕНИЕ ДИАЛЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНЫХ МЕТОДОВ 263

44. ЗНАЧЕНИЕ ИЗУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ ЯЗЫКОВ В КОГНИТИВНОМ, СОЦИОКУЛЬТУРНОМ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ РАЗВИТИИ ЛИЧНОСТИ 269

45. МАТЕМАТИКА НА ШАХМАТНОЙ ДОСКЕ..... 275

46. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВИРУСА В ПОПУЛЯЦИИ..... 281

47. ПОДГОТОВКА УЧИТЕЛЕЙ К ИНКЛЮЗИВНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ И ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ИХ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МАСТЕРСТВА 287

48. РОЛЬ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ В ОТНОШЕНИЯХ НАСТАВНИК — УЧЕНИК ПРИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ МОЛОДЫХ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ 293

49. ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА РАЗВИТИЕ ПИСЬМЕННОЙ РЕЧИ..... 299

50. РОЛЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИЗУЧЕНИИ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ КОНЦЕПЦИЙ 305

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-621.31

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ В УМНЫХ СЕТЯХ

Савицкий Дмитрий Олегович
Аспирант кафедры электроэнергетических систем и сетей, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

В настоящей исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ принципов математического моделирования, алгоритмической оптимизации и управления потоками мощности в интеллектуальных электроэнергетических системах (Smart Grid). В центре внимания находится исследование нелинейных уравнений установившихся и переходных режимов электрических сетей при массовой интеграции распределенной генерации, возобновляемых источников энергии с высокой стохастической изменчивостью выработки, а также промышленных накопителей электрической энергии. В статье подробно рассматриваются методы численного решения уравнений потокораспределения, алгоритмы мультиагентного децентрализованного управления, модели прогнозирования графиков электрических нагрузок на базе глубоких нейронных сетей и рекуррентных архитектур, а также механизмы обеспечения динамической устойчивости, качества электроэнергии и киберфизической безопасности распределительных сетей. На основе комплексного междисциплинарного синтеза теоретической электротехники, вычислительной математики, теории автоматического управления и информатики формулируются концептуальные основы построения цифровых двойников умных энергетических систем, способных обеспечивать баланс генерации и потребления в реальном времени при минимальных технологических потерях.

Ключевые слова: умные сети, моделирование распределения энергии, потокораспределение, распределенная генерация, возобновляемые источники энергии, накопители энергии, цифровые двойники, машинное обучение, оптимизация режимов, электроэнергетическая система.

Введение

Современная мировая электроэнергетика переживает период фундаментальной структурной трансформации, обусловленной переходом от традиционной централизованной иерархической архитектуры генерации, передачи и распределения электрической энергии к децентрализованным киберфизическим

интеллектуальным системам, получившим в мировой научной литературе наименование умных сетей (Smart Grid). Классическая энергетическая система двадцатого века проектировалась исходя из однонаправленного движения потоков мощности от крупных тепловых, гидравлических и атомных электростанций через повышающие подстанции и высоковольтные линии электропередачи к пассивным распределительным сетям и конечным потребителям. Однако бурное развитие распределенной генерации, массовое внедрение фотоэлектрических солнечных станций и ветроэнергетических установок, распространение зарядной инфраструктуры для электрического транспорта, а также появление активных потребителей-производителей (просьюмеров) коренным образом изменили физику и топологию электрических сетей.

В условиях двунаправленного перетока активной и реактивной мощности, стохастического характера выработки возобновляемых источников и быстрого изменения профилей нагрузки традиционные детерминированные методы расчета и ручного диспетчерского управления утрачивают свою эффективность. Возникают сложные технические проблемы, связанные с нарушением баланса мощности, отклонениями уровней напряжения за пределы нормативных коридоров, перегрузкой силовых трансформаторов и кабельных линий, а также снижением инерционности энергосистемы. В этой связи математическое и компьютерное моделирование процессов распределения энергии в умных сетях приобретает статус ключевого научно-инженерного инструмента, позволяющего прогнозировать поведение энергосистемы в различных эксплуатационных и аварийных режимах, синтезировать оптимальные законы управления и обеспечивать надежное, бесперебойное и экономически эффективное электроснабжение потребителей.

Целью данного масштабного научного исследования является проведение систематического, исчерпывающего и всестороннего анализа математических моделей установившихся и динамических режимов умных электрических сетей, численных методов оптимизации потоков мощности, алгоритмов искусственного интеллекта для управления распределенными энергетическими ресурсами, а также архитектуры цифровых двойников энергетических объектов. Выявление точных количественных закономерностей взаимодействия силового электротехнического оборудования с информационно-управляющими контурами позволяет заложить надежный теоретический и прикладной фундамент для проектирования и эксплуатации интеллектуальных энергосистем двадцать первого века.

Математические основы расчета потокораспределения и оптимизации режимов в активных сетях

Фундаментальной базой моделирования распределения электрической энергии выступает математическая задача расчета установившегося режима (Power Flow или Load Flow), заключающаяся в определении комплексных напряжений во всех

узлах электрической сети и перетоков активной и реактивной мощности по всем ветвям при заданных параметрах генерирующих источников, нагрузок и топологии схемы замещения. В умных сетях данная задача описывается системой нелинейных алгебраических уравнений баланса мощностей в узлах, связывающих модули и фазовые углы узловых напряжений с элементами матрицы узловых проводимостей. Ввиду нелинейного характера этих уравнений их аналитическое решение для разветвленных сетей невозможно, что требует применения итерационных численных методов, среди которых наибольшее распространение в промышленных программных комплексах получили метод Ньютона-Рафсона, метод быстрого разделения потоков и метод прямой-обратной развертки, специально адаптированный для радиальных и слабозамкнутых распределительных сетей среднего и низкого напряжения.

Особую сложность при моделировании активных распределительных сетей представляет учет несимметрии фазных нагрузок и параметров линий электропередачи, характерной для сетей низкого напряжения с однофазными потребителями и микрогенерацией. Это требует перехода от однолинейного представления схемы к полномасштабному трехфазному моделированию с учетом взаимных электромагнитных индуктивных и емкостных связей между фазами и нейтральным проводом. Кроме того, современное моделирование не ограничивается простым расчетом текущего состояния сети, а решает задачу оптимального потокораспределения (Optimal Power Flow, OPF). Математическая постановка OPF представляет собой задачу нелинейного условного программирования, направленную на минимизацию целевой функции — суммарных затрат на генерацию, потерь активной мощности в линиях или выбросов парниковых газов — при строгом соблюдении физических ограничений в форме равенств (уравнения баланса мощности) и неравенств (допустимые пределы напряжений в узлах, пропускная способность линий, пределы регулирования трансформаторов с устройством регулирования под нагрузкой и реактивной мощности инверторов). Для преодоления вычислительной сложности невыпуклых задач OPF в крупных сетях применяются методы выпуклой релаксации, такие как коническое программирование второго порядка и полуопределенное программирование, гарантирующие нахождение глобального оптимума за полиномиальное время.

Стохастическое моделирование возобновляемых источников энергии и систем накопления

Интеграция значительной доли солнечной и ветровой генерации в распределительные сети вносит существенную неопределенность в процессы планирования и балансирования энергетических потоков. Выработка фотоэлектрических модулей зависит от интенсивности солнечной инсоляции, облачности, температуры окружающей среды и угла падения лучей, тогда как мощность ветроэнергетических установок пропорциональна кубу скорости ветрового потока, подверженного турбулентным пульсациям. Детерминированные модели, оперирующие средними значениями генерации, не

способны адекватно оценить риски возникновения дефицита мощности или недопустимого повышения напряжения в узлах подключения распределенной генерации в часы минимального потребления.

Для корректного учета этих факторов в моделировании умных сетей применяются методы стохастического программирования, вероятностного потокораспределения (Probabilistic Power Flow) и робастной оптимизации. Вероятностное моделирование базируется на описании случайных входных параметров с помощью функций плотности распределения вероятностей, таких как распределение Вейбулла для скорости ветра и бета-распределение для солнечной радиации. Расчет статистических характеристик выходных параметров сети — математического ожидания и дисперсии напряжений и перетоков мощности — осуществляется с помощью метода Монте-Карло с применением ускоренных алгоритмов выборки по латинскому гиперкубу или аналитических методов разложения в ряды по ортогональным полиномам Эрмита и Грама-Шарлье.

Критически важным элементом демпфирования стохастических колебаний генерации в модели умных сетей выступают системы накопления электрической энергии (СНЭЭ), включающие литий-ионные аккумуляторные батареи, проточные редокс-батареи, маховиковые накопители и суперконденсаторы. Математическая модель накопителя в системе распределения энергии описывается динамическими уравнениями изменения уровня заряда (State of Charge, SoC) во времени с учетом коэффициентов полезного действия процессов заряда и разряда, ограничений по максимальной мощности инвертора, глубине разряда и деградации емкости в зависимости от количества циклов и температурного режима. Совместная оптимизация графиков работы накопителей и возобновляемых источников позволяет осуществлять выравнивание суточного графика нагрузки, сглаживание пиков потребления, регулирование частоты и напряжения в узлах сети, а также обеспечение бесперебойного питания ответственных потребителей в изолированном (островном) режиме работы микросети.

Алгоритмы машинного обучения и нейросетевое прогнозирование в задачах диспетчеризации

Высокая размерность современных распределительных сетей, оснащенных миллионами интеллектуальных приборов учета и датчиков телеметрии, порождает колоссальные потоки данных (Big Data), обработка которых классическими физико-математическими методами в режиме реального времени сталкивается с дефицитом вычислительных ресурсов. В этой связи в практику моделирования распределения энергии активно внедряются методы искусственного интеллекта, машинного обучения и глубоких нейронных сетей. Одной из важнейших задач является краткосрочное и сверхкраткосрочное прогнозирование электрической нагрузки и выработки возобновляемых источников на горизонте от нескольких минут до нескольких суток.

Для решения задач прогнозирования временных рядов применяются гибридные нейросетевые архитектуры, объединяющие сверточные нейронные сети (CNN), извлекающие пространственные и локальные корреляции из метеорологических данных и календарных признаков, с рекуррентными сетями долгой краткосрочной памяти (LSTM) и архитектурами на базе механизма внимания (Transformers), способными улавливать сложные долгосрочные временные зависимости и сезонные паттерны потребления. Точный прогноз позволяет системам управления заблаговременно формировать оптимальные графики загрузки генерирующего оборудования, планировать режимы заряда накопителей и активировать программы управления спросом (Demand Response), стимулирующие потребителей переносить энергоемкие процессы на часы провала нагрузки.

Помимо прогнозирования, методы машинного обучения, в частности обучение с подкреплением (Reinforcement Learning, RL) и графовые нейронные сети (Graph Neural Networks, GNN), применяются непосредственно для синтеза законов управления потоками мощности. Графовые нейронные сети естественным образом учитывают топологическую структуру электрической сети, представленную в виде графа, где вершинами являются шины и подстанции, а ребрами — линии электропередачи и трансформаторы. Обученные на результатах многовариантных расчетов потокораспределения, такие нейросетевые суррогатные модели способны аппроксимировать решение нелинейных уравнений сети за миллисекунды, что в тысячи раз быстрее классических итерационных решателей. Агенты глубокого обучения с подкреплением, взаимодействуя с цифровой моделью сети, вырабатывают оптимальные стратегии переключения секционирующих выключателей для реконфигурации топологии сети с целью минимизации потерь энергии и локализации аварийных участков.

Заключение

Подводя окончательный, глубоко структурированный, фундаментальный, всеобъемлющий и системный итог проведенному научно-теоретическому исследованию, можно с абсолютной академической и практической уверенностью констатировать, что математическое и компьютерное моделирование распределения энергии является ключевым системообразующим элементом создания и функционирования интеллектуальных электроэнергетических систем нового поколения. Интеграция децентрализованных возобновляемых источников энергии, промышленных накопителей, активных потребителей и зарядной инфраструктуры электротранспорта кардинально усложнила физику процессов в распределительных сетях, потребовав перехода от классических детерминированных расчетов к стохастическим, многокритериальным и адаптивным моделям оптимизации потоков мощности.

Органический синтез фундаментальных законов теоретической электротехники, нелинейной оптимизации, методов машинного обучения, мультиагентного децентрализованного управления и технологий цифровых двойников позволяет

обеспечить надежное балансирование генерации и потребления в реальном времени, минимизировать технологические потери при передаче энергии и повысить устойчивость энергосистем к внешним климатическим и киберфизическим воздействиям. Дальнейшее развитие вычислительных алгоритмов, квантовых вычислений для решения задач комбинаторной оптимизации большой размерности и стандартизация протоколов кибербезопасности откроют новые горизонты для построения полностью автономных, экологически чистых и самовосстанавливающихся энергетических систем будущего.

Литература

1. Веников В. А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. — М.: Высшая школа, 2020. — 478 с.
2. Идельчик В. И. Электрические системы и сети. — М.: Энергоатомиздат, 2019. — 592 с.
3. Воропай Н. И. Интеллектуальные электроэнергетические системы: концепция, состояние, перспективы. — Новосибирск: Наука, 2020. — 368 с.
4. Кобец Б. Б., Волкова И. О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid. — М.: ИАЦ Энергия, 2019. — 208 с.
5. Бартоломей П. И., Ерохин П. М. Математические методы оптимизации режимов энергосистем. — Екатеринбург: УрФУ, 2021. — 312 с.
6. Суслов К. В., Солонина Н. Н. Моделирование и оптимизация активных распределительных электрических сетей. — Иркутск: ИРНИТУ, 2020. — 256 с.
7. Wood A. J., Wollenberg B. F., Sheble G. B. Power Generation, Operation, and Control. — Hoboken: Wiley-IEEE Press, 2020. — 656 p.
8. Momoh J. Smart Grid: Fundamentals of Design and Analysis. — Hoboken: Wiley-IEEE Press, 2021. — 232 p.
9. IEEE Transactions on Smart Grid. — 2025. — Vol. 16, No. 4. — P. 3120–3148.
10. Applied Energy. — 2026. — Vol. 358. — P. 122–150.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-504.06

ПРИМЕНЕНИЕ БИОМАССЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВА

Тарасов Ярослав Валерьевич
Преподаватель кафедры электроэнергетических систем и сетей,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется детальный, глубоко развернутый, исчерпывающий, многоаспектный и системный научно-теоретический анализ процессов переработки органической биомассы в жидкое, газообразное и твердое биотопливо для нужд современной энергетики, транспорта и промышленности. В центре внимания находится исследование физико-химических и термодинамических закономерностей биохимической, термохимической и физико-механической конверсии лигноцеллюлозного сырья, сельскохозяйственных отходов, древесины, микроводорослей и органических фракций твердых коммунальных отходов. В статье подробно рассматриваются кинетика ферментативного гидролиза и анаэробного сбраживания, механизмы быстрого пиролиза, газификации в псевдоожиженном слое и каталитического синтеза Фишера-Тропша, а также вопросы глубокой очистки биогаза до биометана, компаундирования биоэтанола и биодизеля с нефтяными моторными топливами и оценки жизненного цикла углеродного баланса. На основе комплексного междисциплинарного синтеза химической технологии, биохимии, технической термодинамики, катализа и экологической инженерии формулируются концептуальные принципы создания масштабируемых, экономически устойчивых и низкоуглеродных биоэнергетических комплексов нового поколения.

Ключевые слова: биомасса, производство топлива, биотопливо, пиролиз, газификация, биоэтанол, биодизель, биометан, лигноцеллюлоза, синтез Фишера-Тропша.

Введение

Современная мировая энергетика и транспортный сектор находятся на этапе глубокой структурной трансформации, обусловленной необходимостью диверсификации топливно-энергетического баланса, снижения зависимости от невозобновляемых ископаемых углеводородов и уменьшения антропогенных выбросов парниковых газов. В этой системе координат использование биомассы

в качестве возобновляемого сырья для получения моторных, котельных и синтетических видов топлива приобретает стратегическое значение, поскольку органическое вещество растительного и микробного происхождения способно аккумулировать солнечную энергию в форме химических связей и вовлекаться в замкнутый углеродный цикл. В отличие от многих других возобновляемых источников энергии, характеризующихся прерывистостью генерации и сложностью прямого применения в тяжелом транспорте, авиации и судоходстве, топливо из биомассы совместимо с существующей инфраструктурой хранения, транспортировки и сжигания или может быть адаптировано к ней с минимальными техническими доработками.

Сырьевая база для производства биотоплива отличается исключительным разнообразием и включает древесные отходы лесозаготовки и деревообработки, солому зерновых культур, стебли кукурузы, лузгу подсолнечника и риса, жом, энергетические культуры, отходы животноводства и пищевой промышленности, органическую составляющую твердых коммунальных отходов, а также быстрорастущие макро- и микроводоросли. Каждая из этих категорий сырья обладает специфическим химическим составом, соотношением целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина, липидов, крахмала и белков, влажностью, зольностью и теплотворной способностью, что определяет выбор оптимального технологического маршрута конверсии. Переход от первого поколения биотоплива, конкурировавшего с продовольственными культурами и земельными ресурсами, ко второму и третьему поколениям, базирующимся на непищевом лигноцеллюлозном сырье, отходах и микроводорослях, требует решения сложных физико-химических и инженерных задач, связанных с преодолением природной устойчивости растительных клеточных стенок к расщеплению и масштабированием аппаратурного оформления.

Целью данного масштабного научного исследования является проведение систематического, исчерпывающего и всестороннего анализа физико-химических, термодинамических и технологических основ переработки биомассы в топливо различного агрегатного состояния, сопоставление термохимических и биохимических маршрутов конверсии, а также оценка инженерных решений по повышению энергоэффективности, селективности и экологической безопасности топливного производства на базе возобновляемого органического сырья.

Физико-химическая характеристика биомассы и методы предобработки сырья

Эффективность любого процесса получения топлива из биомассы во многом предопределяется структурно-химическими особенностями исходного растительного или органического материала. Основу наземной растительной биомассы составляет лигноцеллюлозный комплекс, в котором линейные полимерные цепи целлюлозы связаны с разветвленными гетерополимерами гемицеллюлозы и окружены трехмерной ароматической матрицей лигнина. Целлюлоза обеспечивает механическую прочность растительных тканей и

выступает ценным источником гексозных мономеров при биохимической переработке, гемицеллюлоза содержит преимущественно пентозные и гексозные сахара и легче подвергается гидролизу, тогда как лигнин придает клеточным стенкам жесткость и гидрофобность, препятствуя доступу ферментов и микроорганизмов к полисахаридам, но при этом обладает высокой удельной теплотой сгорания и служит ценным сырьем для термохимических процессов и получения ароматических соединений.

Помимо полимерного состава критически важными технологическими параметрами выступают влажность, зольность, содержание щелочных и щелочноземельных металлов, хлора и серы. Высокая влажность свежесрубленной древесины, силоса или водной биомассы микроводорослей существенно снижает чистую теплотворную способность при прямом сжигании и газификации, поскольку значительная часть тепловой энергии расходуется на испарение влаги, но при этом является естественным технологическим условием для процессов анаэробного сбраживания и ферментации. Присутствие соединений калия, натрия и хлора в золе при высокотемпературных процессах способно вызывать шлакование, спекание частиц в псевдоожиженном слое, высокотемпературную коррозию теплообменных поверхностей и образование отложений, что требует предварительной промывки, торрефикации или подбора специальных режимов сжигания и газификации.

Для преодоления рекальцитрантности лигноцеллюлозного сырья и приведения физико-механических свойств биомассы к требованиям реакторных узлов применяются методы механической, термической, химической и физико-химической предобработки. Измельчение, сушка и гранулирование или брикетирование повышают насыпную плотность и однородность потоков, снижая транспортные издержки и стабилизируя подачу в реакторы. Торрефикация — мягкая термическая обработка при температурах порядка двухсот-трехсот градусов Цельсия в инертной или малокислородной среде — вызывает частичную деполимеризацию гемицеллюлозы, удаление легких летучих компонентов и влаги, превращая хрупкую и гигроскопичную древесину в гидрофобный энергоноситель с повышенной плотностью энергии, близкий по эксплуатационным свойствам к углю. Для биохимической конверсии применяются паровой взрыв, обработка разбавленными кислотами или щелочами, ионными жидкостями и органосольвентные методы, разрушающие лигниновую оболочку и увеличивающие удельную поверхность целлюлозы для ферментативного осахаривания.

Термохимическая конверсия биомассы: пиролиз, газификация и гидротермальное сжижение

Термохимические методы переработки биомассы основаны на высокотемпературном воздействии на органическое вещество в контролируемой газовой среде и позволяют осуществлять глубокую конверсию сырья, включая трудноразлагаемый лигнин, за относительно короткое время пребывания в

реакторе. Ключевыми направлениями термохимической технологии являются пиролиз, газификация и гидротермальные процессы, каждое из которых ориентировано на получение целевых продуктов с определенным фазовым состоянием и энергетической ценностью.

Пиролиз представляет собой термическое разложение органических соединений биомассы при температурах обычно от четырехсот до семисот градусов Цельсия в отсутствие кислорода, результатом которого являются три взаимосвязанных потока: конденсируемая жидкая фракция (пиролизное масло или биомасло), неконденсируемые горючие газы и твердый углеродистый остаток (биоуголь). Режим быстрого пиролиза характеризуется высокими скоростями нагрева частиц биомассы, коротким временем пребывания паров в горячей зоне и быстрой закалкой продуктов, что позволяет максимизировать выход жидкого биомасла. Получаемое биомасло представляет собой сложную многокомпонентную смесь воды, органических кислот, альдегидов, кетонов, фенолов и олигомеров лигнина, обладающую кислотностью, нестабильностью при хранении и более низкой теплотой сгорания по сравнению с нефтяными дистиллятами, что требует его последующего каталитического гидродезоксигенирования или облагораживания для получения транспортного топлива.

Газификация заключается в высокотемпературной парциальной конверсии биомассы при температурах, как правило превышающих семьсот-девятьсот градусов Цельсия, в присутствии газифицирующего агента — воздуха, кислорода, водяного пара или их смесей — с получением генераторного или синтез-газа, состоящего преимущественно из оксида углерода, водорода, метана, диоксида углерода и азота при воздушном дутье. Выбор типа реактора — слоевого прямого или противоточного, циркулирующего или пузырькового псевдоожиженного слоя, либо поточного газификатора — определяется гранулометрическим составом сырья, масштабом установки и требованиями к чистоте газа. Очищенный и кондиционированный синтез-газ с заданным мольным отношением водорода к оксиду углерода может использоваться напрямую в газопоршневых и газотурбинных установках, а также служить сырьем для каталитического синтеза Фишера-Тропша с получением синтетических углеводородов дизельного и авиационного диапазонов, метанола, диметилового эфира или возобновляемого водорода.

Гидротермальные технологии, включая гидротермальное сжижение и гидротермальную газификацию, проводят конверсию влажной биомассы в жидкой или сверхкритической водной среде при повышенных давлениях. Главным преимуществом этих процессов является отсутствие необходимости предварительной энергоемкой сушки влажного сырья, поскольку сама вода выступает реакционной средой и растворителем, позволяя получать биосырье с более низким содержанием кислорода и более высокой теплотворной способностью по сравнению с продуктами сухого пиролиза.

Биохимические и микробиологические технологии получения жидких и газообразных топлив

Биохимическая конверсия опирается на метаболическую активность микроорганизмов и каталитическое действие ферментов, обеспечивая высокую селективность превращения углеводов, липидов и органических отходов в мягких температурных условиях. Наиболее распространенными жидкими биотопливами этого класса являются биоэтанол и биодизель, а среди газообразных энергоносителей доминирует биогаз и получаемый на его основе биометан.

Производство биоэтанола включает стадии подготовки и гидролиза углеводсодержащего сырья до сбраживаемых моносахаридов, спиртового брожения с участием дрожжей или рекомбинантных штаммов микроорганизмов, способных утилизировать как гексозы, так и пентозы, а также выделения, ректификации и обезвоживания этанола до топливных кондиций. Безводный биоэтанол применяется в качестве высокооктанового кислородсодержащего компонента бензинов, повышая октановое число и способствуя более полному сгоранию топливовоздушной смеси, однако при этом требует учета изменений стехиометрического состава, теплоты парообразования и совместимости с эластомерами и топливными системами двигателей.

Производство биодизеля базируется на реакции переэтерификации растительных масел, отработанных кулинарных жиров, животных жиров или липидов микроводорослей спиртами (чаще всего метанолом) в присутствии гомогенных или гетерогенных катализаторов с образованием алкиловых эфиров жирных кислот и глицерина в качестве побочного продукта. Биодизель характеризуется высоким цетановым числом, хорошими смазывающими свойствами и биоразлагаемостью, но при этом требует контроля низкотемпературных свойств (температуры помутнения и фильтруемости), окислительной стабильности и чистоты от остатков катализатора и свободного глицерина для предотвращения отложений и коррозии в топливной аппаратуре дизельных двигателей.

Анаэробное сбраживание представляет собой многостадийный микробиологический процесс разложения органических веществ в бескислородной среде последовательно сообществами гидролитических, кислотообразующих, ацетогенных и метаногенных бактерий и архей. В результате образуется биогаз, состоящий в основном из метана и диоксида углерода с примесями сероводорода, аммиака, влаги и силоксанов. После удаления коррозионно-активных и токсичных примесей биогаз может использоваться для когенерации тепловой и электрической энергии, а при удалении диоксида углерода методом мембранного разделения, короткоцикловой адсорбции или водной скрубберной очистки превращается в биометан, по своим физико-химическим характеристикам соответствующий природному газу и пригодный для закачки в газораспределительные сети или применения в качестве газомоторного топлива.

Интеграция в энергетические системы, эксплуатация и экологическая оценка жизненного цикла

Практическая реализация топливных технологий на основе биомассы невозможна без системного анализа их интеграции в действующие энергетические и транспортные цепи, а также комплексной оценки жизненного цикла (LCA). В отличие от точечной оценки выбросов на выхлопе транспортного средства или дымовой трубе установки, анализ жизненного цикла охватывает все этапы от выращивания или сбора сырья, его транспортировки и предобработки до конверсии, распределения, конечного использования топлива и утилизации отходов и побочных продуктов.

Углеродная нейтральность биотоплива в рамках полного цикла зависит от баланса между диоксидом углерода, поглощенным растениями в процессе фотосинтеза, и выбросами углекислого газа при производстве и сжигании топлива, а также от косвенных эффектов землепользования и изменения запасов почвенного органического углерода. Применение отходов сельского и лесного хозяйства, побочных продуктов переработки и вовлечение деградированных земель позволяют минимизировать риски конкуренции за плодородные почвы и водные ресурсы, повышая общую экологическую эффективность топливных цепочек.

С точки зрения инженерной эксплуатации ключевыми факторами коммерческой устойчивости биоэнергетических проектов являются логистическая оптимизация поставок объемного сырья с низкой насыпной плотностью, управление сезонностью сбора урожая, повышение ресурса катализаторов и реакторного оборудования, а также комплексное использование всех потоков переработки. Внедрение принципов биоперерабатывающих комплексов (биорефайнериев), где наряду с топливом из побочных фракций и лигнина производятся ценные химические продукты, сорбенты, удобрения или тепловая энергия, позволяет существенно улучшить экономику производства и снизить себестоимость конечного топлива.

Заключение

Подводя итог проведенному научно-теоретическому исследованию, можно констатировать, что применение биомассы для производства топлива представляет собой многоплановое и динамично развивающееся направление современной прикладной науки и химической технологии, объединяющее термохимические, биохимические и физико-механические методы конверсии возобновляемого органического сырья. Многообразие видов биомассы и различия в их химическом строении определяют необходимость гибкого подбора технологий предобработки и переработки с учетом состава исходного материала, масштаба производства и целевого назначения получаемых энергоносителей.

Эффективное вовлечение биомассы в топливный баланс требует преодоления структурной устойчивости лигноцеллюлозного комплекса, совершенствования

каталитических и микробиологических систем, обеспечения стабильного качества жидких и газообразных топлив при эксплуатации в энергетических и транспортных установках, а также строгого учета экологических и логистических факторов на всех этапах жизненного цикла. Последовательное развитие технологий биоконверсии и интеграция топливного производства в концепцию комплексных биоперерабатывающих систем создают научную и инженерную базу для расширения использования возобновляемых углеродсодержащих ресурсов в современной энергетике.

Литература

1. Демиденко А. Н. Технологии переработки биомассы и получение биотоплива. — М.: Наука, 2020. — 328 с.
2. Сидоров В. П., Козлов М. А. Термохимическая конверсия твердого топлива и биомассы. — СПб.: Лань, 2021. — 296 с.
3. Лебедев И. С. Биотехнологии в энергетике: анаэробное сбраживание и биотоплива. — М.: КолосС, 2020. — 344 с.
4. Морозов Н. В. Каталитические процессы переработки возобновляемого сырья. — Новосибирск: СО РАН, 2021. — 276 с.
5. Громов Е. А. Экологическая оценка и жизненный цикл биоэнергетических систем. — М.: Энергоатомиздат, 2020. — 252 с.
6. Соколова Т. Н. Химия древесины и лигноцеллюлозных материалов. — Архангельск: САФУ, 2019. — 310 с.
7. Basu P. Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction: Practical Design and Theory. — London: Academic Press, 2020. — 580 p.
8. Bridgwater A. V. Review of Fast Pyrolysis of Biomass and Product Upgrading. — Biomass and Bioenergy. — 2020. — Vol. 38. — P. 68–94.
9. Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2025. — Vol. 204. — P. 114–138.
10. Bioresource Technology. — 2026. — Vol. 395. — P. 130–152.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-621.31

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ПРИЛИВОВ И ОТЛИВОВ

Зайцев Кирилл Александрович
Аспирант кафедры возобновляемых источников энергии и гидроэнергетики, Московский энергетический институт
г. Москва, Россия

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, глубоко детализированный, исчерпывающий и многоаспектный научно-теоретический анализ физических основ, гидротехнических схем, гидродинамических процессов, электромеханического оборудования и перспектив применения энергии морских приливов и отливов в современной электроэнергетике. В центре внимания находится исследование гравитационно-динамической природы приливных колебаний уровня Мирового океана, резонансных усилений амплитуды прилива в воронкообразных заливах и эстуариях, а также энергетических балансов бассейновых плотинных станций и свободнопоточных подводных гидротурбинных установок. В статье подробно рассматриваются режимы одностороннего и двустороннего действия приливных электростанций, принципы работы поворотно-лопастных и ортогональных гидроагрегатов, вопросы регулирования мощности и сглаживания циклической неравномерности выработки с помощью гидроаккумулирующих станций и систем накопления энергии, а также экологические и геоморфологические аспекты строительства гидротехнических сооружений в прибрежных и шельфовых акваториях. На основе комплексного междисциплинарного синтеза геофизики, гидромеханики, гидротехники, электротехники и системного анализа формулируются концептуальные подходы к повышению эффективности, надежности и экологической совместимости приливной энергетики в составе современных энергосистем.

Ключевые слова: энергия приливов и отливов, приливная электростанция, гравитационные приливы, гидротурбина, приливной бассейн, подводные течения, гидромеханика, возобновляемая энергетика, шельфовая гидротехника, балансирование мощности.

Введение

Освоение энергии морских приливов и отливов опирается на фундаментальный природный процесс периодического вертикального перемещения водных масс Мирового океана и сопровождающих его приливно-отливных течений в

прибрежных зонах, проливах и эстуариях. Первичный источник этой энергии связан с гравитационным притяжением Луны и Солнца в сочетании с центробежными силами, возникающими при вращении системы Земля — Луна вокруг общего центра масс, а также с суточным осевым вращением самой планеты. В отличие от многих климатически зависимых возобновляемых источников энергии, таких как солнечная или ветровая генерация, параметры приливных циклов определяются небесной механикой и отличаются исключительной предсказуемостью на десятилетия вперед. При этом в отличие от речной гидроэнергетики, зависящей от сезонного стока, атмосферных осадков и таяния снегов, приливная энергия характеризуется строгой регулярностью полусуточных и суточных ритмов, а также сизигийно-квадратурными колебаниями амплитуды.

Практическая реализация приливной энергетики сопряжена с рядом сложных геофизических, гидротехнических и электротехнических задач. Экономически оправданное концентрирование приливной энергии возможно лишь в ограниченном числе прибрежных регионов, где сочетание крупной амплитуды прилива (обычно превышающей четыре-пять метров для плотинных схем) и благоприятной топографии береговой линии, заливов или узких проливов обеспечивает формирование значительных напоров или высоких скоростей приливных течений. Кроме того, цикличность и прерывистость выработки электроэнергии в течение приливного цикла требуют тщательной интеграции приливных электростанций в объединенные энергосистемы, применения систем аккумулирования энергии или координации с другими генерирующими мощностями. Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ физических закономерностей приливных явлений, конструктивно-технологических схем преобразования приливной энергии, особенностей эксплуатации гидросилового оборудования и перспектив развития приливной энергетики в контексте современных требований к надежности и экологической безопасности.

Физико-гидродинамические основы приливных колебаний и резонансных явлений

В открытом океане приливная волна представляет собой длинную гравитационную волну, длина которой сопоставима с размерами океанических бассейнов, а амплитуда в глубоководных районах обычно не превышает одного метра. При подходе к материковому шельфу и входе в заливы, бухты, устья рек и проливы характер распространения приливной волны существенно изменяется под влиянием уменьшения глубины, донного трения, силы Кориолиса, отражения волн от берегов и сложной геометрии дна и береговой линии. В узких сужающихся заливах и эстуариях кинетическая энергия приливного потока концентрируется, что приводит к существенному росту амплитуды колебаний уровня воды, достигающей в отдельных точках Мирового океана десяти и более метров.

Существенную роль в формировании высоких приливов играют явления гидродинамического резонанса, возникающего тогда, когда период собственных колебаний водной массы залива или бухты совпадает с периодом приливной волны или близок к нему. При таком совпадении энергия приходящих волн накапливается в акватории, вызывая многократное усиление амплитуды прилива и интенсивных возвратно-поступательных течений. В проливах и между островами, где соединяются водоемы с различными фазами или уровнями прилива, формируются устойчивые и мощные приливные течения, скорости которых в периоды сизигии могут достигать нескольких метров в секунду. Понимание этих гидродинамических закономерностей необходимо как для выбора створов строительства приливных электростанций, так и для точного расчета нагрузок на гидротехнические сооружения и турбинные агрегаты.

Потенциальная энергия приливного бассейна при колебании уровня воды связана с объемом водной массы, заполняющей и опорожняющей акваторию за полусуточный или суточный цикл, и величиной перепада уровней между бьефами. Однако на практике доступная для извлечения энергия всегда меньше теоретического потенциального запаса из-за ограничений по напору при начале и завершении фаз наполнения и опорожнения, гидравлических потерь в водоводах, а также конечной пропускной способности гидроагрегатов и водопропускных сооружений. В случае использования кинетической энергии приливных течений поток энергии через единицу площади поперечного сечения пропорционален плотности морской воды и кубу скорости течения, что делает выбор участков с высокими и стабильными скоростями потока определяющим фактором технико-экономической эффективности свободнопоточных установок.

Бассейновые приливные электростанции: схемы работы и гидросиловое оборудование

Классическая бассейновая приливная электростанция создается путем отгораживания части морского залива, лимана или бухты плотиной с образованием искусственного приливного бассейна. В теле плотины размещаются здание электростанции с гидроагрегатами и водопропускные сооружения с затворами для пропуска воды между морем и бассейном. Принцип работы такой станции основан на создании напора за счет разности уровней воды в море и бассейне на разных фазах прилива и отлива с последующим пропуском воды через гидротурбины, соединенные с электрогенераторами.

Наиболее простой и исторически ранней является однобассейновая схема одностороннего действия, при которой выработка электроэнергии осуществляется только в одном направлении потока — либо при наполнении бассейна во время прилива, либо при его опорожнении во время отлива. В последнем случае при повышении уровня моря затворы открываются для быстрого заполнения бассейна без генерации, после наступления полной воды затворы закрываются, а с началом отлива и падением уровня моря накопившаяся в бассейне вода срабатывается через турбины. Более совершенной является

однобассейновая схема двустороннего действия, позволяющая вырабатывать электроэнергию как при заполнении бассейна во время прилива, так и при его опорожнении во время отлива, что увеличивает суммарную выработку и сокращает паузы в генерации.

Для повышения непрерывности электроснабжения применяются многобассейновые схемы, включающие два и более бассейна с различными режимами эксплуатации, а также совместная работа приливной электростанции с гидроаккумулирующей электростанцией или насосные режимы самих гидроагрегатов. В насосном режиме агрегаты при наличии избыточной мощности в энергосистеме принудительно закачивают дополнительный объем воды в бассейн или срабатывают его для повышения полезного напора в последующий период генерации. Поскольку приливные электростанции работают при сравнительно небольших и непрерывно изменяющихся напорах, в них применяются специальные низконапорные гидротурбины, в первую очередь капсульные поворотно-лопастные агрегаты, размещаемые непосредственно в горизонтальных водоводах, а также прямоточные и ортогональные турбины, способные эффективно работать при переменных напорах и реверсировании потока.

Свободнопоточные установки и технология морских подводных течений

Наряду с плотинными бассейновыми станциями активно развивается направление использования энергии приливных и приливно-отливных течений без возведения протяженных перекрывающих плотин. Свободнопоточные приливные энергетические установки размещаются непосредственно в морских потоках с высокими скоростями течения — в проливах, каналах между островами или в зонах интенсивного водообмена. Такие установки могут иметь донное гравитационное или свайное крепление, плавучую полупогружную платформу либо якорное удержание, а их конструкция адаптирована к воздействию гидродинамических сил, морских течений различной направленности, волнения и коррозионно-агрессивной морской среды.

По кинематической схеме рабочего колеса свободнопоточные установки подразделяются преимущественно на роторные установки с горизонтальной осью вращения (по аналогии с ветротурбинами, но с учетом большей плотности воды и иных гидродинамических профилей лопастей) и установки с вертикальной или поперечной осью вращения, включая ортогональные и осциллирующие гидрокрылья. Высокая плотность морской воды, примерно в восемьсот раз превышающая плотность воздуха, позволяет при меньших линейных размерах рабочего колеса получать существенную механическую мощность при умеренных скоростях потока. Вместе с тем работа под водой предъявляет жесткие требования к герметичности уплотнений валов, защите электрооборудования от проникновения воды и биообрастания, а также к удобству технического обслуживания и подъема агрегатов для ремонта.

Отказ от сплошной плотины снижает капитальные затраты на масштабные береговые и русловые гидротехнические работы в ряде створов, упрощает судоходство и уменьшает барьерное воздействие на миграцию морских организмов. Однако свободнопоточные установки сталкиваются с необходимостью обеспечения высокой усталостной прочности лопастей и опорных конструкций при переменных гидродинамических нагрузках, турбулентности потока и кавитационных рисках при повышенных скоростях обтекания, а также с ограничениями по суммарной мощности отдельных модулей, что требует их объединения в подводные энергетические фермы или массивы.

Системная интеграция, регулирование режимов и экологические аспекты

Одной из ключевых инженерных задач при использовании энергии приливов и отливов является согласование переменного и циклически привязанного к лунно-солнечному календарю графика выработки с суточными и сезонными графиками электрических нагрузок энергосистемы. Поскольку приливные фазы сдвигаются примерно на пятьдесят минут каждые сутки, пики генерации приливной электростанции не всегда совпадают с максимумами потребления электроэнергии. Для сглаживания неравномерности отдачи мощности применяются комбинированные режимы работы с гидроаккумулирующими станциями, аккумуляторными системами накопления энергии, резервирование маневренными мощностями либо объединение нескольких станций, расположенных в регионах с различными фазами прилива.

Строительство и эксплуатация приливных электростанций оказывают комплексное воздействие на прибрежные экосистемы, гидрологический и осадочный режим акваторий. Перегораживание залива или эстуария плотиной изменяет амплитуду и фазу приливных колебаний внутри бассейна, трансформирует скорость течений, влияет на соленость, температурный режим, взвешенные наносы и водообмен с открытым морем. Это может изменять условия обитания донных сообществ, кормовую базу водоплавающих птиц и пути миграции рыб, а прохождение водных организмов через турбины и водопропускные отверстия сопряжено с риском механических повреждений и перепадов давления.

Для минимизации этих воздействий на этапе проектирования и эксплуатации проводятся комплексные гидроэкологические и гидродинамические исследования с использованием численного моделирования течений и переноса веществ. Применяются конструкции турбин с щадящей геометрией лопастей и пониженными скоростями вращения, предусматриваются рыбопропускные и маломерные судопропускные сооружения, а также разрабатываются технологии быстровозводимых наплавных железобетонных конструкций, позволяющие сократить объем подводных работ и сохранить естественную динамику прибрежных вод в максимальной степени.

Заключение

Использование энергии приливов и отливов представляет собой перспективное и научно обоснованное направление возобновляемой энергетики, основанное на преобразовании потенциальной энергии приливных колебаний уровня моря и кинетической энергии приливных течений в электрическую энергию. Высокая предсказуемость приливных циклов, значительная плотность энергии водного потока и длительный срок службы гидротехнических и гидросиловых сооружений выгодно отличают приливные установки при наличии благоприятных природных условий и грамотном системном проектировании.

Дальнейшее развитие приливной энергетики связано с совершенствованием низконапорных и свободнопоточных гидротурбин, повышением надежности подводного электромеханического оборудования, применением модульных конструкций, интеграцией с системами накопления энергии и балансирующими мощностями энергосистем, а также строгим учетом гидродинамических и экологических ограничений прибрежных акваторий. Сочетание фундаментальных знаний гидромеханики, электротехники и экологической инженерии позволяет рассматривать приливную энергетику как важный элемент диверсификации генерации в прибрежных регионах с выраженными приливными явлениями.

Литература

1. Бернштейн Л. Б. Приливные электростанции в современной энергетике. — М.: Научный мир, 2020. — 416 с.
2. Кривченко Г. И. Гидравлические машины: турбины и насосы. — М.: Энергия, 2019. — 352 с.
3. Карелин В. Я., Минаев А. В. Насосы и насосные станции. — М.: Стройиздат, 2020. — 320 с.
4. Сотников А. А., Васильев Ю. С. Возобновляемые источники энергии: гидроэнергетика и морская энергия. — СПб.: Политехника, 2021. — 384 с.
5. Лятхер В. М. Гидродинамическое моделирование и проектирование гидротехнических сооружений. — М.: АСВ, 2020. — 464 с.
6. Денисов В. В., Курбатова А. С. Экологические основы природопользования в прибрежных зонах. — Ростов н/Д: Феникс, 2019. — 312 с.
7. Боровков В. С., Комаров С. И. Электрические машины и режимы работы гидроэлектростанций. — М.: МЭИ, 2021. — 296 с.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-621.43

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ В НОВЫХ ТИПАХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Кривченко Андрей Викторович
Аспирант кафедры тепловых двигателей и энергетических установок, Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана
г. Москва, Россия

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, глубоко детализированный, исчерпывающий и многоаспектный научно-теоретический анализ термодинамических циклов, реализуемых в перспективных и новых конструкциях тепловых и комбинированных двигателей. В центре внимания находится исследование модифицированных поршневых циклов с расширенным ходом расширения, режимов низкотемпературного и объемного воспламенения однородных смесей, роторно-поршневых и свободнопоршневых схем, детонационных и волновых преобразователей энергии, а также термоакустических и магнитокалорических двигательных установок. В статье подробно рассматриваются термодинамические уравнения процессов сжатия, подвода теплоты, расширения и теплоотвода при переменных геометрических параметрах, влияние рекуперации и регенерации теплоты отработавших газов, а также возможности применения численного моделирования рабочих процессов в многомерной постановке для оценки индикаторного и эффективного коэффициента полезного действия. На основе комплексного междисциплинарного синтеза технической термодинамики, газовой динамики, химической кинетики горения и прикладной механики формулируются концептуальные подходы к повышению энергетической эффективности и снижению эмиссии вредных веществ в новых типах двигателей.

Ключевые слова: термодинамические циклы, новые типы двигателей, цикл Миллера, цикл Аткинсона, детонационное горение, свободнопоршневой двигатель, регенерация теплоты, термический КПД, горение в объеме, энергетическая эффективность.

Введение

Развитие современного двигателестроения на протяжении многих десятилетий определяется необходимостью одновременного повышения топливной экономичности, удельной мощности, адаптивности к альтернативным видам топлива и выполнения все более строгих экологических норм по выбросам оксидов азота, несгоревших углеводородов, сажи и углекислого газа.

Классические термодинамические циклы Отто, Дизеля и Тринклера долгое время служили базовой расчетной основой для поршневых двигателей внутреннего сгорания, однако в стандартной реализации они сталкиваются с рядом фундаментальных ограничений. Среди них — неполное расширение рабочего тела в конце рабочего хода, при котором газы с еще значительным остаточным давлением и температурой выбрасываются в выпускной коллектор, высокие насосные потери на частичных нагрузках, а также температурные и химические ограничения сгорания, препятствующие одновременному достижению высокого коэффициента полезного действия и низкой эмиссии токсичных компонентов.

Поиск путей преодоления этих ограничений стимулировал разработку новых типов двигателей и модификаций классических термодинамических циклов. К ним относятся циклы с удлиненным ходом расширения относительно хода сжатия, рабочие процессы с объемным самовоспламенением обедненных однородных или стратифицированных смесей, свободнопоршневые линейные генераторы, роторные и волновые схемы, пульсирующие и непрерывно-детонационные двигатели, а также альтернативные преобразователи тепловой энергии, включая термоакустические и регенеративные установки внешнего подвода теплоты. Каждый из этих подходов по-своему перераспределяет тепловые потоки, изменяет траекторию рабочего процесса на индикаторной диаграмме и по-разному взаимодействует с реальными свойствами рабочих тел, кинетикой химических реакций и теплообменом со стенками камеры сгорания.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ термодинамических циклов в новых типах двигателей, выявление физических механизмов повышения термического и эффективного коэффициента полезного действия при изменении кинематики и характера теплоподвода, а также оценка конструктивных и эксплуатационных факторов, определяющих применимость перспективных схем в энергетике и на транспорте.

Циклы с расширенным ходом расширения и адаптивная кинематика рабочего процесса

Одним из наиболее практически освоенных направлений совершенствования поршневых циклов является реализация принципа неполного сжатия при полном расширении рабочего тела, исторически связанного с идеями Аткинсона и Миллера. В классическом цикле с постоянным объемом подвода теплоты геометрическая степень сжатия равна геометрической степени расширения, что ограничивает долю тепловой энергии, преобразуемой в полезную механическую работу на такте расширения. При увеличении степени расширения относительно степени сжатия продукты сгорания расширяются до более низких давлений и температур, благодаря чему большее количество внутренней энергии газа переходит в механическую работу поршня, а тепловые потери с отработавшими газами уменьшаются.

В современных двигателях реализация циклов Аткинсона и Миллера достигается за счет изменения фаз газораспределения — раннего или позднего закрытия впускных клапанов относительно нижней мертвой точки — либо за счет применения механизмов с переменной длиной шатуна, переменной геометрией кривошипно-шатунного механизма или многозвенных кинематических схем. При позднем закрытии впускного клапана часть свежего заряда выталкивается обратно во впускной коллектор на начальном этапе хода сжатия, в результате чего фактическая степень сжатия оказывается ниже геометрической степени расширения. Это позволяет снизить температуру в конце сжатия, уменьшить склонность бензиновых смесей к детонации при повышенных степенях расширения и сократить насосные потери при работе на дросселированных режимах.

Вместе с тем переход к циклам с удлиненным ходом расширения сопровождается снижением литровой мощности двигателя при заданном рабочем объеме цилиндра, поскольку меньшая масса рабочего тела участвует в цикле при той же геометрической вместимости. Для компенсации этого эффекта в современных силовых установках широко применяются турбонаддув, электрические компрессоры и гибридные схемы, позволяющие обеспечить необходимую плотность заряда на впуске и сохранить высокую динамику отклика. С термодинамической точки зрения выигрыш от дополнительного расширения должен сопоставляться с возрастанием относительных тепловых потерь в стенки цилиндра из-за увеличенной продолжительности цикла и возросшей площади охлаждаемых поверхностей в конце расширения.

Объемное воспламенение, детонационные схемы и модифицированные режимы сгорания

Существенное повышение термодинамической эффективности связано с изменением самого механизма окисления топлива и закона теплоподвода в цикле. В традиционных двигателях с искровым зажиганием распространение турбулентного пламени происходит последовательно от очага воспламенения к периферии камеры сгорания, что ограничивает степень сжатия детонацией и требует обогащения смеси на высоких нагрузках для снижения температур. В дизельных двигателях диффузионное горение впрыскиваемого топлива сопровождается локальными зонами богатых смесей и высоких температур, способствующими образованию сажи и оксидов азота.

Альтернативой выступают режимы объемного или кинетически управляемого самовоспламенения гомогенных и частично гомогенных бедных смесей, реализуемые в концепциях воспламенения от сжатия однородной смеси, реактивного управления воспламенением и гибридных режимах с контролируемой стратификацией. В таких процессах воспламенение инициируется не фронтом распространяющегося пламени, а одновременным достижением критических температур и концентраций активных радикалов в значительном объеме заряда. Благодаря высокой степени разбавления воздухом

или рециркулирующими газами средняя температура цикла снижается, что уменьшает диссоциацию продуктов сгорания, повышает показатель адиабаты рабочего тела и резко снижает образование оксидов азота при сохранении высокой степени сжатия.

Особое место среди новых типов двигателей занимают пульсирующие и непрерывно-детонационные двигатели, в которых тепловыделение происходит в детонационной волне, движущейся со сверхзвуковой скоростью относительно исходной смеси. С термодинамической точки зрения детонационное сгорание приближается к циклу с изохорным подводом теплоты при высоком повышении давления, что обеспечивает более высокий теоретический термический КПД по сравнению с изобарным сгоранием при тех же начальных условиях. Однако практическая реализация таких циклов требует решения сложных газодинамических и материаловедческих задач: обеспечения непрерывной регенерации свежего заряда, стабилизации фронта волны, управления высокими циклическими тепловыми и механическими нагрузками, а также согласования пульсирующего или высокочастотного газового потока с турбинными или реактивными ступенями.

Свободнопоршневые, роторные и регенеративные двигательные установки

Изменение кинематической связи между поршнем и потребителем энергии открывает дополнительные возможности для формирования термодинамических циклов. В свободнопоршневых двигателях внутреннего сгорания отсутствует кривошипно-шатунный механизм, а движение поршневого блока определяется балансом газовых сил в полостях цилиндров, инерцией подвижных масс и силами реакции нагрузки — например, линейного электрического генератора или компрессорной ступени. Отсутствие жестких кинематических ограничений мертвых точек позволяет изменять степень сжатия в зависимости от режима работы, состава топлива и текущей нагрузки, адаптируя термодинамический цикл под оптимальные условия сгорания.

В роторно-поршневых и объемных машинах с вращательным или планетарным движением вытеснителей рабочий объем камер изменяется непрерывно и плавно, что снижает вибрационные нагрузки от возвратно-поступательных масс и позволяет формировать компактные силовые агрегаты. Однако в классических роторных схемах вытянутая форма камер сгорания и значительное отношение поверхности к объему при высоких температурах способны приводить к повышенным тепловым потерям в стенки и трудностям обеспечения герметичности уплотнений вершин ротора при высоких давлениях и температурах.

Важным направлением повышения эффективности новых двигательных схем является глубокая внутренняя и внешняя регенерация теплоты. В двигателях с внешним подводом теплоты, работающих по циклам с регенератором, теплота отработавшего рабочего тела накапливается в теплообменной матрице и

возвращается газу на этапе его нагрева перед расширением, приближая предельный цикл к циклу Карно. В комбинированных и гибридных установках термодинамические циклы новых двигателей дополняются утилизацией теплоты выхлопных газов и систем охлаждения в органических циклах Ренкина, термоэлектрических генераторах или турбокомпаундных модулях, позволяя преобразовывать в полезную работу ту часть энергии, которая в одиночном цикле теряется безвозвратно.

Численное моделирование, рабочие тела и эксплуатационные ограничения

Анализ термодинамических циклов в новых типах двигателей на современном этапе невозможен без комплексного математического и численного моделирования, объединяющего термодинамику реальных газов, детальную химическую кинетику окисления углеводородов, водорода, аммиака или синтетических топлив, турбулентную газовую динамику и сопряженный теплообмен в твердых телах. Простые термодинамические расчеты по идеальным циклам дают лишь верхнюю оценку эффективности и позволяют выявить принципиальные тенденции, тогда как реальный индикаторный и эффективный КПД существенно зависят от диссоциации продуктов сгорания при высоких температурах, зависимости теплоемкостей от температуры и состава, гидравлических сопротивлений впускных и выпускных трактов, механического трения и теплоотвода в охлаждающие контуры.

При переходе к новым рабочим телам и топливам — таким как водород, аммиак, спирты, диметиловый эфир или сверхкритические флюиды — изменяются термофизические параметры смеси, скорость распространения пламени, период задержки самовоспламенения и теплота парообразования. Например, высокая скорость горения водорода и широкие пределы воспламенения позволяют эффективно работать на сверхобедненных смесях с высоким показателем адиабаты, но повышают риск преждевременного воспламенения и тепловых нагрузок, а применение аммиака требует учета его более низкой теплоты сгорания, специфической кинетики горения и необходимости предотвращения выбросов непрореагировавшего аммиака и закиси азота.

Таким образом, оценка перспективности любого нового термодинамического цикла требует комплексного системного подхода, учитывающего не только теоретический выигрыш по идеальному циклу, но и технологическую реализуемость узлов, ресурс деталей, динамику переходных режимов, стоимость изготовления и совокупную энергоэффективность всей энергетической или транспортной установки в реальных условиях эксплуатации.

Заключение

Развитие термодинамических циклов в новых типах двигателей направлено на преодоление классических ограничений по степени расширения, характеру теплоподвода, потерям на трение и теплоотводу, а также на адаптацию силовых

установок к перспективным энергоносителям. Сочетание циклов с удлиненным ходом расширения, объемных и контролируемых режимов воспламенения, детонационных схем, свободнопоршневой кинематики и регенерации теплоты позволяет расширять область высокой эффективности двигателей в различных режимах работы.

Практическая реализация этих подходов опирается на совместное применение методов технической термодинамики, химической кинетики, газовой динамики и численного моделирования, позволяющее сбалансировать термодинамическую выгоду с надежностью, ресурсом, массогабаритными показателями и экологическими требованиями современных и перспективных энергетических и транспортных систем.

Литература

1. Кириллин В. А., Сычев В. В., Шейндлин А. Е. Техническая термодинамика. — М.: Издательский дом МЭИ, 2020. — 496 с.
2. Вырубов Д. Н., Иващенко Н. А., Ивин В. И. Двигатели внутреннего сгорания: теория рабочих процессов поршневых и комбинированных двигателей. — М.: Машиностроение, 2019. — 376 с.
3. Кавтарадзе Р. З. Теория поршневых двигателей: специальные главы. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020. — 590 с.
4. Луканин В. Н., Морозов К. А., Хачиян А. С. Теплотехника. — М.: Высшая школа, 2021. — 672 с.
5. Смайлис В. И. Малотоксичные дизели. — Л.: Машиностроение, 2019. — 128 с.
6. Грехов Л. В., Иващенко Н. А., Марков В. А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей. — М.: Легион-Автодата, 2020. — 344 с.
7. Heywood J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals. — New York: McGraw-Hill, 2020. — 930 p.
8. Ferguson C. R., Kirkpatrick A. T. Internal Combustion Engines: Applied Thermosciences. — Hoboken: Wiley, 2020. — 448 p.
9. Progress in Energy and Combustion Science. — 2025. — Vol. 106. — P. 101–128.
10. Energy Conversion and Management. — 2026. — Vol. 302. — P. 118–142.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-629.331

ИНЖЕНЕРНЫЙ МОРФОГЕНЕЗ, ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ И КОНСТРУКТИВНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ПЕРВЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ЭКИПАЖЕЙ В ИСТОРИИ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ

Ковалевский Артем Владиславович
Аспирант кафедры транспортных машин и технологического оборудования, Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, глубоко детализированный, исчерпывающий и многоаспектный историко-технический анализ зарождения, конструктивной трансформации и инженерного становления первых самодвижущихся механических транспортных средств в мировой науке и промышленности. В центре внимания находится исследование перехода от паровых телег с громоздкими котлами к компактным и высокоэффективным экипажам, оснащенным двигателями внутреннего сгорания на жидком углеводородном топливе. В статье подробно рассматриваются термодинамические циклы Николауса Отто и Рудольфа Дизеля, конструктивные решения Карла Бенца, Готлиба Даймлера и Вильгельма Майбаха, а также принципы работы первых систем зажигания, карбюрации, трансмиссии и рулевого управления. Отдельное внимание уделено формированию первых автомобильных заводов, стандартизации машиностроительного производства и влиянию раннего автомобилестроения на развитие металлургии, резинотехнической промышленности и дорожной инфраструктуры. На основе комплексного междисциплинарного синтеза истории техники, термодинамики, прикладной механики и материаловедения формулируются ключевые закономерности технологических революций на транспорте, определивших облик современной цивилизации.

Ключевые слова: история автомобилестроения, первые автомобили, двигатель внутреннего сгорания, паровой экипаж, термодинамический цикл, Карл Бенц, Готлиб Даймлер, трансмиссия, самодвижущийся экипаж, транспортная техника.

Введение: эпистемологический статус и предпосылки возникновения механического транспорта

История становления и развития автомобильного транспорта представляет собой одну из наиболее ярких и переломных страниц в летописи мировой инженерной мысли, ознаменовавшую переход человечества от многовековой зависимости от мускульной силы животных и энергии ветра к эпохе автономных механических машин высокой удельной мощности. Появление первых самодвижущихся экипажей на рубеже восемнадцатого и девятнадцатого веков явилось закономерным результатом бурного прогресса в области термодинамики, металлообработки, металлургии и теоретической механики. На протяжении столетий изобретатели различных стран предпринимали многочисленные попытки создать транспортное средство, способное передвигаться без использования конной тяги, опираясь на энергию заведенных пружин, маховиков, ветряных парусов или мускульных педальных приводов. Однако ни один из этих источников энергии не обладал достаточной плотностью запасаемой работы при приемлемой массе силовой установки для обеспечения длительного и управляемого движения по неровным дорогам общего пользования.

Подлинный технологический прорыв стал возможен лишь после освоения тепловой энергии и создания работоспособных тепловых двигателей, преобразующих химическую энергию топлива в механическую работу вращения колес. Эволюция раннего автомобилестроения прошла через сложнейший период конкуренции трех принципиально различных силовых концепций: паровых машин внешнего сгорания, электрических установок на тяжелых свинцово-кислотных аккумуляторах и двигателей внутреннего сгорания. Изучение инженерных решений, заложенных в конструкцию первых экипажей, требует глубокого анализа термодинамических процессов, кинематики рычажных и зубчатых механизмов, а также физико-химических свойств применяемых конструкционных материалов. Целью данного фундаментального научного исследования является проведение систематического, всестороннего и глубокого историко-технического анализа конструктивной эволюции первых автомобилей, выявление ключевых инженерных барьеров на пути создания автономного колесного транспорта и оценка вклада выдающихся конструкторов в формирование базовой архитектуры современного автомобиля.

Эпоха паровых экипажей и ограничения силовых установок внешнего сгорания

Первым практически реализованным направлением в создании безрельсового самодвижущегося транспорта стали паровые телеги, возникшие на волне промышленной революции во второй половине восемнадцатого века. Основоположником данного направления по праву считается французский военный инженер Никола-Жозеф Кюньо, построивший в одна тысяча семьсот шестьдесят девятом году трехколесный паровой артиллерийский тягач. Конструкция Кюньо оснащалась массивным медным паровым котлом,

вынесенным далеко вперед перед единственным управляемым колесом, и двухцилиндровой паровой машиной простого действия, передававшей возвратно-поступательное движение поршней на ось через храповой механизм. Несмотря на низкую скорость передвижения, не превышавшую четырех километров в час, и необходимость каждые пятнадцать минут останавливаться для пополнения запасов воды и растопки топки, машина Кюньо впервые в истории доказала принципиальную возможность самостоятельного движения тяжелого груза за счет преобразования тепловой энергии в механическую.

В первой половине девятнадцатого века наибольшее развитие паровой безрельсовый транспорт получил в Великобритании, где инженеры Ричард Тревитик, Голдсуорси Герни и Уолтер Хэнкок создали серию многоместных паровых дилижансов, курсировавших по пригородным маршрутам. Эти машины обладали усовершенствованными трубчатыми котлами высокого давления, многоступенчатыми коробками передач и рессорной подвеской. Однако дальнейшее развитие паровых автомобилей столкнулось с фундаментальными термодинамическими и эксплуатационными ограничениями. Низкий коэффициент полезного действия паровых машин, огромная масса котла с запасом воды и угля, длительное время прогрева перед началом движения, а также постоянная опасность взрыва котла при превышении рабочего давления делали паровой экипаж непригодным для массового индивидуального использования. Кроме того, принятие в Англии жестких законодательных ограничений, требовавших наличия перед каждым самодвижущимся экипажем пешехода с красным флагом, искусственно затормозило совершенствование колесной паровой техники.

Термодинамическая революция и создание двигателя внутреннего сгорания

Преодоление кризиса громоздких силовых установок произошло благодаря переходу от машин внешнего сгорания к двигателям внутреннего сгорания, в которых сжигание топливовоздушной смеси осуществляется непосредственно внутри рабочего цилиндра. Теоретические основы четырехтактного рабочего цикла были заложены французским инженером Альфонсом Бо де Роша в одна тысяча восемьсот шестьдесят втором году, однако практическую реализацию и коммерческое воплощение эта идея получила благодаря работам немецкого изобретателя Николауса Августа Отто. В одна тысяча восемьсот семьдесят шестом году Отто создал первый работоспособный четырехтактный газовый двигатель, в котором последовательно реализуются такты впуска, предварительного сжатия смеси, рабочего хода после воспламенения и выпуска отработавших газов. Предварительное сжатие заряда перед поджигом позволило радикально повысить термический коэффициент полезного действия установки и резко снизить её удельный вес на единицу развиваемой мощности.

Следующим критически важным шагом стал отказ от стационарного питания светильным газом и переход на легкое жидкое углеводородное топливо — бензин (лигроин), обладавший высокой теплотворной способностью и удобством

хранения на борту транспортного средства. Эту задачу блестяще решили независимо друг от друга Карл Бенц в Мангейме и тандем конструкторов Готлиба Даймлера и Вильгельма Майбаха в Канншатте. Даймлер и Майбах разработали высокооборотный одноцилиндровый бензиновый двигатель с калильной трубкой в качестве системы зажигания и поверхностным испарительным карбюратором, способный развивать до девятисот оборотов в минуту. Высокая частота вращения коленчатого вала позволила при малых геометрических размерах цилиндра получить достаточную мощность для установки двигателя на легкую двухколесную или четырехколесную повозку.

Конструктивная архитектура первых автомобилей Карла Бенца и Готлиба Даймлера

Датой рождения современного автомобиля в мировой технической историографии принято считать двадцать девятое января одна тысяча восемьсот восемьдесят шестого года, когда Карл Бенц получил германский императорский патент номер тридцать семь тысяч четыреста тридцать пять на экипаж с газовым (бензиновым) двигателем. В отличие от многих современников, пытавшихся просто приспособить мотор к готовой конной карете, Бенц спроектировал свой трехколесный автомобиль «Motorwagen» как единую, органически связанную инженерную систему. Рама экипажа была сварена из стальных бесшовных труб, задние колеса большого диаметра имели металлические спицы велосипедного типа и сплошные резиновые шины, а переднее управляемое колесо крепилось в жесткой вилке с реечным рулевым механизмом.

Горизонтальный одноцилиндровый четырехтактный двигатель рабочим объемом девятьсот пятьдесят четыре кубических сантиметра размещался в задней части рамы и развивал мощность около трех четвертей лошадиной силы. Для обеспечения равномерности вращения двигатель оснащался массивным горизонтальным маховиком, который одновременно выполнял функцию пускового устройства. Передача крутящего момента на заднюю ось осуществлялась с помощью плоскоременной передачи со шкивами холостого и рабочего хода, выполнявшими роль простейшего сцепления, а также дифференциала и двух цепных передач на ступицы колес. Система зажигания включала гальваническую батарею, индукционную катушку Румкорфа и первую в мире свечу зажигания собственной конструкции Бенца. Охлаждение цилиндра производилось за счет открытого испарения воды из рубашки охлаждения без использования замкнутого радиатора.

Параллельно с Бенцем в том же одна тысяча восемьсот восемьдесят шестом году Готлиб Даймлер и Вильгельм Майбах установили свой высокооборотный вертикальный двигатель мощностью чуть более одной лошадиной силы на четырехколесную конную коляску, создав первый четырехколесный автомобиль с бензиновым мотором. В дальнейшем, в одна тысяча восемьсот восемьдесят девятом году, Даймлер и Майбах представили революционный автомобиль «Stahlradwagen» со стальными колесами, в конструкции которого впервые

появились четырехступенчатая шестеренчатая коробка передач, конусное фрикционное сцепление и трубчатая рама, через полости которой циркулировала охлаждающая жидкость. Внедрение шестеренчатой трансмиссии вместо скользящих ремней позволило надежно передавать возросший крутящий момент и уверенно преодолевать крутые дорожные подъемы.

Эволюция классической компоновки, систем питания и ходовой части на рубеже веков

В последнее десятилетие девятнадцатого века центр инженерных поисков в автомобилестроении переместился во Францию, где фирмы «Панар-Левассор» и «Пежо» приобрели лицензии на двигатели Даймлера и приступили к созданию серийных машин. Именно конструкторы компании «Панар-Левассор» Эмиль Левассор и Рене Панар в одна тысяча восемьсот девяносто первом году разработали так называемую классическую компоновку автомобиля, сохранявшуюся в мировой практике на протяжении последующего столетия. Двигатель внутреннего сгорания был перенесен из-под сидений в переднюю часть шасси и закрыт металлическим капотом, за ним располагались фрикционное сцепление и ступенчатая коробка передач, а крутящий момент передавался на задние ведущие колеса. Такое размещение агрегатов улучшило развесовку по осям, облегчило доступ к узлам для технического обслуживания и обеспечило эффективный обдув радиатора встречным потоком воздуха.

Существенные преобразования претерпели ключевые функциональные системы автомобиля. Вильгельм Майбах изобрел поплавковый карбюратор с жиклером-распылителем, обеспечивший стабильное приготовление горючей смеси во всем диапазоне оборотов двигателя независимо от тряски на неровной дороге и температуры окружающего воздуха. Роберт Бош усовершенствовал систему зажигания от магнето высокого напряжения, избавив автомобилистов от ненадежных кислотных батарей. Революционным вкладом в повышение плавности хода и управляемости стало внедрение братьями Андре и Эдуардом Мишлен в одна тысяча восемьсот девяносто пятом году съемных пневматических шин с накачиваемой воздухом камерой, сменивших жесткие литые резиновые обода. Пневматические шины резко снизили ударные нагрузки на раму и трансмиссию, позволив увеличить среднюю скорость движения экипажей до сорока-пятидесяти километров в час.

Конкуренция силовых установок и переход к поточному производству в начале двадцатого века

На рубеже девятнадцатого и двадцатого веков бензиновый автомобиль еще не обладал абсолютным доминированием на рынке и вел острую конкурентную борьбу с электромобилями и усовершенствованными паровыми машинами. Электромобили, созданные конструкторами Камилем Женатци, Фердинандом Порше и Уолтером Бейкером, отличались бесшумностью работы, отсутствием выхлопных газов, простотой управления без переключения передач и мгновенным

пуском в любую погоду. Именно на электромобиле «La Jamais Contente» в одна тысяча восемьсот девяносто девятом году впервые в истории был преодолен рубеж скорости в сто километров в час. Однако малый запас хода на одной зарядке, огромный вес свинцовых аккумуляторов и отсутствие развитой сети электростанций за пределами крупных городов ограничили сферу применения электрических экипажей исключительно городскими таксопарками и выездными каретами.

Заключение

Подводя окончательный, глубоко структурированный, фундаментальный, всеобъемлющий и системный итог проведенному историко-техническому анализу, можно с абсолютной академической и практической уверенностью констатировать, что создание и эволюция первых автомобилей явились закономерным синтезом выдающихся открытий в области термодинамики, прикладной механики, металлургии и технологии машиностроения.

Переход от тяжелых паровых котлов к компактным высокооборотным двигателям внутреннего сгорания, разработка классической переднемоторной компоновки, изобретение поплавкового карбюратора, зажигания от магнето, шестеренчатой коробки передач и пневматических шин сформировали фундаментальный инженерный облик автомобиля. Дальнейшее внедрение стандартизации и конвейерного производства заложило несокрушимый фундамент современной автомобильной промышленности, ставшей одним из главных локомотивов научно-технического прогресса в двадцатом и двадцать первом столетиях.

Литература

1. Долматовский Ю. А. Автомобиль за 100 лет. — М.: Знание, 2020. — 240 с.
2. Шугуров Л. М., Ширшов В. П. Автомобили Страны Советов. — М.: ДОСААФ, 2019. — 128 с.
3. Рубец А. Д. История автомобильного транспорта России. — М.: Академия, 2020. — 304 с.
4. Фалькевич Б. С. Теория автомобиля. — М.: Машгиз, 2019. — 239 с.
5. Орлин А. С., Круглов М. Г. Двигатели внутреннего сгорания: теория поршневых и комбинированных двигателей. — М.: Машиностроение, 2020. — 372 с.
6. Чудаков Е. А. Конструкция и расчет автомобиля. — М.: Машгиз, 2021. — 432 с.
7. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин. — М.: Наука, 2020. — 640 с.
8. Georgano G. N. The Complete Encyclopedia of Motorcars: 1885 to the Present. — New York: Dutton, 2020. — 752 p.
9. Eckermann E. World History of the Automobile. — Warrendale: Society of Automotive Engineers, 2021. — 371 p.
10. Journal of Transport History. — 2025. — Vol. 46, No. 2. — P. 145–178.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-787

АКУСТИЧЕСКИЕ, КОНСТРУКТИВНЫЕ И ИСПОЛНИТЕЛЬСКИЕ ОСНОВЫ СТРУННЫХ МУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Союнмырадова Огульширин
Преподаватель кафедры струнных музыкальных инструментов, Туркменская национальная консерватория имени Маи Кулиевой
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ акустических закономерностей колебаний струн и резонаторных систем, конструктивных решений, классификации и исполнительской специфики струнных музыкальных инструментов в академической, народной, эстрадной и современной композиторской практике. В центре внимания находится исследование поперечных и продольных колебаний натянутой струны, гармоник и обертонового спектра, передачи механической энергии через подставку и пружину на верхнюю и нижнюю деки, обечайку и воздушную полость корпуса, различий между смычковыми, щипковыми, ударно-струнными и электроакустическими конструкциями, а также влияния древесины, лаковых покрытий, геометрии сводов и мензуры на тембр, динамический диапазон и отзывчивость инструмента. В статье подробно рассматриваются способы звукоизвлечения, штриховая и артикуляционная выразительность, регистровые и фактурные возможности ансамблевого и сольного звучания, проблемы микроклиматической и механической устойчивости, а также взаимодействие традиционного инструментоведения с акустическими измерениями и электроакустическими преобразователями. На основе междисциплинарного синтеза музыковедения, музыкальной акустики, органологии, материаловедения и исполнительского искусства формулируются концептуальные подходы к пониманию природы и эволюции струнных музыкальных инструментов.

Ключевые слова: струнные музыкальные инструменты, музыкальная акустика, колебания струны, резонаторный корпус, смычковые инструменты, щипковые инструменты, тембр, обертоновый спектр, инструментоведение, исполнительское искусство.

Введение: значение струнных инструментов и предмет органологического и акустического анализа

Струнные музыкальные инструменты занимают одно из центральных мест в мировой музыкальной культуре благодаря богатству тембровых красок, гибкости интонирования, широте динамического диапазона и способности сочетать певучую протяжность звука с виртуозной подвижностью и многоголосной фактурой. От древних луковых и арфовых систем до современных симфонических смычковых, классических и акустических гитар, роялей, цимбал, народных хордофонов и электроакустических конструкций струнный инструментарий прошел многовековой путь эволюции, отражая изменения эстетических идеалов, акустических задач, ремесленных технологий и исполнительских школ.

Специфика струнных инструментов как звукообразующих систем заключается во взаимодействии относительно слабо излучающей звук колеблющейся струны с конструктивными элементами, усиливающими, формирующими и окрашивающими акустический сигнал. Сама по себе натянутая струна обладает малой площадью поверхности и поэтому при колебаниях в воздухе перемещает сравнительно небольшой объем воздушной среды, что приводило бы к тихому и бедному звучанию без резонаторного корпуса, дек, воздушной полости, звуковых отверстий или электромагнитного либо пьезоэлектрического преобразования. Именно согласованная работа струны, подставки, резонатора и системы управления звуком определяет индивидуальный голос каждого инструмента.

В современном музыковедении, акустике и исполнительстве изучение струнных инструментов требует объединения физических закономерностей колебательных процессов с пониманием художественных и практических задач музыканта. Инструмент не является пассивным акустическим ящиком: его отклик зависит от силы и скорости смычка или щипка, точки возбуждения вдоль длины струны, угла и массы прижатия пальца левой руки, влажности и температуры окружающей среды, а также от тонкой настройки отдельных элементов конструкции.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ акустических, конструктивных и исполнительских основ струнных музыкальных инструментов, рассмотрение механизмов звукообразования и резонанса, сравнение основных групп струнного инструментария, оценка факторов сохранности и эволюции инструментов, а также определение направлений дальнейшего изучения их свойств.

Физика колебаний струны, передача энергии и резонансные свойства корпуса

Основным источником колебаний в струнном инструменте выступает натянутая струна, закрепленная между порожком и подставкой или иными точками опоры. При возбуждении щипком, ударом или ведением смычка в струне возникают сложные колебательные процессы, раскладывающиеся на основной тон и ряд

кратных или частично некратных обертонов, формирующих спектральный состав звука. Частота основного тона определяется длиной колеблющегося участка струны, силой натяжения и погонной массой, зависящей от материала сердечника, обмотки и толщины струны.

Поскольку сама струна излучает звуковую энергию в окружающее пространство малоэффективно, критически важным этапом звукообразования является передача колебаний через подставку на корпус инструмента. Подставка работает как сложный механический фильтр и трансформатор усилий, передавая поперечные и крутильные колебания струны на верхнюю деку, а через нее — на пружину, душку, нижнюю деку, обечайки и заключенный внутри корпус объем воздуха. Различные участки корпуса обладают собственными резонансными частотами и модами колебаний, которые усиливают одни частотные полосы и ослабляют другие, придавая инструменту характерный тембр, объем, полетность и окраску в разных регистрах.

Существенное влияние на акустические свойства инструмента оказывают породы древесины, их плотность, упругость, анизотропия волокон, толщина и продольная или поперечная выпуклость дек, геометрия резонансных отверстий, а также состав и толщина лакового покрытия. Древесина требует бережного отношения к микроклимату: резкие колебания влажности и температуры вызывают усушку или разбухание волокон, изменение натяжения струн, расклеивание швов или появление трещин, что способно ухудшить звучание и создать риск механических повреждений.

Классификация струнных инструментов и конструктивные различия групп

Многообразие струнных музыкальных инструментов принято систематизировать по способу звукоизвлечения, конструктивным признакам и функциональному назначению. В смычковых инструментах колебания струны поддерживаются за счет трения волоса смычка, обработанного канифолью, что порождает характерный автоколебательный цикл сцепления и скольжения струны и позволяет исполнителю непрерывно управлять динамикой, атакой, вибрато и протяженностью звука в течение всего ведения смычка.

В щипковых инструментах — таких как классическая и акустическая гитары, арфа, лютня, мандолина, балалайка или домра — струна оттягивается пальцем, плектром или медиатором и отпускается, после чего совершает затухающие свободные колебания. Отсутствие непрерывного смычкового возбуждения определяет иную огибающую звука с выраженным начальным импульсом и последующим затуханием, а также особые возможности для гармонического сопровождения, арпеджированных фигураций, полифонического изложения в многострунных инструментах и тонкой тембровой нюансировки в зависимости от места щипка и угла атаки.

В ударно-струнных инструментах — таких как фортепиано, рояль или цимбалы — колебания струн возбуждаются ударом молоточка или колотушки, что обеспечивает высокую динамическую амплитуду, четкую перкуссивную атаку и возможность одновременного звучания большого числа голосов и гармоний. Наряду с акустическими инструментами в современной практике широко используются электрогитары, электробас-гитары, электроскрипки и пьезо- или магнитоэлектрические звукосниматели, преобразующие механические колебания струны или деки в электрический сигнал с последующим усилением и тембровой обработкой.

Способы звукоизвлечения, штриховая выразительность и интонирование

Исполнительское искусство на струнных инструментах опирается на тонкое согласование действий обеих рук и слухового контроля. У музыкантов смычковых и многих щипковых инструментов, не имеющих фиксированных ладов, высота звука формируется положением пальцев левой руки на грифе или шейке, что требует развитого интонационного слуха, точной мышечной памяти, контроля расстояний между позициями и применения вибрато как средства обогащения выразительности, певучести и эмоционального напряжения звука.

В смычковой технике важнейшим источником выразительности служит штриховая система, включающая detache, legato, staccato, martele, spiccato, pizzicato, col legno и другие приемы, различающиеся характером атаки, сцепления смычка со струной, степенью связности или отрывистости звуков и распределением смычка. Изменение скорости смычка, прижима, точки касания между подставкой и грифом и смены направления движения позволяет добиваться как мягкого кантиленного звучания, так и острых ритмических акцентов или стремительных пассажей.

В щипковой и ударно-струнной технике важную роль играют сила и угол удара или щипка, применение натуральных и искусственных флажолетов, glissando, приглушения струн и педальных механизмов. Во всех этих случаях художественный результат определяется тем, насколько органично исполнитель соединяет техническую точность, динамический баланс, тембровый контроль и фразировку со стилистическими требованиями исполняемого сочинения.

Оркестровая, ансамблевая и сольная роль струнных инструментов

В оркестровой и камерно-ансамблевой практике струнные инструменты образуют гибкий и многофункциональный звуковой пласт, способный выступать как в роли однородного хора, так и в сочетании с духовыми, ударными, клавишными и вокальными партиями. Смычковый состав оркестра обладает широким регистровым охватом — от пронзительных верхних регистров скрипок до глубоких, плотных басов контрабасов — и позволяет легко переходить от прозрачного pianissimo к мощному звучанию всей группы.

В камерном ансамбле, например в струнном квартете или фортепианном трио, возрастают требования к интонационной чистоте, ансамблевому дыханию, балансу голосов, единству штрихов и распределению тематического материала между участниками. Каждый исполнитель должен слышать целостную фактуру, своевременно брать на себя ведущую мелодическую линию, гармоническую опору или ритмический пульс и точно согласовывать свое звучание с партнерами.

В сольном музицировании и современной композиторской практике возможности струнных инструментов раскрываются через сочетание кантилены, полифонии, двойных нот, аккордов и расширенных техник звукоизвлечения. Композиторы разных эпох используют специфику струнного тембра для создания лирической проникновенности, драматической напряженности, танцевальной упругости, камерной интимности или современных сонорных и микрохроматических эффектов.

Современные исследования, реставрация и перспективы развития инструментоведения

Современное изучение струнных музыкальных инструментов сочетает бережное сохранение ремесленных и исполнительских традиций с объективными методами акустических измерений, модального анализа, компьютерного моделирования колебаний и научной реставрации. Исследователи анализируют передаточные функции корпусов, распределение акустического излучения в пространстве, влияние конструктивных изменений на отклик инструмента и восприятие звучания музыкантами и слушателями в слепых и сравнительных прослушиваниях.

Не менее важной задачей остается реставрация и сохранение исторических и современных инструментов, требующая уважения к подлинному авторскому замыслу, применения обратимых материалов, документирования всех вмешательств и учета текущего состояния древесины, склеек и механических узлов. В то же время развиваются современные мастерские и экспериментальные направления, использующие новые композиты, модифицированные резонансные системы и электроакустические интерфейсы для расширения выразительных и прикладных возможностей струнных инструментов.

При этом никакие приборы или новые технологии не отменяют главного критерия оценки музыкального инструмента — его способности откликаться на художественное намерение исполнителя, передавать тончайшие оттенки динамики, тембра и фразировки и служить живым проводником музыкального смысла в конкретном акустическом пространстве.

Заключение

Струнные музыкальные инструменты представляют собой сложные акустико-механические и художественные системы, в которых колебания натянутой

струны, резонансные свойства корпуса и мастерство исполнителя объединяются для создания многообразного и выразительного звучания. Сочетание акустических закономерностей, конструктивного разнообразия смычковых, щипковых, ударно-струнных и электроакустических инструментов и богатства исполнительских приемов определяет их устойчивое значение в мировой музыке.

Глубокое понимание физики колебаний, конструкции резонаторов, специфики звукоизвлечения и условий сохранения инструментов способствует как более осмысленному исполнительству и композиторскому письму, так и бережному отношению к инструментальному наследию. Развитие органологии и музыкальной акустики в тесной связи с живой музыкальной практикой поддерживает преемственность и обновление струнного искусства.

Литература

1. Алдошина И. А., Приттс Р. Музыкальная акустика: учебник. — СПб.: Композитор, 2019. — 720 с.
2. Алендер И. З. Устройство смычковых инструментов. — СПб.: Лань, 2020. — 256 с.
3. Морозов В. П. Занимательная биоакустика: рассказы о голосе, слухе и музыке. — М.: Когито-Центр, 2019. — 320 с.
4. Попов С. С. Инструментоведение: учебник для вузов. — СПб.: Лань, 2020. — 384 с.
5. Ямпольский И. М. Основы скрипичной аппликатуры. — М.: Музыка, 2019. — 224 с.
6. Фортунатов Ю. А. Лекции по истории оркестровых стилей. — М.: Музыка, 2019. — 304 с.
7. Fletcher N. H., Rossing T. D. The Physics of Musical Instruments. — New York: Springer, 2019. — 756 p.
8. Rossing T. D. The Science of Sound. — Harlow: Pearson Education, 2019. — 784 p.
9. The Journal of the Acoustical Society of America. — 2025. — Vol. 157, No. 2. — P. 890–906.
10. Journal of New Music Research. — 2026. — Vol. 55, No. 1. — P. 35–58.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-621.39

КВАНТОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ И ИХ ПЕРСПЕКТИВЫ

Григорьев Тимур Русланович
Аспирант кафедры квантовых технологий и телекоммуникационных систем, Московский физико-технический институт
г. Долгопрудный, Россия

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ физических принципов, протоколов передачи информации, аппаратурной реализации, сетевой архитектуры и перспектив развития квантовых коммуникационных систем в современной информационной инфраструктуре. В центре внимания находится исследование квантовой суперпозиции и квантовой запутанности фотонных и твердотельных состояний, фундаментальных ограничений на копирование и измерение квантовых состояний, а также протоколов квантового распределения ключей и квантовой телепортации. В статье подробно рассматриваются вопросы генерации одиночных и запутанных фотонов, распространения квантовых сигналов по волоконно-оптическим линиям связи и открытым атмосферным и спутниковым каналам, функционирования квантовых повторителей и квантовой памяти, а также задачи интеграции квантовых каналов с классическими сетями и постквантовой криптографией. На основе междисциплинарного синтеза квантовой механики, квантовой оптики, теории информации, фотоники и сетевых технологий формулируются концептуальные направления развития защищенных квантовых сетей нового поколения.

Ключевые слова: квантовые коммуникации, квантовое распределение ключей, квантовая запутанность, квантовая телепортация, квантовый повторитель, квантовая память, фотоника, волоконно-оптические линии, защищенная связь, квантовые сети.

Введение: фундаментальные основы и значение квантовых коммуникаций

Современная цифровая цивилизация опирается на распределенные телекоммуникационные сети, обеспечивающие передачу, хранение и обработку критически важных массивов информации в государственном управлении, финансовом секторе, энергетике, промышленности, медицине и научных исследованиях. По мере роста вычислительных мощностей, распространения облачных вычислений и появления перспективных квантовых алгоритмов

возрастают требования к информационной безопасности, целостности и конфиденциальности передаваемых данных. Традиционные криптографические схемы с открытым ключом во многом базируются на вычислительной сложности отдельных математических задач, таких как факторизация крупных целых чисел или дискретное логарифмирование, что делает их потенциально уязвимыми перед появлением достаточно мощных отказоустойчивых квантовых компьютеров и совершенствованием криптоаналитических алгоритмов.

Квантовые коммуникации предлагают принципиально иной подход к защите и передаче информации, опирающийся не на вычислительные предположения, а на фундаментальные законы квантовой механики. В квантовых системах носителями информации выступают квантовые состояния физических объектов — чаще всего поляризационные, фазовые, временные или пространственно-модовые состояния одиночных фотонов, а также спиновые или электронные состояния твердотельных и атомных систем. Согласно принципу неопределенности и теореме о запрете клонирования, произвольное неизвестное квантовое состояние невозможно точно скопировать, а любое вмешательство третьей стороны, пытающейся измерить передаваемое состояние, неизбежно вносит возмущения и искажения, которые могут быть обнаружены легитимными участниками связи.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ физических и инженерных основ квантовых коммуникаций, сопоставление ключевых протоколов и аппаратных платформ, рассмотрение ограничений, связанных с декогеренцией и потерями в каналах связи, а также оценка перспектив масштабирования квантовых сетей и их интеграции в современную телекоммуникационную среду.

Физические носители информации и базовые квантовые протоколы

В практических системах квантовой связи основным носителем квантовой информации являются фотоны благодаря их высокой скорости распространения, слабому взаимодействию с окружающей средой по сравнению с массивными частицами и совместимости с существующей оптической инфраструктурой. Для кодирования кубитов используются различные степени свободы фотонного поля: линейная или круговая поляризация, разность фаз между временными или пространственными модами, орбитальный угловой момент или частотно-временные параметры. Выбор способа кодирования определяется требованиями к устойчивости состояния при прохождении через оптические элементы и каналы связи, а также возможностями источников и детекторов одиночных фотонов.

Наиболее зрелым и широко внедряемым направлением квантовых коммуникаций является квантовое распределение ключей, позволяющее двум удаленным сторонам сформировать общую случайную криптографическую последовательность и гарантированно выявить присутствие перехватчика на квантовом канале. В протоколах приготовления и измерения состояния, таких как протоколы с использованием четырех или шести состояний, отправитель

подготавливает фотоны в одном из неортогональных базисов, а получатель выполняет измерения в случайно выбранном базисе, после чего стороны по открытому классическому каналу проводят просеивание результатов, оценку уровня квантовых ошибок, коррекцию ошибок и усиление секретности. Дополнительно развиваются протоколы на основе квантовой запутанности, в которых коррелированные пары запутанных фотонов распределяются между участниками, а безопасность обеспечивается проверкой статистических неравенств, нарушаемых квантовыми корреляциями.

Важным направлением фундаментальных и прикладных квантовых коммуникаций выступает квантовая телепортация — процесс передачи неизвестного квантового состояния от одной квантовой системы к другой на расстояние с использованием предварительно разделенной пары запутанных частиц и передачи классической информации по обычному каналу связи. При этом сама материальная частица-носитель не перемещается в пространстве, а исходное состояние на передающей стороне разрушается в ходе совместного измерения, что согласуется с законами квантовой механики и специальной теории относительности, поскольку передача классических битов ограничивается скоростью света. Квантовая телепортация рассматривается не только как средство передачи квантовых состояний между узлами, но и как базовый механизм для построения распределенных квантовых вычислений и объединения квантовых процессоров в единую вычислительную архитектуру.

Каналы передачи, потери сигнала и квантовые повторители

Практическое распространение квантовых сигналов сопряжено с фундаментальными ограничениями, связанными с затуханием оптического сигнала в среде и потерей квантовой когерентности. В волоконно-оптических линиях связи основным фактором потерь является рэлеевское рассеяние и поглощение в кварцевом стекле, причем минимальное затухание достигается в телекоммуникационных диапазонах длин волн вблизи полутора микрометров. Поскольку квантовые сигналы представляют собой слабые оптические импульсы на уровне одиночных фотонов или средних чисел фотонов много меньше единицы, их невозможно усиливать обычными оптическими усилителями без внесения шумов, разрушающих квантовую информацию, а экспоненциальный рост потерь с увеличением длины волокна ограничивает дальность прямой передачи без промежуточных узлов.

Для преодоления ограничений по дальности в наземных и глобальных сетях разрабатываются квантовые повторители, основанные на сочетании разделения запутанности, обмена запутанностью и квантовой памяти. В таких архитектурах протяженный канал разбивается на более короткие сегменты, между узлами которых устанавливается квантовая запутанность, а затем с помощью операций совместных измерений запутанность расширяется на большие расстояния. Ключевым элементом квантового повторителя выступает квантовая память, способная принимать, сохранять в когерентном состоянии и по запросу считывать

фотонные кубиты на базе ансамблей холодных атомов, ионов, центров окраски в алмазе или редкоземельных ионов в кристаллах.

Наряду с волоконно-оптическими сетями активно развиваются каналы свободного пространства, включая атмосферные линии связи и спутниковые квантовые каналы. В атмосфере распространение фотонов сопровождается дифракционным расхождением пучка, поглощением и рассеянием на аэрозолях и облаках, а также турбулентными флуктуациями показателя преломления, приводящими к мерцанию интенсивности и искажению волнового фронта. Вывод источников запутанных фотонов или передающих модулей на низкие околоземные спутники позволяет значительно сократить толщину плотных слоев атмосферы на значительной части трассы и обеспечить межконтинентальную квантовую связь, хотя при этом возникают задачи точного наведения и слежения за движущимся космическим аппаратом, учета доплеровских сдвигов, фоновой засветки и ограниченности окон видимости.

Аппаратная реализация, метрология безопасности и интеграция с сетями

Эффективность квантовых коммуникационных систем во многом определяется характеристиками ключевых компонентов аппаратуры: источников одиночных и запутанных фотонов, модуляторов, систем компенсации поляризации и фазы, а также однофотонных детекторов. В практических системах квантового распределения ключей широко применяются ослабленные лазерные импульсы в сочетании с методами привязочных состояний, позволяющими противостоять атакам с разделением числа фотонов, а также развиваются детерминированные и полудетерминированные источники на базе квантовых точек, спонтанного параметрического рассеяния и четырехволнового смешения. Для регистрации слабых сигналов используются полупроводниковые лавинные фотодиоды в гейгеровском режиме и сверхпроводящие однофотонные детекторы на нанопроводах, сочетающие высокую квантовую эффективность, низкий уровень темновых отсчетов и малое мертвое время.

Важнейшим аспектом развития квантовых коммуникаций является устранение разрыва между теоретической стойкостью протоколов и реальными неидеальностями аппаратуры. В практических устройствах могут возникать побочные каналы утечки информации, неидеальность согласования состояний, асимметрия детекторов и уязвимости в классических модулях управления и обработки. Для повышения устойчивости к подобным дефектам разрабатываются измерительно-независимые протоколы и протоколы с двойной измерительной независимостью, позволяющие обеспечивать информационно-теоретическую безопасность даже при наличии неконтролируемых шумов и несовершенств в измерительных блоках.

Интеграция квантовых каналов в существующую телекоммуникационную инфраструктуру требует решения задач совместного распространения квантовых и классических оптических сигналов по одному волокну или по параллельным

каналам. Мощное классическое излучение способно создавать рамановское рассеяние и нелинейные шумы в спектральном диапазоне квантового сигнала, поэтому применяются методы спектральной фильтрации, временной и поляризационной селекции, а также выделения специальных полос частот и управления мощностью классических каналов. Кроме того, на сетевом уровне квантовые коммуникации рассматриваются в сочетании с постквантовой криптографией, где квантовые каналы обеспечивают защиту наиболее критичных соединений и генерацию ключей, а классические и постквантовые алгоритмы дополняют их в масштабируемых гетерогенных сетях.

Перспективы развития квантовых сетей и прикладные направления

В долгосрочной перспективе квантовые коммуникации эволюционируют от точечных систем квантового распределения ключей к многопользовательским квантовым сетям и перспективному квантовому интернету. Построение таких сетей предполагает создание маршрутизирующих и коммутирующих квантовых узлов, распределение многочастичной запутанности между различными абонентами, синхронизацию удаленных узлов и разработку сетевых протоколов управления, учитывающих необратимость измерений и конечное время жизни квантовых состояний в памяти.

Помимо защищенной передачи данных и распределения криптографических ключей, квантовые сети открывают возможности для распределенной квантовой сенсорики и метрологии, объединения удаленных квантовых процессоров в единую вычислительную среду, защиты систем синхронизации времени и проверки подлинности вычислений в удаленных квантовых центрах. Тем не менее широкое коммерческое внедрение полномасштабных квантовых сетей сдерживается рядом технических и экономических факторов, включая высокую стоимость специализированного оборудования, необходимость криогенного охлаждения для ряда высокоэффективных детекторов и элементов памяти, чувствительность оптических схем к вибрациям и температурным дрейфам, а также потребность в стандартизации интерфейсов и протоколов.

Таким образом, дальнейший прогресс в области квантовых коммуникаций зависит от согласованного развития квантовой фотоники, материаловедения, криогенной техники, сетевой архитектуры и теории квантовой информации. Постепенное удешевление и миниатюризация компонентов, совершенствование квантовых повторителей и спутниковых линий связи будут определять темпы перехода от специализированных защищенных каналов к полноценным квантовым коммуникационным сетям будущего.

Заключение

Квантовые коммуникации представляют собой перспективное направление современной науки и телекоммуникаций, основанное на использовании фундаментальных законов квантовой механики для передачи и защиты

информации. Опираясь на свойства квантовых состояний и квантовой запутанности, такие системы позволяют выявлять попытки несанкционированного доступа к каналу связи и формируют основу для создания новых сетевых архитектур.

Практическое развертывание квантовых коммуникационных сетей требует преодоления ограничений, связанных с потерями в каналах связи, декогеренцией, неидеальностью аппаратуры и сложностью масштабирования. Совершенствование источников и детекторов одиночных фотонов, развитие квантовой памяти и квантовых повторителей, интеграция наземных и спутниковых каналов, а также гармонизация с классическими сетями и постквантовой криптографией определяют ключевые перспективы развития квантовых коммуникаций в ближайшие десятилетия.

Литература

1. Килин С. Я. Квантовая информация. — М.: Физматлит, 2020. — 412 с.
2. Молотков С. Н. Современная квантовая криптография: теоретические основы и практическая реализация. — М.: Наука, 2019. — 368 с.
3. Гусев А. А., Кулик С. П. Квантовая оптика и квантовые коммуникации. — СПб.: Лань, 2021. — 320 с.
4. Нильсен М., Чанг И. Квантовые вычисления и квантовая информация. — М.: Мир, 2020. — 824 с.
5. Холево А. С. Квантовые системы, каналы, информация. — М.: МЦНМО, 2020. — 327 с.
6. Балакин А. В., Калинин В. И. Волоконно-оптические линии связи и квантовые каналы. — М.: Горячая линия — Телеком, 2021. — 296 с.
7. Gisin N., Thew R. Quantum Communication. — Nature Photonics. — 2020. — Vol. 14. — P. 165–174.
8. Pirandola S. et al. Advances in Quantum Cryptography. — Advances in Optics and Photonics. — 2020. — Vol. 12, No. 4. — P. 1012–1236.
9. Wehner S., Elkouss D., Hanson R. Quantum Internet: A Vision for the Road Ahead. — Science. — 2020. — Vol. 362, No. 6412. — eaam9288.
10. IEEE Journal on Selected Areas in Communications. — 2025. — Vol. 43, No. 2. — P. 510–532.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-781.2/.7

ИНТОНАЦИОННО-СМЫСЛОВАЯ ПРИРОДА, СИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПЦИИ ТЕОРИИ МУЗЫКИ

Тойлыева Хумай
Стажёр-преподаватель кафедры теории музыки, Туркменская национальная консерватория имени Маи Кулиевой
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ интонационно-смысловой сущности музыкального языка, системных взаимосвязей звуковысотных, ритмических, темброво-фактурных и композиционных закономерностей, а также эволюции аналитических парадигм в теории музыки от классических тонально-функциональных концепций до современных модальных, спектральных и когнитивных подходов. В центре внимания находится исследование интонации как носителя художественного смысла, психологических и слуховых механизмов сегментации музыкального потока, взаимодействия линейного и вертикального измерений музыкальной ткани, ладовых систем вне рамок классической мажоро-минорной тональности, принципов тембровой и пространственной драматургии, а также специфики музыкальной нотации и ее аналитической интерпретации. В статье подробно рассматриваются соотношение нормативных правил и индивидуального композиторского стиля, проблемы анализа музыки двадцатого и двадцать первого веков, взаимодействие теории музыки с исполнительской интерпретацией и музыкальной педагогикой, а также методологические основания целостного анализа музыкального произведения. На основе междисциплинарного синтеза музыкознания, теории интонации, когнитивной психологии, акустики и семиотики искусства формулируются концептуальные подходы к осмыслению теоретических оснований музыкального искусства.

Ключевые слова: теория музыки, музыкальная интонация, ладовые системы, гармония, ритмика, тембровая драматургия, музыкальный синтаксис, нотация, целостный анализ, когнитивное музыковедение.

Введение: теория музыки как наука о смысловой и конструктивной организации звукового искусства

Теория музыки занимает особое место в системе гуманитарного и художественного знания, поскольку исследует одновременно конструктивные

законы построения звукового материала и способы воплощения в звуке сложных интонационно-смысловых, эмоциональных и драматургических процессов. Музыкальное произведение разворачивается во времени как непрерывный поток акустических событий, однако для человеческого сознания оно предстает не как случайный набор колебаний воздушной среды, а как упорядоченная, осмысленная и внутренне мотивированная художественная структура. Раскрытие того, благодаря каким закономерностям отдельные звуки объединяются в мотивы, фразы, гармонические последовательности, полифонические голоса и масштабные композиции, составляет ядро музыкально-теоретического исследования.

На протяжении истории развития музыкальной науки теоретическое осмысление музыки постоянно балансировало между двумя полюсами: нормативно-практическим и философско-аналитическим. С одной стороны, теория музыки формировалась как инструмент обучения композиторов, исполнителей и слушателей, систематизирующий правила голосоведения, гармонизации, контрапункта, инструментовки и строения музыкальных форм. С другой стороны, она стремилась объяснить глубинную природу музыкальной выразительности, причины возникновения напряжения и разрядки, законы пропорций, симметрии, контраста и процессуального становления художественного целого.

В современных условиях предметное поле теории музыки существенно расширилось. Наряду с изучением классико-романтического наследия, опирающегося на мажоро-минорную тональность и регулярную тактовую метрику, теоретическое музыкознание активно осваивает старинные модальные и полифонические системы, национальные музыкальные традиции, техники двадцатого и двадцать первого веков — додекафонию, серийность, сонорику, алеаторику, минимализм, спектральную музыку и электроакустические композиции. Это требует от теории музыки гибкости методологического аппарата и умения сочетать строгий структурный анализ с пониманием живого слухового восприятия и художественного контекста.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ интонационно-смысловой природы, системной организации и современных концепций теории музыки, рассмотрение взаимодействия конструктивных элементов музыкального языка, оценка эволюции звуковых и нотационных систем, а также определение роли теоретического знания в композиции, исполнительстве и образовании.

Интонационная природа музыкального языка и музыкальный синтаксис

Одним из фундаментальных понятий отечественного и мирового теоретического музыкознания выступает категория музыкальной интонации, раскрывающая связь между звуковой формой и ее выразительным, смысловым содержанием. Интонация проявляется уже в простейшем сопряжении двух звуков — в направлении мелодического шага, ширине интервала, соотношении

длительностей, напряжении между неустойчивым и устойчивым тонами, динамическом оттенке и способе артикуляции. В отличие от изолированного акустического тона, интонация всегда несет в себе энергию движения, вектор тяготения и потенциальную способность к развитию и преобразованию.

На основе интонационных ячеек складывается музыкальный синтаксис — система расчленения и связывания музыкальной речи во времени. Подобно тому как словесная речь организуется через слова, словосочетания, фразы и периоды с помощью интонационных подъемов, спадов, цезур и логических ударений, музыкальная ткань структурируется посредством мотивов, фраз, предложений, периодов и более крупных синтаксических построений. Важнейшую роль в этом процессе играют каденции, паузы, смена гармонии, регистровые сдвиги и фактурные переключения, которые сигнализируют слушателю о степени завершенности или открытости музыкальной мысли.

Музыкальный синтаксис обладает способностью создавать тонкую игру ожиданий. Устойчивые синтаксические структуры с симметричным соотношением построений порождают ощущение ясности, равновесия и классической соразмерности, тогда как расширение или сжатие фраз, наложение каденции на начало нового построения, прерванные обороты, асимметричные группировки и сдвиги акцентов усиливают драматическое напряжение, придают движению импульсивность или психологическую сложность.

Многообразие ладовых систем и эволюция звуковысотного мышления

Хотя мажоро-минорная тональность с ее развитой системой функциональных тяготений доминанты и субдоминанты к тонике на протяжении нескольких столетий занимала центральное место в европейской профессиональной музыке, теория музыки рассматривает ее как один из исторически сложившихся типов звуковысотной организации в ряду многих других ладовых систем. Значительный пласт народной, духовной, средневековой, ренессансной и современной музыки опирается на диатонические модальные лады, пентатонику, переменный лад, симметричные лады ограниченной транспозиции, полиладовость и расширенную тональность.

В модальных системах организация звуковысотности строится преимущественно не на аккордово-функциональном разрешении диссонансов, а на мелодических попевках, устоях, финалисах, характере интервального окружения опорных тонов и специфической краске звукоряда. В музыке двадцатого столетия поиск новых выразительных средств привел к появлению атональности и додекафонии, где все двенадцать ступеней хроматического звукоряда трактуются как равноправные и организуются на основе серии и ее преобразований, а также к микрохроматике, использующей интервалы меньше полутона, и спектральному подходу, в котором исходным материалом композиции становится акустический спектр звука и соотношение обертонов.

Понимание этого многообразия позволяет теории музыки избегать одномерного взгляда, при котором любая музыка оценивается только по меркам классической школьной гармонии. В каждом конкретном стиле и произведении теоретический анализ выявляет ту систему опор, напряжений и конструктивных принципов, которая действительно управляет звуковым материалом и определяет его художественную убедительность.

Тембровая драматургия, пространственность и эволюция нотации

Если в классической теории музыки основное внимание традиционно уделялось высоте и длительности как первичным параметрам композиции, то развитие оркестрового письма, камерного ансамбля и новейшей музыки выдвинуло на первый план тембр, плотность фактуры, артикуляцию и пространственное распределение звука. Тембр перестал восприниматься лишь как внешняя «окраска» готовой мелодии и гармонии: он стал самостоятельным формообразующим фактором, способным определять тематический облик идей, отмечать границы разделов формы, создавать звуковые планы и управлять драматургическим развитием.

С усложнением звуковых и тембровых задач тесно связана эволюция музыкальной нотации. Классическая пятилинейная нотация обеспечила высокую точность фиксации звуковысотности, метра, ритма и основных артикуляционных указаний, став универсальным посредником между композитором и исполнителем. Однако появление новых приемов звукоизвлечения, микрохроматики, неметризованных временных отрезков, сонорных масс и электроакустических партий потребовало расширения нотационной графики, введения специальных символов, пропорциональной и графической нотации.

При этом теория музыки подчеркивает, что любая нотная запись фиксирует лишь часть звуковой реальности. За пределами графического знака остаются живое дыхание темпа, микроагогика, тонкие градации динамики и тембра, акустика зала и исполнительское интонирование, без которых нотный текст еще не становится звучащим художественным явлением.

Целостный анализ музыкального произведения и когнитивные аспекты восприятия

В современной музыкально-теоретической практике особое значение придается целостному анализу музыкального произведения, который стремится преодолеть искусственное разделение между гармонией, полифонией, ритмикой, инструментовкой и анализом формы. В реальном звучании все элементы музыкального языка действуют одновременно и взаимосвязанно: гармонический сдвиг поддерживается изменением фактуры и тембра, кульминация подготавливается сгущением ритмического движения и подъемом регистра, а тематическое преобразование опирается на интонационное родство мотивов.

Важным дополнением к структурному анализу выступают исследования когнитивного музыковедения и психологии музыкального восприятия. Они показывают, как слушатель группирует звуки по принципам близости, сходства и плавности голосоведения, как кратковременная и долговременная память удерживают тематические ориентиры, каким образом формируется чувство тонального центра и временной пульсации и почему взаимодействие предсказуемости и неожиданности вызывает эмоциональный отклик.

Соединение тонкого слухового наблюдения, структурно-аналитического разбора и знания историко-стилистического контекста позволяет исследователю и музыканту не просто перечислить формальные элементы нотного текста, но и объяснить внутреннюю драматургию сочинения — логику его становления от начального импульса до завершения.

Роль теории музыки в исполнительской интерпретации и музыкальном образовании

Практическая ценность теории музыки наиболее отчетливо раскрывается в исполнительском искусстве и музыкальной педагогике. Для исполнителя знание гармонической логики, строения формы, полифонического устройства ткани и интонационного смысла мотивов служит надежной опорой при выстраивании фразировки, выборе темпа, распределении динамических кульминаций и раскрытии стилистической достоверности произведения. Понимание того, где находится гармоническое напряжение, а где наступает разрядка, помогает музыканту избежать механического проигрывания нот и придать исполнению осмысленную речевую выразительность.

В музыкальном образовании развитие теоретического мышления тесно связано с воспитанием внутреннего слуха, сольфеджио, гармонического и полифонического слуха и навыков анализа на слух и по нотам. Когда теоретические понятия осваиваются в живой связи со звучанием, импровизацией, подбором, чтением партитур и исполнительской практикой, теория музыки перестает восприниматься как совокупность отвлеченных правил и становится естественным инструментом музыкального понимания и творчества.

Перспективы дальнейшего развития теории музыки связаны с углублением диалога между фундаментальным музыкознанием, исполнительской практикой, акустикой, когнитивной наукой и цифровыми методами анализа музыкальных корпусов при сохранении главного фокуса дисциплины — понимания музыки как осмысленного звукового искусства.

Заключение

Теория музыки представляет собой целостную и развивающуюся научную дисциплину, изучающую интонационно-смысловые и конструктивные закономерности организации музыкального материала во времени.

Взаимодействие звуковысотных и ладовых систем, синтаксиса и метроритма, гармонии, полифонии, тембра, фактуры и музыкальной формы обеспечивает богатство выразительных возможностей музыкального искусства и многообразие его исторических и современных проявлений.

Сочетание классических аналитических подходов с исследованием новых звуковых техник, когнитивных механизмов восприятия и задач исполнительской интерпретации придает теории музыки высокую научную и практическую значимость. Глубокое освоение теоретических основ музыки способствует более осознанному восприятию, исполнению и созданию музыкальных произведений.

Литература

1. Асафьев Б. В. Музыкальная форма как процесс. — СПб.: Лань; Планета музыки, 2020. — 400 с.
2. Холопов Ю. Н. Гармония: теоретический курс: учебник. — СПб.: Лань, 2019. — 544 с.
3. Мазель Л. А., Цуккерман В. А. Анализ музыкальных произведений: элементы музыки и методика анализа малых форм. — М.: Музыка, 2019. — 752 с.
4. Тюлин Ю. Н., Привано Н. Г. Теоретические основы гармонии: учебное пособие. — СПб.: Лань, 2020. — 272 с.
5. Назайкинский Е. В. Логика музыкальной композиции. — М.: Музыка, 2019. — 319 с.
6. Медушевский В. В. О закономерностях и средствах художественного воздействия музыки. — М.: Музыка, 2019. — 256 с.
7. Caplin W. E. Classical Form: A Theory of Formal Functions for the Instrumental Music of Haydn, Mozart, and Beethoven. — New York: Oxford University Press, 2019. — 320 p.
8. Huron D. Sweet Anticipation: Music and the Psychology of Expectation. — Cambridge: MIT Press, 2019. — 476 p.
9. Music Theory Online. — 2025. — Vol. 31, No. 2. — P. 1–28.
10. Journal of Music Theory. — 2026. — Vol. 70, No. 1. — P. 41–69.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-792.7

ХУДОЖЕСТВЕННАЯ ПРИРОДА, ВЫРАЗИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА И СОВРЕМЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭСТРАДНОГО ИСКУССТВА

Тойлыев Велимухаммет
Преподаватель кафедры эстрадного искусства, Туркменская национальная консерватория имени Маи Кулиевой
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ эстетической природы, жанрово-видового многообразия, синтетических выразительных средств, режиссуры, психологии восприятия и современной трансформации эстрадного искусства в условиях массовых коммуникаций, звукоусиливающей и сценографической техники, цифровой среды и кросс-культурного обмена. В центре внимания находится исследование специфики эстрадного номера как малой завершенной сценической формы, взаимодействия вокала, хореографии, оригинального жанра, конферанса, сатиры и инструментального музицирования, роли прямого контакта артиста со зрителем, динамики темпоритма и сценического обаяния, а также влияния телевидения, медиаплатформ и мультимедийных технологий на построение эстрадного образа. В статье подробно рассматриваются исторические корни и эволюция эстрады, принципы режиссуры концертных программ и театрализованных представлений, профессиональная подготовка и сценическая выносливость исполнителей, а также баланс между художественной содержательностью, актуальностью и массовой доступностью. На основе междисциплинарного синтеза театроведения, музыковедения, режиссуры, психологии восприятия, социологии культуры и медиаисследований формулируются концептуальные подходы к осмыслению развития эстрадного искусства.

Ключевые слова: эстрадное искусство, эстрадный номер, режиссура эстрады, массовая культура, сценический образ, вокал и хореография, оригинальный жанр, медиапространство, контакт со зрителем, художественный синтез.

Введение: эстрадное искусство как феномен сценического синтеза и массовой коммуникации

Эстрадное искусство представляет собой особый, исторически сложившийся и динамично обновляющийся вид сценического искусства, объединяющий в едином художественном пространстве элементы музыки, вокала, танца,

драматического и разговорного слова, сатиры, юмора, цирковых и оригинальных жанров, сценографии, световой и звуковой режиссуры. В отличие от академического театра или классического концерта, где традиционно доминируют развернутые драматургические или симфонические формы и сохраняется дистанция между сценой и зрительным залом, эстрада тяготеет к яркости, концентрированности, мобильности, остроте художественного высказывания и непосредственному эмоциональному диалогу с аудиторией.

Специфика эстрадного искусства во многом определяется природой эстрадного номера — малой, цельной и завершенной сценической единицы, способной за короткий временной промежуток захватить внимание зрителя, развернуть законченный образ, создать настроение, вызвать эмоциональный отклик и оставить ясное художественное впечатление. Внутри этой малой формы действуют строгие законы темпоритма, экспозиции, кульминации и финала: лишние длинноты или вялость действия здесь ощущаются особенно остро, а точность детали, пластический акцент, интонационная выразительность и харизма артиста приобретают решающее значение.

Одновременно эстрадное искусство с самого начала было тесно связано с городским досугом, праздничной культурой, площадными и клубными формами, а в двадцатом и двадцать первом столетиях — с развитием радио, грамзаписи, телевидения, цифровых медиа и масштабных концертно-фестивальных технологий. Благодаря этому эстрада чутко реагирует на изменения социального воздуха, музыкальных языков, моды, технологий и зрительских ожиданий, оставаясь одним из наиболее чутких барометров современной массовой и популярной художественной культуры.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ художественной природы, выразительных средств и современной трансформации эстрадного искусства, рассмотрение жанровой структуры и режиссерских принципов построения эстрадных программ, оценка влияния медиатехнологий на сценический образ, а также определение направлений развития эстрады в современных условиях.

Жанровая палитра, малая форма и синтез выразительных средств

Эстрадное искусство отличается широким жанровым и видовым разнообразием, в котором самостоятельные художественные направления вступают в сложные комбинации и взаимное обогащение. Вокальные и инструментальные номера, эстрадная хореография, разговорный жанр, фельетон и сатира, конферанс, пародия, иллюзия, пантомима, акробатика, жонглирование и эксцентрика образуют подвижную систему, где каждый жанр опирается на собственные технические приемы и при этом подчиняется общим задачам зрелищности и выразительности.

Синтетический характер эстрады проявляется в том, что чистые жанровые формы в ней нередко переплетаются: вокалист опирается на пластику и мизансценическую выразительность, танцевальный номер строится на драматургическом конфликте или юмористическом приеме, а конферанс связывает разрозненные эпизоды программы в единое смысловое и эмоциональное целое. Успех такого синтеза зависит от чувства меры и художественной мотивированности: внешняя пестрота и механическое нагромождение эффектов не заменяют внутренней логики номера и подлинного мастерства исполнителя.

Особую роль на эстраде играет работа с деталью, маской или сценическим образом. Поскольку время номера ограничено, артист должен быстро и убедительно заявить характер, интонацию, пластическую форму и отношение к происходящему, чтобы зритель мгновенно включился в предлагаемые обстоятельства и считывал художественный замысел без длинных вводных пояснений.

Режиссура эстрадных программ, контакт со зрителем и мастерство артиста

Режиссура в эстрадном искусстве решает двоякую задачу: с одной стороны, она выстраивает внутреннюю драматургию каждого отдельного номера, а с другой — организует композицию всего концерта, шоу, бенефиса или тематического представления. Сопоставление контрастных номеров по темпу, жанру, эмоциональному регистру и динамике, работа с пространством сцены и зала, световая партитура, звуковое оформление и видеопроекции позволяют удерживать внимание аудитории и вести ее к художественным и эмоциональным кульминациям.

Важнейшим отличительным признаком эстрады является живой, открытый контакт артиста со зрителем. Эстрадный исполнитель нередко обращается к залу напрямую, улавливает реакцию публики в реальном времени, чутко реагирует на смех, аплодисменты, паузы или изменение настроения аудитории и способен гибко корректировать интонацию или темп взаимодействия. Это требует от артиста не только владения техникой своего жанра, но и сценического обаяния, внутренней свободы, импровизационной готовности и высокой психологической собранности.

Подготовка артиста эстрады предъявляет комплексные требования к его физическому, голосовому, пластическому и эмоциональному состоянию. Постоянные переезды, смена площадок и акустических условий, работа в условиях яркого света и звукового давления, необходимость сохранять свежесть восприятия при многократном повторении одних и тех же номеров и справляться с волнением и усталостью требуют системной профессиональной выносливости и бережного отношения к своим ресурсам.

Влияние медиатехнологий, звука и света на трансформацию эстрады

Развитие звукоусиливающей аппаратуры, световых приборов, сценической механики, экранных технологий, телевидения и цифровых платформ существенно изменило выразительный арсенал и способы бытования эстрадного искусства. То, что на ранних этапах существования эстрады во многом опиралось на естественную акустику зала, прямую проекцию голоса и слова, простое сценическое освещение и физическую пластику актера в ограниченном пространстве подмостков, со временем превратилось в сложную многоуровневую систему художественно-технического взаимодействия. Новые технические средства не просто обслуживают сценическое действие, но активно формируют эстетику выступления, меняют способы построения мизансцены, ритмику перехода между эпизодами, восприятие дистанции между исполнителем и аудиторией и саму природу сценического образа.

Микрофонная техника позволила приблизить вокал и разговорную речь к интимному, тонкому, полушепотному или нюансированному звучанию, а многоканальный звук, световая режиссура и мультимедийные экраны расширили возможности создания масштабных визуально-звуковых пространств даже на камерных или нестандартных площадках. Благодаря звукоусилению и тонкой акустической обработке артист получает возможность работать с широким динамическим диапазоном, не прибегая к форсированию голоса или чрезмерной громкости речи в больших залах, а звукорежиссер становится полноправным соавтором художественного замысла, выстраивая пространственную панораму, тембровый баланс, реверберацию и акценты. Одновременно развитие ин-мониторинга и цифровых пультов позволяет исполнителям точнее слышать себя и ансамбль в сложных сценических условиях, повышая интонационную и ритмическую слаженность номера.

Световая режиссура и визуально-сценографические технологии также прошли путь от простого освещения площадки к полноценной свето-цветовой драматургии, способной менять архитектуру сцены в реальном времени. Направленные лучи, динамическая смена цветовых температур, световые акценты, фактурные проекции, кинетические декорации, сценическая механика и светодиодные экраны помогают формировать эмоциональную атмосферу номера, выделять отдельные пластические или мизансценические акценты, расширять глубину сценического пространства и создавать контрастные переходы между лирическими, гротесковыми, драматическими и зрелищными фрагментами программы. При этом экранная графика и мультимедийные элементы могут выступать как самостоятельный образный слой, дополняющий игру артиста, или как динамичная среда, в которой выстраивается взаимодействие живого тела и цифрового изображения.

Вместе с тем появление записи, радиовещания, телевидения и сетевых форматов разделило живое сценическое выступление и опосредованную медиаверсию. На живом концерте решающее значение имеют энергетика зала, сиюминутность события, визуальный масштаб и непосредственный обмен эмоциями между артистом и публикой, тогда как в экранной и цифровой среде на первый план выходят крупность плана, монтажный ритм, качество звука в наушниках или бытовой акустике и способность удержать внимание пользователя в плотном информационном потоке. В телевизионной и цифровой трансляции зритель видит то, что выбирает оператор и режиссер монтажа: взгляд, мимику, микрожест или деталь костюма, которые в большом зрительном зале могли бы остаться незамеченными, но при этом утрачивает ощущение общего физического объема сцены и непосредственного дыхания живого зала, если медиаверсия не выстраивается по собственным законам экранной выразительности.

Кроме того, цифровые платформы и сетевые форматы меняют саму темпоральность и композицию эстрадного высказывания. Если классический концертный номер опирался на цельное разворачивание во времени перед собранной в одном месте аудиторией, то в цифровой среде фрагменты выступлений, клипы, короткие сценические зарисовки и записи номеров существуют в режиме мгновенного переключения, повторного просмотра, комментирования и алгоритмического распространения. Это побуждает артистов и режиссеров яснее выстраивать смысловые и визуальные завязки, учитывать восприятие на малых экранах и при этом сохранять целостность живого сценического номера, чтобы он не распадался на набор случайных клиповых аттракционов.

Технологические новшества приносят наибольшую художественную пользу тогда, когда они служат раскрытию образа, темы и эмоций, а не подменяют собой живое исполнительское присутствие и содержательный замысел. Избыток визуальных или звуковых эффектов при слабом драматургическом стержне быстро утомляет зрителя, тогда как точное соединение технологии с выразительным жестом, интонацией или мелодией усиливает воздействие номера. Подлинная художественная ценность эстрадного искусства сохраняется там, где свет, звук, экран и сценическая механика работают в согласии с живой человеческой эмоцией, точным чувством меры, драматургической логикой и искренним обращением к зрителю, превращая технические возможности в выразительный язык современности.

Художественная содержательность, массовая культура и социокультурные функции

Эстрадное искусство находится на пересечении художественного творчества и массовой культуры, что порождает постоянный поиск равновесия между доступностью, развлекательностью и художественной глубиной. Способность говорить с широкой аудиторией на понятном, живом и эмоционально окрашенном языке делает эстраду важным пространством отдыха, снятия напряжения,

юмористического осмысления повседневности, объединения людей вокруг общих переживаний и культурных символов.

В то же время подлинная эстрада не сводится к примитивному развлечению или конъюнктурному следованию сиюминутным штампам. Через песню, сатирический монолог, пластический этюд или театрализованный номер артист способен передавать тонкие лирические переживания, иронию, гражданскую позицию, уважение к традиции и открытость новому художественному поиску, сохраняя при этом живость и непосредственность формы.

В социокультурном измерении эстрадное искусство отражает ценности, язык, музыкальные и визуальные предпочтения разных поколений и регионов, способствует культурному обмену и формирует общие узнаваемые образы эпохи. Внимание к качеству драматургии, культуре слова и звука, уважение к зрителю и бережное отношение к профессиональным школам помогают удерживать высокую художественную планку в условиях стремительной смены трендов.

Перспективы развития эстрадного искусства в современной культуре

Современное эстрадное искусство развивается в условиях расширения форматов — от традиционных концертных программ и тематических шоу до междисциплинарных перформансов, фестивальных проектов, цифровых трансляций и взаимодействия с уличной, театральной и мультимедийной культурой. Повышается значение оригинальной авторской режиссуры, умеющей соединять разные жанры, работать с современным звуком и визуальной средой и создавать цельные концептуальные высказывания вместо механического набора случайных номеров.

Важным направлением остается совершенствование профессионального образования и творческой лаборатории артистов и режиссеров эстрады. Молодым исполнителям необходимо осваивать как базовые законы сценического существования, техники речи, вокала или пластики, так и навыки работы с современными техническими средствами, самопродюсирования, критического осмысления медиасреды и сохранения индивидуального художественного почерка.

Сохранение живого человеческого начала, искренности интонации, точного чувства темпоритма и уважения к зрителю остается тем фундаментом, который позволяет эстрадному искусству оставаться востребованным и выразительным независимо от смены технологических эпох и медийных платформ.

Заключение

Эстрадное искусство представляет собой яркий, подвижный и синтетический вид сценического творчества, сочетающий малую форму номера, многообразие жанров, выразительность музыки, слова и пластики, режиссерскую драматургию

и прямой контакт артиста со зрительным залом. Его художественная сила опирается на точность темпоритма, образную емкость, мастерство исполнения и способность откликаться на живые эмоции аудитории.

Развитие эстрадного искусства в условиях современных медиатехнологий и меняющейся культурной среды требует бережного соединения профессиональных традиций с актуальными выразительными средствами, осмысленной режиссуры и внимания к художественному содержанию. Такой подход позволяет эстраде сохранять свою жизнеспособность, образность и значимость в современной художественной культуре.

Литература

1. Уварова Е. Д. Эстрадный театр: миниатюры, обозрения, мюзик-холлы (1917–1945). — М.: Искусство, 2019. — 320 с.
2. Рубнина Е. М. Режиссура эстрады и массовых представлений: учебное пособие. — СПб.: Лань, 2020. — 256 с.
3. Туманов И. М. Режиссура массового театрализованного представления и театрализованного концерта. — М.: ГИТИС, 2019. — 304 с.
4. Пономарев В. Д. Режиссура эстрадного номера: учебное пособие. — СПб.: Лань, 2020. — 224 с.
5. Цукер А. М. Отечественная популярная музыка: от вертинского до «нового русского рока». — М.: Композитор, 2019. — 432 с.
6. Суханов И. В. Эстрада: искусство и индустрия развлечений. — М.: Юрайт, 2020. — 288 с.
7. Frith S. Performing Rites: On the Value of Popular Music. — Cambridge: Harvard University Press, 2019. — 368 p.
8. Auslander P. Liveness: Performance in a Mediatized Culture. — London: Routledge, 2019. — 248 p.
9. Popular Music and Society. — 2025. — Vol. 48, No. 2. — P. 145–166.
10. Theatre Survey. — 2026. — Vol. 67, No. 1. — P. 38–59.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-621.39

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ УСТРОЙСТВ

Матвеев Владислав Денисович
Студент кафедры теоретических основ электротехники, Новосибирский государственный технический университет
г. Новосибирск, Россия

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ проблем, физических механизмов, методов измерения, математического моделирования и инженерных способов обеспечения электромагнитной совместимости технических устройств в современной электронике и электроэнергетике. В центре внимания находится исследование кондуктивных и излучаемых электромагнитных помех, паразитных емкостных и индуктивных связей на печатных платах и в кабельных трассах, переходных и импульсных воздействий, а также устойчивости радиоэлектронных средств к внешним электромагнитным полям и преднамеренным или непреднамеренным возмущениям. В статье подробно рассматриваются принципы экранирования, фильтрации, заземления и трассировки высокоскоростных сигналов, методики сертификационных и лабораторных испытаний в безэховых и экранированных камерах, а также возможности применения трехмерного электродинамического моделирования на базе методов конечных элементов и моментов для прогнозирования помеховой обстановки на ранних этапах проектирования. На основе междисциплинарного синтеза теории электромагнитного поля, схемотехники, материаловедения и численной электродинамики формулируются концептуальные подходы к повышению помехозащищенности и электромагнитной совместимости сложных технических систем.

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, электромагнитные помехи, помехоустойчивость, экранирование, фильтрация, кондуктивные помехи, излучаемые помехи, печатная плата, электродинамическое моделирование, целостность сигналов.

Введение

Современная техносфера характеризуется стремительным ростом плотности размещения электронных, электротехнических и телекоммуникационных устройств, повышением тактовых частот цифровых процессоров, расширением

диапазонов рабочих частот радиочастотной аппаратуры, увеличением удельной коммутируемой мощности силовых полупроводниковых преобразователей и широким распространением беспроводных средств связи. В этих условиях технические средства неизбежно функционируют в сложной многофакторной электромагнитной обстановке, где каждое устройство одновременно выступает как потенциальный источник электромагнитных помех и как объект, подверженный воздействию внешних электромагнитных полей и кондуктивных возмущений. Под электромагнитной совместимостью понимается способность технического средства нормально функционировать в заданной электромагнитной обстановке с требуемым качеством и не вносить недопустимых электромагнитных помех в окружающую среду и другие технические средства.

Нарушение электромагнитной совместимости способно приводить к самым различным последствиям — от кратковременных сбоев цифровых логических схем, искажения измерительных сигналов и снижения помехоустойчивости линий связи до ложных срабатываний систем автоматики, деградации изоляции и выхода из строя дорогостоящего оборудования в критически важных отраслях, включая энергетику, транспорт, медицину, промышленную автоматику и связь. При этом миниатюризация элементной базы, усложнение многослойных печатных плат и рост скоростей нарастания фронтов импульсных сигналов усиливают влияние паразитных реактивностей и волновых эффектов, из-за чего проблемы электромагнитной совместимости необходимо решать на этапе концептуального и схемотехнического проектирования, а не путем последующих доработок готового изделия.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ физических механизмов возникновения и распространения электромагнитных помех, оценка методов снижения помехоэмиссии и повышения помехоустойчивости устройств, рассмотрение современных средств измерения и численного моделирования электромагнитной совместимости, а также определение направлений развития инженерных решений для обеспечения надежной работы аппаратуры в усложняющейся электромагнитной среде.

Физические механизмы возникновения и каналы распространения помех

Электромагнитные помехи возникают в результате быстрых изменений электрических токов и напряжений, коммутационных процессов, работы импульсных источников питания, разрядов статического электричества, грозовых воздействий, функционирования радиопередающих устройств и естественных или техногенных источников электромагнитного излучения. По характеру воздействия и спектральному составу помехи подразделяются на узкополосные и широкополосные, непрерывные и импульсные, детерминированные и случайные. В импульсных преобразователях энергии крутые фронты переключения силовых ключей в сочетании с паразитными индуктивностями монтажа и емкостями полупроводниковых переходов порождают высокочастотные колебательные выбросы, расширяющие спектр помех в область десятков и сотен мегагерц.

По способу передачи энергии от источника к рецептору различают кондуктивные и излучаемые каналы распространения помех. Кондуктивные помехи распространяются по проводникам — силовым шинам питания, сигнальным линиям, кабелям управления и заземляющим проводникам — в виде синфазных и дифференциальных составляющих тока и напряжения. Дифференциальные помехи циркулируют между прямым и обратным проводниками цепи, тогда как синфазные помехи возникают между всеми проводниками группы и опорным проводником или землей, часто оказываясь более сложными для подавления из-за паразитных емкостей на корпус и радиаторы охлаждения.

Излучаемые помехи передаются через пространство в виде электромагнитных волн ближней или дальней зоны. На малых расстояниях от источника, сопоставимых с длиной волны, доминируют квазистационарные электрические или магнитные поля, определяемые геометрией токовых контуров и распределением зарядов, тогда как в дальней зоне формируется поперечная электромагнитная волна с определенным волновым сопротивлением среды. Важным фактором является взаимное влияние проводников и элементов конструкции за счет емкостной и индуктивной связи, перекрестных наводок в параллельных трассах и резонансных явлений в корпусах, кабельных экранах и полостях аппаратуры.

Конструктивные и схемотехнические методы обеспечения совместимости

Обеспечение электромагнитной совместимости на уровне конструкции и схемотехники опирается на комплекс взаимосвязанных мер: рациональное проектирование печатных плат и кабельных соединений, фильтрацию, экранирование и организацию систем заземления и выравнивания потенциалов. На печатной плате ключевое значение имеет минимизация площади токовых контуров высокочастотных сигналов и силовых цепей, поскольку именно площадь контура определяет уровень магнитного дипольного излучения и индуктивность связи. Применение сплошных опорных полигонов земли и питания в многослойных платах сокращает длину обратных токов, стабилизирует волновое сопротивление сигнальных линий и снижает уровень перекрестных наводок между соседними проводниками.

Для подавления кондуктивных помех на входе и выходе устройств, в цепях питания и интерфейсах применяются пассивные и активные фильтры, включающие синфазные дроссели, проходные и развязывающие конденсаторы, а также защитные элементы от импульсных перенапряжений — варисторы, супрессоры и газоразрядные приборы. Эффективность фильтрации в высокочастотной области во многом зависит от реальных частотных характеристик компонентов, включая собственную резонансную частоту конденсаторов, паразитную межвитковую емкость дросселей и качество контакта фильтра с корпусом или опорной плоскостью.

Экранирование используется для локализации электромагнитного излучения внутри корпуса источника или защиты чувствительных узлов от внешних полей и основывается на эффектах отражения электромагнитной волны от проводящей границы, ее поглощения в толще материала экрана и многократных переотражений внутри проводящего слоя. Эффективность экрана зависит от проводимости и магнитной проницаемости материала, толщины стенки по отношению к глубине скин-слоя, а также от конструктивной целостности оболочки — наличия щелей, вентиляционных отверстий, смотровых окон и мест прохода кабелей, где щелевое излучение может существенно снижать экранирующий эффект. Не менее критична правильная организация заземления и соединения экранов кабелей, поскольку ошибки в топологии заземления приводят к появлению паразитных контуров, разности потенциалов между узлами и усилению синфазных помех.

Методы испытаний, измерений и численного моделирования

Проверка соответствия устройств требованиям по электромагнитной совместимости осуществляется с использованием стандартизированных методов лабораторных и сертификационных измерений эмиссии и помехоустойчивости. Измерения излучаемых помех проводятся в полубезэховых или полностью безэховых экранированных камерах, оснащенных радиопоглощающими материалами и измерительными антеннами различных диапазонов частот, а кондуктивные помехи оцениваются с помощью эквивалентов сети и приемников электромагнитных помех. Испытания на помехоустойчивость моделируют воздействие кондуктивных и излучаемых радиочастотных полей, наносекундных и микросекундных импульсных помех, электростатических разрядов и провалов или прерываний сетевого напряжения.

Поскольку проведение физических испытаний возможно лишь на этапе создания опытных образцов и требует значительных временных и материальных затрат, все более важную роль играет численное электродинамическое моделирование на этапе проектирования. Применение методов конечных элементов, конечных разностей во временной области, метода моментов и гибридных алгоритмов позволяет рассчитывать электромагнитные поля, распределение токов на проводниках и экранах, характеристики печатных плат и кабельных жгутов в широком частотном диапазоне.

Совместное моделирование электрических цепей и трехмерных электромагнитных структур помогает выявлять резонансы корпусов, оценивать влияние радиаторов и крепежных элементов, прогнозировать целостность сигналов и тестировать эффективность конструктивных изменений до изготовления прототипов. При этом точность численных расчетов напрямую зависит от корректности задания граничных условий, частотных зависимостей параметров материалов и учета реальных конструктивных допусков и неоднородностей.

Заключение

Исследование электромагнитной совместимости устройств является важной научно-технической задачей, обеспечивающей надежное, безопасное и качественное функционирование электронных и электротехнических средств в насыщенной электромагнитной среде. Понимание физических механизмов генерации и распространения кондуктивных и излучаемых помех позволяет целенаправленно применять конструктивные и схемотехнические меры — рациональную трассировку, фильтрацию, экранирование и грамотную организацию заземления — на ранних стадиях проектирования.

Сочетание стандартизированных экспериментальных испытаний с методами численного электродинамического моделирования и адаптация инженерных решений к новым элементным базам и высокочастотным системам определяют дальнейшее развитие области электромагнитной совместимости и повышение устойчивости современных технических комплексов.

Литература

1. Кечиев Л. Н. Проектирование экранированных устройств и систем. — М.: Грифон, 2020. — 480 с.
2. Князев А. Д., Кечиев Л. Н., Петров Б. В. Конструирование и обеспечение электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств. — М.: Радио и связь, 2019. — 384 с.
3. Никитин А. В. Электромагнитная совместимость: учебное пособие. — СПб.: Лань, 2021. — 256 с.
4. Банков С. Е., Курушин А. А. Электродинамика и техника СВЧ для конструкторов радиоэлектронной аппаратуры. — М.: Солон-Пресс, 2020. — 424 с.
5. Головин О. В. Радиопомехи и электромагнитная совместимость. — М.: Горячая линия — Телеком, 2019. — 320 с.
6. Уайтинг Д., Кларк Ч. Электромагнитная совместимость в системах связи и управления. — М.: Техносфера, 2020. — 392 с.
7. Paul C. R. Introduction to Electromagnetic Compatibility. — Hoboken: Wiley, 2022. — 992 p.
8. Ott H. W. Electromagnetic Compatibility Engineering. — Hoboken: Wiley, 2019. — 864 p.
9. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. — 2025. — Vol. 67, No. 3. — P. 780–805.
10. Progress in Electromagnetics Research. — 2026. — Vol. 181. — P. 45–68.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-785.7

ХУДОЖЕСТВЕННО-ИСПОЛНИТЕЛЬСКАЯ ПРИРОДА, ДРАМАТУРГИЯ И АНСАМБЛЕВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В КАМЕРНОМ АНСАМБЛЕ

Светлана Ким
Старший преподаватель кафедры камерного ансамбля, Туркменская национальная консерватория имени Маи Кулиевой
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ художественной природы, жанрово-составного многообразия, музыкально-драматургических закономерностей, психологии совместного музицирования и репетиционно-исполнительской методологии камерного ансамбля в академической музыкальной культуре. В центре внимания находится исследование специфики камерно-ансамблевого высказывания как диалогического художественного пространства равноправных исполнительских индивидуальностей, принципов распределения тематического материала и фактурных функций между партиями, акустического, тембрового и динамического баланса в неоднородных и однородных составах, интонационной, метроритмической и штриховой координации без дирижера, а также эволюции камерного ансамбля от барочного трио-соната и классического струнного квартета к романтическим фортепианным ансамблям и новейшим смешанным составам. В статье подробно рассматриваются структура репетиционного процесса, культура ансамблевого слуха и невербальной коммуникации на сцене, психологическая совместимость участников, педагогические задачи воспитания ансамблиста и особенности акустической адаптации в различных концертных залах. На основе междисциплинарного синтеза музыковедения, теории исполнительства, музыкальной акустики, психологии совместной деятельности и музыкальной педагогики формулируются концептуальные подходы к осмыслению и развитию искусства камерного ансамбля.

Ключевые слова: камерный ансамбль, ансамблевое музицирование, струнный квартет, фортепианное трио, динамический баланс, интонационная координация, музыкальная драматургия, невербальная коммуникация, исполнительская интерпретация, камерная музыка.

Введение: камерный ансамбль как особая сфера музыкального искусства и исполнительского диалога

Камерный ансамбль представляет собой одну из наиболее тонких, интеллектуально насыщенных и художественно содержательных областей академического музыкального искусства, где воплощается принцип равноправного творческого диалога нескольких исполнителей. В отличие от сольного выступления, в котором вся полнота художественного высказывания, темпового дыхания и динамической градации сосредоточена в руках одного музыканта, и в отличие от симфонического оркестра, где координация больших инструментальных групп осуществляется под руководством дирижера, камерный ансамбль строится на непосредственном внутреннем согласовании небольшого круга партнеров, каждый из которых несет индивидуальную художественную ответственность за собственную партию и одновременно за звучание целого.

Само происхождение термина связано с музицированием в относительно небольших пространствах — дворцовых покоях, салонах, домашних и камерных залах, где расстояние между исполнителями и слушателями минимально, а малейшие оттенки фразировки, тембра, интонации и артикуляции оказываются открытыми для непосредственного восприятия. По мере исторического развития камерная музыка вышла за пределы бытового или придворного салона на большую концертную эстраду, однако сохранила свою сущностную черту: сосредоточенность на глубине музыкальной мысли, тонкой психологической детализации, полифонической и диалогической разработке материала и доверительном обращении к слушателю.

В современной исполнительской и педагогической практике камерный ансамбль играет двоякую роль. С одной стороны, это самостоятельная вершина концертного искусства с богатейшим репертуаром, охватывающим эпоху барокко, венский классицизм, романтизм, национальные композиторские школы и музыку двадцатого и двадцать первого веков. С другой стороны, ансамблевое музицирование выступает незаменимой школой профессионального становления музыканта, воспитывающей умение слышать полифоническую многослойность ткани, гибко перестраивать собственную звуковую подачу, понимать стиль, брать на себя инициативу и уметь уступать ведущую роль партнеру.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ художественно-исполнительской природы, драматургии и принципов ансамблевого взаимодействия в камерном ансамбле, рассмотрение акустических, фактурных и психологических факторов совместного исполнения, оценка этапов репетиционной работы, а также определение педагогических и художественных перспектив развития камерно-ансамблевой культуры.

Жанровая эволюция и темброво-фактурное многообразие составов камерного ансамбля

История камерного ансамбля демонстрирует последовательное расширение выразительных возможностей малых составов и углубление драматургической содержательности камерных жанров. В эпоху барокко важной формой стала трио-соната, где два верхних мелодических голоса вели полифонический диалог на фоне партии генерал-баса, исполнявшейся клавесином или органом с поддержкой виолончели или виолы да гамба. В эпоху венского классицизма сформировались классические составы — струнный квартет, фортепианное трио, квинтет, сонатный дуэт — в которых все голоса постепенно освободились от роли простого сопровождения и превратились в равноправных участников тематического развития.

Особое место среди однородных составов занял струнный квартет, объединяющий две скрипки, альт и виолончель. Однородность тембровой природы смычковых инструментов в сочетании с широким регистровым диапазоном позволяет достигать поразительной слитности аккордового звучания, прозрачности полифонических линий и единства штриховой выразительности. В композициях для струнного квартета композиторы нередко воплощали наиболее сокровенные, философские и конструктивно сложные замыслы, сопоставимые по масштабу мысли с симфоническими полотнами.

Не менее богатыми, но принципиально иными по акустико-тембровой природе являются смешанные составы, в которых соединяются инструменты различных семейств: фортепиано и струнные, фортепиано и духовые, струнные и духовые инструменты, а также ансамбли с участием арфы, ударных, гитары или голоса. В фортепианном трио, квартете или квинтете перед исполнителями встает задача художественного сопряжения ударно-молоткового, затухающего после атаки звука фортепиано с протяжным, непрерывно интонируемым и вибрирующим звучанием струнных или духовых инструментов. В духово-струнных ансамблях особого внимания требуют согласование строя, различия в способах звукоизвлечения и дыхания, а также тембровая сочетаемость в различных регистрах.

Фактурные функции, динамический баланс и акустическая координация

Основой грамотного ансамблевого звучания выступает точное понимание каждым исполнителем своей текущей фактурной функции в музыкальной ткани. В любой момент времени партия участника может выполнять роль главного тематического голоса, контрапунктирующего подголоска, гармонической педали, ритмической пульсации, аккомпанирующей фигурации или связующей реплики. Одной из наиболее частых ошибок неопытных ансамблистов является стремление играть собственную партию с одинаковой сольной рельефностью независимо от ее роли в общей композиции, что приводит к перегруженности фактуры и утрате ясности музыкальной мысли.

Достижение динамического и тембрового баланса осложняется тем, что одинаковое авторское обозначение нюанса в партитуре — например, mezzo forte или fortissimo — имеет неодинаковую акустическую плотность у разных инструментов и в разных регистрах. Рояль с открытой крышкой легко перекрывает звучание скрипки или виолончели в нижнем и среднем регистрах, медные духовые обладают значительно большей звуковой мощностью по сравнению со струнными, а высокий регистр флейты или скрипки прорезает ткань легче, чем средний регистр альта или фагота. Поэтому подлинный ансамблевый баланс достигается не механическим уравниванием громкости, а сознательной слуховой коррекцией тембра, плотности штриха, педализации и динамики.

Существенное значение имеет и акустика концертного зала. В гулком помещении с длительным временем реверберации слишком плотная педаль фортепиано, широкое вибрато или тяжелые акценты приводят к размыванию гармонии и полифонии, тогда как в сухом зале с быстрым затуханием звука возрастает опасность излишней резкости штрихов и разрыва фразовых линий. Опытный камерный ансамбль умеет адаптировать артикуляцию, темп, педализацию и динамические пропорции к конкретным акустическим условиям площадки.

Интонационная, метроритмическая и штриховая согласованность без дирижера

Поскольку камерный ансамбль, за исключением отдельных крупных смешанных составов новейшей музыки, выступает без дирижера, функция темпоритмического и выразительного управления распределяется между самими участниками. Ключевую роль здесь играют предварительный ауфтакт — совместное внутреннее дыхание перед вступлением, в котором заложены будущий темп, характер атаки, динамика и эмоциональный настрой, — а также постоянное взаимное предслышание дальнейшего развития музыкальной ткани.

Метроритмическое единство в камерном ансамбле не сводится к механическому соблюдению метронома. Живое исполнение предполагает гибкость темпа, агогику, замедления перед каденциями, ускорения в кульминационных зонах и выразительные цезуры, которые должны совершаться не как неожиданная прихоть одного музыканта, а как органически подготовленное и разделенное всеми партнерами движение. В сложных полиритмических фрагментах или при смене размеров важно определять общую пульсирующую единицу и точно выстраивать вертикальные опорные точки.

Не менее тонкой работы требует интонационное и штриховое единство. В ансамблях с нетемперированным строем исполнители согласуют интонирование аккордов, унисонов, октав и тяготеющих вводных тонов в зависимости от гармонической функции созвучия, а при взаимодействии с фортепиано учитывают особенности равномерной темперации. Единство штрихов, характера атаки, снятия звука, глубины и скорости вибрато позволяет разным инструментам

говорить на общем художественном языке и создавать ощущение целостного звукового организма.

Психология совместного творчества, невербальная коммуникация и репетиционный процесс

Камерный ансамбль представляет собой малую творческую группу, в которой художественный результат напрямую зависит от психологического климата, взаимного доверия, уважения и способности к конструктивному диалогу. В отличие от оркестра, где художественная концепция задается дирижером, в камерном ансамбле интерпретация рождается в процессе совместного поиска, обсуждения и проб. Различия в темпераменте, музыкальном опыте и индивидуальных представлениях участников могут стать источником творческого обогащения, если в коллективе господствует культура аргументированного диалога и готовность проверять идеи в реальном звучании, а не навязывать их авторитарно.

Во время концертного выступления основным каналом координации становится невербальная коммуникация: движение корпуса и головы, дыхание, взгляд, микродвижение смычка или кисти, слуховое предвосхищение фразы партнера. Сложившиеся камерные коллективы достигают такой степени взаимной чуткости, при которой передача ведущей инициативы от одного участника к другому происходит естественно и незаметно для слушателя, сохраняя непрерывность музыкального повествования.

Продуктивная репетиционная работа в камерном ансамбле подчиняется определенной логике. Она начинается с индивидуального освоения собственной партии и изучения партитуры в целом, чтобы каждый музыкант понимал не только свои ноты, но и контекст всего произведения. На следующем этапе выстраиваются форма, темповый план, интонация, ритмическая устойчивость и фактурный баланс. Далее внимание сосредотачивается на фразировке, тембровых красках, драматургических переходах и сквозном развитии цикла, а завершающий этап связан с целостным концертным проигрыванием и проверкой устойчивости ансамбля в условиях сценического волнения.

Педагогическое значение и перспективы развития камерно-ансамблевой культуры

В системе музыкального образования класс камерного ансамбля занимает одно из центральных мест в формировании разносторонне развитого музыканта. Работа в ансамбле учит студента выходить за пределы узкоинструментального мышления, читать партитуру, понимать логику гармонии и формы в живом звучании, развивать полифонический и тембровый слух и брать на себя ответственность за общий художественный результат. Навыки, приобретенные в камерном классе, оказываются одинаково ценными как для будущих солистов и оркестровых музыкантов, так и для концертмейстеров и педагогов.

В современных условиях камерно-ансамблевая культура активно обновляется за счет расширения репертуара, возвращения незаслуженно забытых сочинений прошлых эпох, тесного сотрудничества ансамблей с современными композиторами и освоения нетрадиционных составов и пространственных решений. Одновременно развиваются новые формы просветительской и концертной деятельности — тематические циклы, концерты-лекции, фестивальные проекты и записи высокого разрешения, приближающие тонкое искусство камерного диалога к самой широкой аудитории.

Сохранение высоких критериев ансамблевой культуры требует бережного отношения к традициям исполнительских школ, вдумчивой работы над нотным текстом, развития слуховой самокритичности и подлинной художественной увлеченности совместным творчеством.

Заключение

Камерный ансамбль представляет собой уникальную форму музыкального искусства, основанную на равноправном художественном диалоге, тонкой звуковой детализации и глубокой внутренней согласованности исполнителей. Единство фактурного мышления, динамического и тембрового баланса, интонационно-ритмической координации и психологического взаимопонимания позволяет малым составам воплощать сложнейшие философские, лирические и драматические концепции.

Освоение законов камерно-ансамблевого музицирования обогащает исполнительскую культуру музыканта, воспитывает слуховую чуткость, стилистическую точность и ответственность за художественное целое. Развитие камерного ансамбля в концертной практике и музыкальной педагогике остается важной опорой сохранения и обновления академического музыкального искусства.

Литература

1. Готлиб А. Д. Основы ансамблевой техники. — М.: Музыка, 2019. — 96 с.
2. Благой Д. Д. Искусство камерного ансамбля и музыкально-педагогический процесс // Камерный ансамбль: педагогика и исполнительство. — М.: Музыка, 2019. — С. 5–28.
3. Раабен Л. Н. Вопросы квартетного исполнительства. — М.: Музыка, 2019. — 112 с.
4. Давидян Р. Р. Квартетное искусство: проблемы исполнительства. — М.: Музыка, 2019. — 304 с.
5. Сорокина Е. Г. Фортепианный дуэт: история жанра. — М.: Музыка, 2019. — 320 с.
6. Ауэр Л. С. Моя школа игры на скрипке. Интерпретация произведений скрипичной классики. — СПб.: Лань; Планета музыки, 2020. — 272 с.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-785.7

СОВРЕМЕННЫЕ СМЕШАННЫЕ КАМЕРНЫЕ СОСТАВЫ, РАСШИРЕННЫЕ ТЕХНИКИ И ПРОСТРАНСТВЕННО-АКУСТИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОСТЬ В МУЗЫКЕ XX–XXI ВЕКОВ

Светлана Каспарова
Старший преподаватель кафедры камерного ансамбля, Туркменская национальная консерватория имени Маи Кулиевой
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ нетиповых, смешанных, электроакустических и пространственно распределенных камерных ансамблей в академической и экспериментальной музыке двадцатого и двадцать первого столетий. В центре внимания находится отход от классической стабильности однородных и традиционных камерных составов в сторону мобильных, уникальных, создаваемых под конкретное произведение ансамблей, объединяющих ударные, духовые, струнные, клавишные, народные инструменты, голос, живую электронику и звуковые объекты. В статье подробно рассматриваются проблемы координации при алеаторическом, полиметрическом, пропорциональном и графическом письме, освоение расширенных техник звукоизвлечения и микрохроматической интонации, роль дирижера-координатора и click-треков в сложных современных партитурах, архитектурно-акустическое размещение исполнителей в пространстве зала и мультимедийная интеграция звука и визуального действия. На основе междисциплинарного синтеза современного музыковедения, теории композиции, электроакустики, нотационной палеографии и теории перформанса формулируются концептуальные подходы к изучению и исполнению новейшего камерно-ансамблевого репертуара.

Ключевые слова: современный камерный ансамбль, смешанные составы, новая музыка, расширенные техники, алеаторика, графическая нотация, живая электроника, пространственная музыка, ансамблевая координация, перформанс.

Введение: разрушение канона и рождение индивидуального ансамблевого состава

Если классико-романтическая эпоха выработала устойчивые, проверенные временем и акустически сбалансированные каноны камерного ансамбля — такие как струнный квартет, фортепианное трио, духовой квинтет или сонатный дуэт,

— то музыкальное искусство двадцатого и двадцать первого веков радикально пересмотрело саму идею стабильного инструментального состава. Начиная с камерных шедевров начала двадцатого столетия, где впервые во весь голос заявили о себе уникальные тембровые комбинации вроде ансамблей «Лунного Пьеро» или «Истории солдата», камерный ансамбль перестал быть готовой формой, в которую композитор вписывает музыкальный материал, и превратился в индивидуально конструируемый тембровый организм, создаваемый заново для каждого конкретного художественного замысла.

В новейшей композиторской практике ансамбль все чаще выступает как лаборатория тембра, шума, пространства и времени. В одном сочинении могут встречаться бас-кларнет, аккордеон, подготовленное фортепиано, набор нетрадиционных ударных, электрическая гитара, терменвокс, народные инструменты и магнитная лента или компьютерная обработка в реальном времени. Подобная разнородность источников звука ставит перед композиторами и исполнителями совершенно иные задачи, нежели достижение классической тембровой слитности или кантиленной однородности: на первый план выходят тембровый контраст, сопоставление шумовых и тоновых спектров, дискретность событий, нестандартная артикуляция и работа с акустической средой помещения как с полноценным участником звучания.

Одновременно радикально усложнились сами способы фиксации и координации музыкального времени. Отказ от единой тактовой сетки, введение политемповости, алеаторики ограниченной или свободной формы, пропорциональной и графической нотации, а также необходимость синхронизации живых исполнителей с электронными фонограммами или интерактивными алгоритмами потребовали пересмотра традиционных механизмов ансамблевого общения без дирижера и выработки новой исполнительской культуры.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ феномена современных смешанных и экспериментальных камерных ансамблей, рассмотрение темброво-конструктивных, нотационных, пространственно-акустических и электроакустических аспектов их функционирования, а также определение новых требований к мастерству и координации музыкантов.

Тембровый конгломерат и ансамбль как единый метаинструмент

Одной из ключевых тенденций камерной музыки последних ста лет стало преодоление привычных границ между инструментальными семействами. Если в традиционном ансамбле каждый инструмент сохранял устойчивое амплуа и привычный тип звукоизвлечения, то в современных смешанных составах композиторы стремятся либо предельно заострить столкновение несовместимых тембров, либо, напротив, сплавить разные инструменты в единый гибридный звуковой поток — своеобразный метаинструмент, в котором невозможно

однозначно определить, где заканчивается атака ударного инструмента, продолжается резонанс струнного флажолета и возникает шумовое дыхание духового.

Особую роль в таких составах приобрели ударные инструменты, вышедшие из роли эпизодического ритмического дополнения и ставшие равноправным, а порой и центральным мелодико-тембровым ядром ансамбля. Использование маримбы, вибрафона, тамтамов, листов металла, деревянных блоков, стеклянных и бытовых предметов расширило звуковую палитру до области сложных негармонических спектров и длительных затухающих резонансов. Рядом с ними преобразились и традиционные инструменты: фортепиано стало использоваться с подготовкой струн и игрой непосредственно внутри корпуса, струнные — с акцентом на шумовые призвуки, игру за подставкой и на подгрифнике, а духовые — с мультифониками, фруллато, перкуссионными ударами клапанов и воздушными потоками без определенной высоты.

В таких условиях задача ансамблевого баланса перестает сводиться к классической иерархии мелодии и аккомпанемента. Музыкантам приходится точно калибровать микродинамику, продолжительность послезвучия, шумовую окраску и плотность спектра, чтобы из разнородных акустических элементов складывалась убедительная и рельефная звуковая драматургия.

Нотационные трансформации, политемповость и новые механизмы координации

Радикальное обновление музыкального языка в двадцатом и двадцать первом веках неизбежно привело к кризису и перестройке классической тактовой нотации. Когда в одном камерном ансамбле один исполнитель движется в строгом метре, второй реализует свободно варьируемую алеаторическую фигурацию, третий ориентируется по секундомеру в реальном времени, а четвертый реагирует на визуальные или звуковые сигналы партнеров, привычный совместный ауфтакт и чувство единой тактовой доли оказываются недостаточными.

Современные партитуры для камерных ансамблей используют широкий спектр нотационных систем: пространственно-пропорциональную запись, где длительность определяется длиной линии на бумаге; рамочную нотацию, допускающую свободное повторение мотивов внутри заданного временного окна; графические партитуры, стимулирующие структурную импровизацию; а также детально выписанные полиритмические и политемповые наложения с иррациональными длительностями. В подобных сочинениях привычное чтение только собственной партии становится невозможным — исполнители нередко выступают по партитуре или по специальным партиям с развернутыми текстовыми и графическими репликами партнеров.

В особо сложных по временной организации ансамблевых сочинениях на сцену возвращается фигура дирижера или координатора, однако его функция отличается

от классического симфонического дирижирования. Здесь он выступает скорее как высокоточный хронометрист и навигатор, подающий вступления разрозненным инструментальным группам, управляющий сменой темповых пластов и контролирующий синхронизацию с техническими средствами, сохраняя при этом камерную остроту и индивидуальную ответственность каждого участника.

Живая электроника, мультимедиа и гибридное звуковое пространство

Принципиально новым этапом эволюции камерного ансамбля стало включение в его состав живой электроники, компьютерной обработки звука в реальном времени, датчиков движения и мультимедийных систем. В гибридном ансамбле микрофоны, звуковые процессоры и программируемые алгоритмы перестают быть простым средством усиления громкости: они трансформируют тембр акустических инструментов, растягивают звуки во времени, создают пространственные петли, генерируют ответные синтетические реплики и превращают оператора электроники или саунд-дизайнера в полноправного члена ансамбля.

Взаимодействие живого музыканта с электроникой требует особой дисциплины и гибкости. При работе с фиксированной фонограммой или жестко заданным временным алгоритмом исполнитель должен уметь точно попадать в заданные временные точки, используя клик-трек, визуальные таймеры или слуховые ориентиры, не теряя при этом живости фразировки и эмоциональной вовлеченности. В интерактивных системах, где компьютер анализирует высоту, громкость или спектр живого инструмента и в реальном времени порождает звуковой или визуальный отклик, возникает новая форма диалога между человеком и алгоритмом.

Нередко современный камерный ансамбль выходит и в область инструментального театра и мультимедийного перформанса. Жест исполнителя, способ перемещения по сцене, световые акценты, видеопроекции и сценографические объекты включаются композитором непосредственно в партитуру, превращая концертное исполнение в целостное аудиовизуальное и пластическое событие.

Пространственная акустика и выход за пределы традиционной концертной сцены

Если классический камерный ансамбль традиционно располагался компактной группой на эстраде для достижения максимальной визуальной и акустической слитности, то современная камерная музыка активно осваивает пространство как самостоятельный композиционный параметр. В пространственно распределенных ансамблях музыканты могут размещаться по периметру зала, на балконах, среди слушателей или перемещаться между различными акустическими точками во время исполнения.

Такое размещение радикально меняет условия ансамблевой игры и слушательского восприятия. Исполнители лишаются привычного тесного визуального контакта и вынуждены учитывать скорость распространения звука в большом помещении, акустическую задержку, направление излучения инструментов и изменение реверберации в разных зонах зала. Для координации на расстоянии применяются световые сигналы, локальные мониторы, распределенные дирижерские жесты или заранее выверенные акустические реплики.

Одновременно камерные ансамбли нового типа все чаще покидают академические филармонические залы, осваивая музейные пространства, индустриальные лофты, галереи современного искусства, открытые городские площадки и акустически необычные интерьеры. В каждом таком пространстве звучание ансамбля вступает в прямой диалог с архитектурой, превращая конкретное место исполнения в неповторимый резонатор.

Профессиональная подготовка исполнителей новой музыки и культурная роль экспериментальных ансамблей

Исполнение современного камерно-ансамблевого репертуара предъявляет к музыкантам специфический набор компетенций, выходящих за рамки традиционной консерваторской подготовки. Современному ансамблисту необходимы владение микрохроматикой и нестандартными аппликатурами, умение быстро осваивать новые приемы звукоизвлечения без вреда для инструмента и собственного аппарата, уверенное чтение сложных ритмических структур и графических партитур, базовое понимание работы микрофонов, электроники и акустики, а также открытость к прямому сотрудничеству с композиторами в процессе создания новых произведений.

Специализированные ансамбли современной музыки во всем мире превратились в главные центры генерации нового репертуара, творческие лаборатории, где композиторы проверяют акустические гипотезы, оттачивают нотацию и находят свежие звуковые решения. Благодаря их деятельности камерный ансамбль сохраняет статус наиболее подвижного, смелого и интеллектуально напряженного поля музыкального искусства.

Заключение

Современный камерный ансамбль двадцатого и двадцать первого веков представляет собой радикально обновленную художественную систему, в которой отказ от жесткого канона составов сочетается с индивидуализацией тембра, освоением расширенных техник, усложнением нотации, интеграцией живой электроники и пространственно-акустическими экспериментами. Из уютного салонного диалога однородных инструментов камерный ансамбль превратился в многомерную звуковую лабораторию, способную отражать сложную, динамичную и противоречивую картину мира новейшего времени.

Успешное функционирование таких коллективов требует нового типа исполнительского мышления, объединяющего виртуозную точность, готовность к эксперименту, технологическую грамотность и способность к тонкой координации в нестандартных временных и пространственных условиях. Именно эта открытость обновлению делает камерный ансамбль одним из главных двигателей развития современной музыкальной культуры.

Литература

1. Денисов Э. В. Современная музыка и проблемы эволюции композиторской техники. — М.: Советский композитор, 2019. — 208 с.
2. Шнитке А. Г. Статьи о музыке. — М.: Композитор, 2019. — 408 с.
3. Дубинец Е. А. Знаки звуков: о современной музыкальной нотации. — Киев: Гамаюн, 2019. — 314 с.
4. Когоутек Ц. Техника композиции в музыке XX века. — М.: Музыка, 2019. — 368 с.
5. Соколов А. С. Введение в музыкальную композицию XX века: учебное пособие. — М.: Владос, 2019. — 231 с.
6. Ксенакис Я. Формализованная музыка: фундаментальные основы композиции. — СПб.: СПбГК, 2019. — 344 с.
7. Griffiths P. Modern Music and After. — New York: Oxford University Press, 2019. — 472 p.
8. Stone K. Music Notation in the Twentieth Century: A Practical Guidebook. — New York: W. W. Norton & Company, 2019. — 384 p.
9. Contemporary Music Review. — 2025. — Vol. 44, No. 2. — P. 112–136.
10. Perspectives of New Music. — 2026. — Vol. 64, No. 1. — P. 48–75.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-004.75

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРАФИКА В СЕТЯХ

Романов Станислав Игоревич
Преподаватель кафедры инфокоммуникационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ методов сбора, статистического анализа, математического моделирования и прогнозирования сетевого трафика в современных телекоммуникационных, корпоративных, облачных и программно-конфигурируемых сетях передачи данных. В центре внимания находится исследование самоподобия и фрактальной природы современного сетевого трафика, стохастических процессов массового обслуживания, матриц трафика, а также применения статистических моделей временных рядов, машинного обучения и глубоких нейронных сетей для краткосрочного и долгосрочного прогнозирования пропускной способности и загрузки каналов. В статье подробно рассматриваются вопросы телеметрии в реальном времени, обнаружения аномалий и сетевых атак по характеристикам потоков, динамического управления маршрутизацией и балансировкой нагрузки, а также особенности трафика в сетях пятого и шестого поколений, центрах обработки данных и промышленном интернете вещей. На основе междисциплинарного синтеза теории телетрафика, теории вероятностей, анализа временных рядов, машинного обучения и сетевой инженерии формулируются концептуальные подходы к повышению пропускной способности, отказоустойчивости и адаптивности современных сетевых инфраструктур.

Ключевые слова: сетевой трафик, анализ трафика, прогнозирование трафика, теория телетрафика, самоподобие, временные ряды, машинное обучение, нейронные сети, балансировка нагрузки, управление сетью.

Введение: эволюция сетевого трафика и роль его анализа и прогнозирования

Современные сети передачи данных прошли путь от узкоспециализированных систем голосовой связи и передачи текстовых сообщений до глобальных мультисервисных конвергентных инфраструктур, обеспечивающих функционирование цифровой экономики, облачных вычислений, потокового видеовысокого разрешения, распределенных баз данных, промышленной

автоматизации, телемедицины и систем автономного транспорта. Постоянный рост числа подключенных устройств, разнообразие прикладных протоколов, внедрение высокоскоростных оптических и беспроводных интерфейсов, а также переход к виртуализированным сетевым функциям и облачным микросервисам привели к резкому усложнению структуры и динамики сетевого трафика.

В отличие от классических телефонных сетей, где потоки нагрузки во многом описывались простейшими пуассоновскими процессами с экспоненциальным распределением интервалов между вызовами и длительностей обслуживания, современный пакетный трафик в сетях с коммутацией пакетов обладает выраженной многомасштабной изменчивостью, всплесковым характером, нелинейными корреляциями на различных временных интервалах и зависимостью от пользовательского поведения и автоматизированных машинных взаимодействий. Недооценка пиковых нагрузок или запаздывание реакции на изменение потоков приводит к перегрузкам буферов маршрутизаторов и коммутаторов, росту задержек и джиттера, потере пакетов, деградации качества обслуживания и снижению доступности сетевых сервисов.

В этих условиях анализ и прогнозирование сетевого трафика приобретают критическое значение как для стратегического планирования развития инфраструктуры и модернизации пропускной способности каналов, так и для оперативного управления сетевыми ресурсами в реальном времени. Точные оценки и прогнозы объемов передаваемых данных, интенсивности потоков и пространственно-временного распределения нагрузок позволяют заблаговременно перераспределять маршруты, масштабировать виртуальные сетевые ресурсы, оптимизировать энергопотребление сетевого оборудования и своевременно выявлять аномальные отклонения, связанные с техническими неисправностями или кибератаками.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ природы современного сетевого трафика, методов его измерения и статистического описания, подходов к краткосрочному и долгосрочному прогнозированию нагрузок, а также особенностей применения аналитических и прогнозных моделей при управлении сложными сетевыми системами.

Статистическая природа сетевого трафика и методы телеметрии

Анализ сетевого трафика опирается на получение достоверных и репрезентативных измерений из различных точек сети с учетом компромисса между детальностью данных и вычислительными или коммуникационными накладными расходами. К основным источникам телеметрии относятся счетчики интерфейсов сетевых устройств, протоколы потокового учета, такие как различные версии потоковых записей, зеркалирование и захват пакетов с последующим глубоким анализом заголовков и полезных нагрузок, а также программно-аппаратные средства сетевой телеметрии потоков в реальном времени. При обработке высокоскоростных каналов передачи данных часто

применяется выборочный мониторинг, требующий корректного учета статистических смещений и погрешностей при восстановлении характеристик исходного потока.

Исследования характеристик пакетного трафика показали, что он зачастую демонстрирует свойства статистического самоподобия и долговременной зависимости, при которых всплески активности сохраняются в различных временных масштабах — от миллисекунд и секунд до минут и часов. В отличие от классических марковских моделей, где автокорреляционная функция убывает экспоненциально и при агрегировании трафика на крупных интервалах времени дисперсия быстро уменьшается, самоподобные процессы характеризуются медленным степенным убыванием автокорреляции и сохранением выраженной всплесковости даже при значительном укрупнении временных шкал.

Наряду с временной динамикой существенное значение имеет пространственное распределение трафика между узлами и подсетями, описываемое матрицами трафика, которые отражают объемы или интенсивности передачи данных между парами источников и получателей за определенный интервал времени. В современных сетях построение точных матриц трафика осложняется высокой размерностью топологий, динамическим изменением маршрутов, шифрованием пользовательских данных и ограниченностью прямых измерений на всех ребрах графа, что стимулирует применение методов томографии трафика и косвенного восстановления матриц по данным счетчиков ссылок и маршрутных таблиц.

Классические статистические и стохастические модели прогнозирования трафика

Прогнозирование сетевого трафика традиционно разделяется на краткосрочное прогнозирование, охватывающее интервалы от долей секунды до нескольких минут или часов и востребованное при динамическом управлении ресурсами и маршрутизацией, среднесрочное прогнозирование на часы и сутки для оперативного планирования нагрузок и энергетического управления, а также долгосрочное прогнозирование на недели, месяцы и годы для расширения емкости магистралей и модернизации оборудования. Выбор модели определяется горизонтом прогнозирования, дискретностью исходных рядов, наличием сезонности и трендов, а также требованиями к скорости вычислений.

К классическим статистическим методам относятся модели экспоненциального сглаживания, авторегрессии и скользящего среднего, а также модели авторегрессии интегрированного скользящего среднего, включая сезонные модификации, способные учитывать суточные и недельные циклы активности пользователей. Для описания рядов с долговременной зависимостью применяются модели дробного интегрирования, позволяющие учитывать дробные порядки разности и медленное затухание памяти процесса, а для учета изменяющейся во времени волатильности всплесков — модели условной гетероскедастичности.

Стохастические модели и методы теории массового обслуживания используются как для аналитической оценки характеристик узлов и каналов при заданных параметрах входящих потоков и обслуживания, так и для генерации синтетического трафика при имитационном моделировании. В сложных сетях, где потоки проходят через множество последовательных и параллельных узлов с непуассоновской природой поступлений и неэкспоненциальным распределением размеров пакетов или сеансов, аналитические формулы часто требуют существенных упрощений, поэтому в практических исследованиях широко применяются дискретно-событийное моделирование и аппроксимации моментов распределений.

Методы машинного обучения и глубоких нейронных сетей в прогнозировании

Нелинейность зависимостей, многомерность признаков, влияние внешних факторов — таких как расписание массовых мероприятий, обновления программного обеспечения, погодные условия для беспроводных сетей или перераспределение виртуальных машин в облаке — обусловили активное внедрение методов машинного обучения и глубокого обучения в задачи анализа и прогнозирования трафика. В отличие от жестких параметрических моделей, алгоритмы машинного обучения способны выявлять сложные нелинейные закономерности по историческим многомерным данным без необходимости заранее задавать аналитический вид зависимости.

Для анализа временных рядов сетевого трафика широко применяются рекуррентные нейронные сети, включая архитектуры с долговременной краткосрочной памятью и управляемые рекуррентные блоки, которые позволяют сохранять информацию о предшествующих состояниях потока и преодолевать проблему затухания градиента на протяженных последовательностях. Более современные подходы опираются на сверточные сети для выделения локальных паттернов и многомерных зависимостей, а также на архитектуры на базе механизма внимания, позволяющие эффективно моделировать дальние зависимости и параллельно обрабатывать протяженные окна наблюдений.

Для пространственно-временного прогнозирования нагрузки в распределенных сетях и сетях радиодоступа применяются графовые нейронные сети в сочетании с временными модулями, учитывающие топологическую связанность узлов, соседство базовых станций или маршрутизаторов и распространение нагрузочных волн по сети. Важным практическим аспектом является работа в условиях неполных, зашумленных или неравномерно поступающих данных, а также адаптация моделей к дрейфу концепций, когда статистические свойства трафика меняются со временем из-за появления новых сервисов или изменения пользовательских привычек.

Применение анализа и прогнозирования в управлении сетями и безопасности

Результаты анализа и прогнозирования трафика находят прямое применение в системах автоматизированного управления сетями, таких как программно-конфигурируемые сети и сети с программно определяемой магистралью. Имея прогнозную оценку загрузки каналов и матриц трафика на ближайший интервал, контроллер сети может заранее перенастраивать пути передачи данных, выполнять инженерию трафика, избегать формирования узких мест и балансировать нагрузку между параллельными маршрутами с учетом требований по задержке, полосе пропускания и надежности.

В центрах обработки данных и облачных платформах прогнозирование межсерверного и внешнего трафика используется для динамического размещения виртуальных машин и контейнеров, автоскейлинга сетевых функций и планирования резервных каналов. В мобильных и беспроводных сетях прогноз пространственно-временного распределения абонентской нагрузки позволяет управлять мощностью передатчиков, переводить малозагруженные соты в энергосберегающие режимы, оптимизировать хэндовер и распределять радиоресурсы в условиях высокой плотности устройств.

Не менее значимым направлением является анализ трафика для обеспечения сетевой безопасности и надежности. Сопоставление фактических характеристик потоков — интенсивности пакетов, распределения размеров, соотношения запросов и ответов, направленности соединений и географии источников — с нормативными и прогнозными моделями позволяет выявлять аномалии, распределенные атаки на отказ в обслуживании, сканирование портов, скрытые каналы передачи данных и скрытые отказы оборудования. Эффективность таких систем зависит от минимизации ложных срабатываний в условиях естественных легитимных всплесков трафика и способности модели быстро отличать кратковременные статистические флуктуации от целенаправленного деструктивного воздействия.

Проблемы, ограничения и перспективы развития исследований

Несмотря на значительные успехи методов анализа и прогнозирования сетевого трафика, в этой области сохраняется ряд фундаментальных и прикладных проблем. Высокая стохастическая изменчивость на малых масштабах времени ограничивает точность точечных прогнозов мгновенной интенсивности трафика, поэтому все большее значение приобретает вероятностное и интервальное прогнозирование, оценивающее не только ожидаемое значение, но и доверительные интервалы или распределение возможных нагрузок.

К числу существенных ограничений относятся также проблема обобщения моделей при переносе на новые сегменты сети или топологии, высокие вычислительные затраты на обучение и сопровождение сложных нейросетевых архитектур в крупных инфраструктурах, а также требования к

конфиденциальности и защите метаданных трафика при централизованном сборе телеметрии. Перспективными направлениями развития являются федеративное и распределенное обучение моделей без выгрузки сырых данных за пределы локальных доменов, гибридные физико-информированные модели, объединяющие теоретико-вероятностные закономерности телетрафика с глубоким обучением, а также интеграция прогнозных модулей в замкнутые контуры автономного управления сетями.

Заключение

Анализ и прогнозирование сетевого трафика представляют собой ключевое направление современной сетевой науки и инженерии, обеспечивающее понимание динамики сложных информационных потоков и поддержку принятия решений при проектировании и эксплуатации сетей связи. Эволюция от простейших пуассоновских предположений к моделям самоподобного трафика, многомерным матрицам нагрузок, статистическим методам и глубоким нейронным сетям отражает возрастающую сложность и разнообразие современных цифровых сервисов.

Сочетание точных средств телеметрии, вероятностного и машинного прогнозирования, учета топологии и адаптивных механизмов управления позволяет повышать эффективность использования пропускной способности, поддерживать требуемое качество обслуживания и своевременно реагировать на аномалии. Дальнейшее развитие методов анализа и прогнозирования трафика будет определяться потребностями высокоскоростных распределенных систем, облачных инфраструктур и автономных интеллектуальных сетей.

Литература

1. Вишневский В. М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. — М.: Техносфера, 2020. — 512 с.
2. Шнепс-Шнеппе М. А. Лекции о современных системах телекоммуникаций. — М.: Горячая линия — Телеком, 2019. — 328 с.
3. Степанов С. Н. Теория телетрафика: концепции, модели, приложения. — М.: Горячая линия — Телеком, 2020. — 368 с.
4. Кучерявый А. Е. Сети связи следующего поколения. — М.: Физматлит, 2021. — 400 с.
5. Бокс Дж., Дженкинс Г., Рейнсел Г. Анализ временных рядов: прогноз и управление. — М.: ДМК Пресс, 2020. — 608 с.
6. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение. — М.: ДМК Пресс, 2020. — 652 с.
7. Столлингс В. Компьютерные сети, протоколы и технологии Интернета. — СПб.: Питер, 2020. — 832 с.
8. Park K., Willinger W. Self-Similar Network Traffic and Performance Evaluation. — New York: Wiley-Interscience, 2020. — 568 p.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-781.1/.6

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕОРИИ МУЗЫКИ: ЗВУКОВЫСОТНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ, МЕТРОРИТМ, ГАРМОНИЯ И ФОРМООБРАЗОВАНИЕ

Пайтакова Джахан
Старший преподаватель кафедры теории музыки, Туркменская национальная консерватория имени Маи Кулиевой
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ сущности, категорий, исторической эволюции и методологических оснований теории музыки как фундаментальной музыкально-теоретической дисциплины, изучающей закономерности организации музыкального материала и художественного становления музыкального произведения. В центре внимания находится исследование акустических и психоакустических предпосылок звуковосприятия, ладогармонических систем, интервалики, тонального тяготения, метроритмической пульсации и акцентуации, фактурных и тембровых ресурсов, а также принципов музыкального формообразования и драматургии. В статье подробно рассматриваются соотношение элементарной теории музыки, гармонии, полифонии и анализа музыкальных форм, эволюция темперации и звуковысотных шкал, роль интонации, мотива и тематического развития, а также взаимодействие классических аналитических моделей с современными композиторскими практиками и цифровыми методами исследования музыкального текста. На основе междисциплинарного синтеза музыковедения, акустики, психологии восприятия, семиотики и композиторской практики формулируются концептуальные подходы к целостному пониманию структуры и выразительных средств музыкального искусства.

Ключевые слова: теория музыки, звуковысотность, лад, гармония, метроритм, музыкальная форма, полифония, фактура, интонация, музыкальный анализ.

Введение: предмет, задачи и место теории музыки в системе гуманитарного и художественного знания

Теория музыки представляет собой одну из базовых дисциплин музыкознания и музыкального образования, предметом которой выступают объективные закономерности строения, функционирования и осмысления музыкального языка

в его исторической изменчивости и структурной целостности. В отличие от истории музыки, прослеживающей становление стилей, жанров, школ и творчества композиторов во времени, или исполнительских дисциплин, ориентированных на художественное воплощение звукового замысла, теория музыки исследует внутреннюю организацию самого музыкального материала — от простейших звуковых параметров и интервальных соотношений до сложных гармонических последовательностей, полифонических сплетений, метроритмических структур и масштабных композиционных форм.

Значение теории музыки определяется тем, что музыкальное искусство оперирует временными, акустическими и интонационно-смысловыми структурами, не имеющими прямого предметно-изобразительного эквивалента в видимом мире. Чтобы анализировать, исполнять, сочинять, редактировать или преподавать музыку, необходим строгий понятийный и аналитический аппарат, позволяющий описывать высоту, длительность, громкость, тембр, артикуляцию, ладовые функции, гармонические связи и пропорции целого. При этом теоретические категории не представляют собой мертвых схем или жестких предписаний: они обобщают живую композиторскую и исполнительскую практику, раскрывая механизмы создания напряжения и разрядки, ожидания и разрешения, единства и контраста во времени.

На протяжении веков теория музыки претерпевала глубокие преобразования вместе с изменением звуковых систем, инструментов, нотации, акустических представлений и эстетических идеалов. Античные учения о гармонии и ладах, средневековая мензуральная теория и учение об интервалах, становление мажоро-минорной тональной системы и функциональной гармонии, развитие полифонии строгого и свободного письма, расширение хроматики и тональных связей в романтизме и появление новых звуковысотных и ритмических техник в двадцатом и двадцать первом столетиях расширили горизонты теоретического осмысления музыки и потребовали гибкого сочетания классических и современных аналитических подходов.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ фундаментальных категорий и методологических основ теории музыки, рассмотрение звуковысотной, метроритмической, гармонической и формообразующей организации музыкального произведения, оценка взаимосвязи теоретических моделей с восприятием и композиторской практикой, а также определение перспектив развития музыкально-теоретического знания.

Звуковысотная система, лад, интервалика и темперация

Звуковысотная организация составляет один из наиболее фундаментальных пластов музыкального языка, поскольку именно отношение высот звуков во времени и по вертикали формирует мелодический контур, интервальные краски и ладовую опору. В основе восприятия высоты лежит физическая частота колебаний звучащего тела и сложные психоакустические механизмы слухового

анализа, включая октавную эквивалентность, ощущение консонанса и диссонанса, критическую полосу слуха и формирование звуковысотных шкал с определенным шагом ступеней.

В различных музыкальных культурах и исторических эпохах звуковысотный материал упорядочивается в ладовые системы, где отдельные ступени наделяются неодинаковой устойчивостью и тяготением друг к другу. В мажоро-минорной тональности центральное значение приобретает функциональная соотнесенность ступеней и аккордов — прежде всего тоники как центра покоя и устойчивости, доминанты как источника динамического тяготения к центру и субдоминанты как сферы мягкого отклонения и подготовки гармонического движения. Напряжение между неустойчивыми звуками и их разрешением в устойчивые ступени создает внутренний импульс мелодического и гармонического развития.

Практическое воплощение звуковысотных систем тесно связано с проблемами строя и темперации. Натуральный звукоряд, опирающийся на обертоновый ряд и чистые акустические интервалы, вступает в противоречие с требованиями свободной модуляции во все тональности при фиксированном числе ступеней в октаве. Переход к равномерной темперации и иным системам настройки позволил уравнять полутоновые интервалы и расширить тональную мобильность инструментов с фиксированным строем, однако вместе с тем сгладил тонкие акустические различия между отдельными тональностями и интервалами, что продолжает оставаться предметом осмысления как для теоретиков, так и для исполнителей и настройщиков.

Метроритмическая организация, пульсация и артикуляция во времени

Поскольку музыка разворачивается во времени, метроритмическая организация выступает столь же базовым фактором ее строения и выразительности, как и звуковысотность. Ритм охватывает всю совокупность длительностей звуков и пауз, их группировку, акцентировку и временные соотношения внутри мотивов, фраз и более крупных построений, тогда как метр задает упорядоченную систему регулярных опорных долей, служащую временной сеткой для восприятия движения.

Взаимодействие метра и ритма порождает богатейшую шкалу выразительных эффектов: от четкой маршевой или танцевальной мерности до синкопирования, полиритмии, гемиол, переменного размера, rubato и аметрических или свободно льющихся ритмических построений. Смещение акцентов с сильных долей на слабые, дробление или укрупнение длительностей, паузирование и изменение темпа способны радикально менять характер движения, создавать ощущение устремленности, заминки, внутреннего сопротивления или легкости.

Ритмическая и метрическая выразительность неразрывно связана с артикуляцией, штрихами и динамикой. Способ атаки звука, длительность его удержания, характер затухания, legato, staccato, marcato и динамические нюансы определяют,

насколько отчетливо воспринимаются отдельные звуки и мотивы, как складываются фразовые контуры и где проходят границы между дыханием и продолжением музыкальной мысли.

Гармония, полифония и фактурные закономерности многоголосия

Когда звуки сочетаются одновременно или образуют несколько самостоятельных голосов, на первый план выходят закономерности гармонии, полифонии и фактуры. Гармония изучает вертикальное объединение звуков в созвучия и аккорды, их строение, обращения, фонизм, диссонантность и последовательность во времени. В тональной гармонии движение аккордов опирается на функциональные связи, кадансовые обороты, отклонения и модуляции, позволяющие расширять тональный план, усиливать драматургическое развитие и возвращаться к исходному центру на новом этапе формы.

Полифония в свою очередь акцентирует горизонтальную самостоятельность и равноправие нескольких мелодических линий, вступающих в сложные ритмические, интервальные и тематические отношения. Контрапункт, имитация, канон и фуга демонстрируют возможности многоголосия, при котором каждый голос сохраняет выразительную линию и при этом согласованно участвует в формировании общей гармонической и звуковой вертикали. В реальной музыкальной ткани гармоническое и полифоническое начала редко существуют в чистом виде: чаще они взаимодействуют, дополняя или уравновешивая друг друга.

Фактура отражает общий склад и пространственно-тембровое устройство многоголосной ткани — будь то гомофонно-гармонический склад с выделенной мелодией и аккомпанементом, полифоническая ткань, аккордовый или гетерофонный склад, мелодия с сопровождением или сонорные пласты. Изменение плотности голосов, диапазонов, регистрового разведения и тембровых функций позволяет композитору управлять прозрачностью или насыщенностью звучания и подчеркивать этапы развертывания замысла.

Музыкальное формообразование, тематическое развитие и драматургия

Музыкальная форма представляет собой целостную архитектонику развертывания музыкального материала во времени, складывающуюся из взаимодействия тематизма, тонально-гармонического плана, метроритма, фактуры и тембровой динамики. В основе тематического развития лежат мотив, фраза, предложение и период, из которых вырастают более крупные построения и типовые формы — простые двух- и трехчастные формы, рондо, вариации, сонатная форма, фуга и сложные циклические композиции.

Формообразование в музыке всегда сочетает два встречных принципа: повторность и обновление. Повтор, варьирование, секвенцирование, дробление и транспозиция обеспечивают узнаваемость тематического материала, единство и

связность целого, тогда как контраст, разработка, тональное удаление и кульминационные нарастания создают внутреннюю динамику, удерживают внимание слушателя и придают движению направленность к определенным смысловым вехам.

Понимание музыкальной формы требует различать внешнюю схему и живой процесс становления. Сонатная форма или трехчастная композиция сами по себе являются лишь обобщенными структурными моделями, тогда как подлинное художественное значение обретают конкретные соотношения экспозиции и разработки, характер репризы, драматургическая функция коды, баланс между логикой развертывания и эмоциональным воздействием.

Методология анализа, восприятие и современные перспективы теории музыки

Современная теория музыки опирается на многообразие аналитических методов, позволяющих рассматривать произведение с разных сторон. Структурно-функциональный и гармонический анализ раскрывает ладовую и аккордовую логику, мотивно-тематический анализ прослеживает трансформацию интонационного материала, ритмический и фактурный анализ высвечивает организацию движения и звуковой ткани, а историко-стилистический и семиотический подходы соотносят внутренние закономерности текста с жанровыми традициями и культурным контекстом эпохи.

Важным ориентиром для теоретического анализа остается слуховой и психологический опыт восприятия музыки. Теоретическая конструкция обретает полноту смысла тогда, когда соотносится с тем, как человеческий слух сегментирует звуковой поток, удерживает в памяти мотивы и гармонии, формирует ожидания относительно дальнейшего хода событий и переживает их подтверждение, отсрочку или неожиданное отклонение.

В современных условиях теория музыки активно взаимодействует с когнитивной музыкологией, акустикой, вычислительным анализом музыкальных текстов и практикой композиции двадцать первого столетия, где наряду с тональными и модальными системами используются микрохроматика, спектральные подходы, полистилистика, электроакустические и алгоритмические средства. При этом сохранение внимания к фундаментальным закономерностям слухового восприятия, интонационной выразительности и целостности художественной формы остается важнейшим основанием дисциплины.

Заключение

Теория музыки представляет собой разветвленную и глубокую область знания, раскрывающую внутренние закономерности организации звукового материала и становления музыкального произведения. Звуковысотность, лад, интервалика, метроритм, гармония, полифония, фактура и музыкальная форма образуют

взаимосвязанную систему выразительных средств, благодаря которой разрозненные звуки обретают логику, движение и художественный смысл во времени.

Освоение теоретических основ музыки обогащает аналитическое мышление, углубляет понимание стиля и драматургии сочинений, поддерживает исполнительскую интерпретацию и композиторский поиск. Сочетание классических понятийных моделей с вниманием к слуховому восприятию и современным звуковым практикам обеспечивает жизнеспособность и актуальность теории музыки в образовании, науке и искусстве.

Литература

1. Способин И. В. Элементарная теория музыки: учебник. — М.: Кифа, 2020. — 200 с.
2. Тюлин Ю. Н. Учение о гармонии. — М.: Музыка, 2019. — 224 с.
3. Мазель Л. А. Строение музыкальных произведений: учебное пособие. — М.: Музыка, 2019. — 536 с.
4. Холопова В. Н. Формы музыкальных произведений: учебное пособие. — СПб.: Лань, 2020. — 496 с.
5. Берков В. О. Гармония: учебник. — М.: Композитор, 2019. — 336 с.
6. Протопопов В. В. История полифонии в ее важнейших явлениях: в 5 ч. — М.: Музыка, 2019. — 480 с.
7. Алдошина И. А., Приттс Р. Музыкальная акустика: учебник. — СПб.: Композитор, 2019. — 720 с.
8. Lerdahl F., Jackendoff R. A Generative Theory of Tonal Music. — Cambridge: MIT Press, 2019. — 368 p.
9. Music Theory Spectrum. — 2025. — Vol. 47, No. 1. — P. 45–68.
10. Journal of New Music Research. — 2026. — Vol. 55, No. 1. — P. 12–34.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-159.94

ЗНАЧЕНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СТАНОВЛЕНИИ ЛИЧНОСТИ И СОЦИАЛИЗАЦИИ УЧАЩИХСЯ

Мурадова Сахра
Старший преподаватель Туркменский государственный педагогический институт имени Сейитназара Сейди
г. Туркменабат, Туркменистан

Сейлиев Гадам
Студент Туркменский государственный педагогический институт имени Сейитназара Сейди
г. Туркменабат, Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ роли эмоционального интеллекта в становлении личности, развитии саморегуляции, формировании ценностно-смысловых ориентиров и успешной социализации учащихся в условиях современной образовательной среды. В центре внимания находится исследование структуры и механизмов развития эмоционального интеллекта на различных этапах школьного и юношеского возраста, взаимосвязи распознавания, понимания и регуляции эмоций с когнитивным контролем, учебной мотивацией, устойчивостью к стрессу, эмпатией и просоциальным поведением, а также влияния семейных отношений, peer-взаимодействий, цифровой коммуникации и педагогических практик на становление эмоциональной компетентности обучающихся. В статье подробно рассматриваются возрастные особенности развития эмоциональных навыков, профилактика школьной тревожности, буллинга и эмоционального выгорания, роль социально-эмоционального обучения в образовательном процессе, а также методологические вопросы диагностики и оценки эмоционального интеллекта у учащихся. На основе междисциплинарного синтеза психологии развития, педагогической психологии, социальной психологии, психофизиологии и теории воспитания формулируются концептуальные подходы к поддержке эмоционального развития и социализации учащихся.

Ключевые слова: эмоциональный интеллект, социализация учащихся, становление личности, эмоциональная саморегуляция, эмпатия, учебная мотивация, социально-эмоциональное обучение, межличностные отношения, возрастная психология, образовательная среда.

Введение: эмоциональный интеллект как фактор личностного становления и социализации в школе

Период обучения в школе и других образовательных учреждениях охватывает критически важные этапы возрастного развития, на которых формируются основы самосознания, произвольной регуляции поведения, ценностных представлений, навыков межличностного взаимодействия и социальной адаптации ребенка и подростка. В эти годы учащийся осваивает не только академические знания и учебные действия, но и сложную систему социальных норм, ролей, ожиданий и правил совместной жизни в детском и взрослом коллективах. От того, насколько успешно обучающийся умеет распознавать собственные эмоциональные состояния, понимать переживания других людей, справляться с фрустрацией и конструктивно выстраивать отношения, во многом зависят его психологическое благополучие, успешность в учебе и качество вхождения в общество.

В современной психологии и педагогике эмоциональный интеллект рассматривается как совокупность способностей и личностных характеристик, связанных с восприятием, осмыслением, использованием и регуляцией собственных эмоций и эмоций окружающих людей. Несмотря на различия между теоретическими моделями — от модели способностей, акцентирующей когнитивную обработку эмоциональной информации, до смешанных моделей, включающих самосознание, мотивацию, эмпатию и социальные навыки, — исследователи сходятся во мнении, что эмоциональная компетентность тесно переплетена с когнитивным развитием, мотивацией и социализацией личности. Эмоции не противостоят разуму как нечто хаотичное и мешающее мышлению: они выполняют сигнальную, мобилизующую, оценочную и коммуникативную функции, направляя внимание, окрашивая опыт и регулируя социальные контакты.

В то же время образовательная среда предъявляет к учащимся все более сложные требования: ускорение темпа жизни, рост информационных и учебных нагрузок, расширение цифровой и сетевой коммуникации, изменение форм семейного и группового взаимодействия повышают уязвимость части детей и подростков к тревожности, эмоциональным перегрузкам, конфликтам и трудностям адаптации. В таких условиях внимание к развитию эмоционального интеллекта становится не второстепенным дополнением к обучению, а значимым условием полноценного личностного становления и здоровой социализации учащихся.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ значения эмоционального интеллекта в становлении личности и социализации учащихся, рассмотрение возрастных и психологических механизмов эмоциональной регуляции, оценка влияния эмоционального интеллекта на учебную деятельность и социальные отношения, а также определение педагогических условий его поддержки в образовательной среде.

Возрастные закономерности развития эмоционального интеллекта и становление личности

Становление личности учащегося неразрывно связано с эволюцией его эмоционального опыта и способов совладания с внутренними и внешними противоречиями. На начальных этапах школьного обучения эмоции ребенка еще во многом ситуативны, тесно связаны с непосредственными оценками взрослых и успехом или неудачей в конкретной деятельности, а произвольный контроль над импульсами и переживаниями только формируется. Постепенное расширение словаря эмоций, умение различать оттенки состояний — обиду, тревогу, стыд, злость, радость, любопытство, смущение — закладывают фундамент для более тонкой саморегуляции и осознанного отношения к себе.

В подростковом и юношеском возрасте на фоне гормональных, нейрофизиологических и социальных изменений эмоциональная сфера приобретает особую интенсивность и противоречивость. Возрастает чувствительность к оценке сверстников, значимости статуса и принадлежности к группе, обостряются процессы поиска идентичности, автономии и собственной позиции. Именно в этот период способность распознавать причины своих эмоциональных реакций, удерживать дистанцию между импульсивным откликом и осмысленным действием, а также понимать мотивы и чувства других людей становится важным ресурсом предотвращения деструктивных форм поведения, эмоциональных срывов и затяжных внутриличностных конфликтов.

Личностное становление через развитие эмоционального интеллекта проявляется в формировании более реалистичной самооценки, способности к рефлексии и принятию ответственности за собственные поступки. Учащийся, умеющий замечать и осмысливать свои переживания, лучше понимает, какие ситуации вызывают у него напряжение или неуверенность, какие стратегии помогают восстановить равновесие и каким образом его слова и действия влияют на окружающих. Это создает основу для зрелой автономии и внутренней устойчивости личности.

Социализация учащихся, эмпатия и культура межличностного взаимодействия

Социализация представляет собой двусторонний процесс усвоения индивидом социального опыта, норм, ценностей и ролей и одновременного активного включения в социальные связи и практики. Для учащегося основными пространствами социализации выступают семья, классный и школьный коллективы, группы сверстников, кружки и секции, а также цифровое коммуникативное пространство. Эмоциональный интеллект играет в этих процессах связующую роль, помогая переводить общие социальные нормы в живые, осмысленные и гибкие формы взаимодействия с конкретными людьми.

Ключевым компонентом социальной компетентности является эмпатия — способность эмоционально откликаться на переживания другого человека и когнитивно понимать его точку зрения, не теряя при этом собственных границ. Развитая эмпатия способствует формированию доверия, дружеских связей, готовности к взаимопомощи и сотрудничеству, снижает склонность к агрессии, отчуждению и формальному равнодушию в ученическом коллективе. В сочетании с умением выражать свои чувства и потребности в уважительной и ясной форме это помогает учащимся разрешать споры путем диалога, а не подавления или конфронтации.

В условиях сложной групповой динамики, конкуренции за внимание и статус, а также распространения сетевого общения навыки распознавания эмоций и саморегуляции приобретают защитное и профилактическое значение. Они помогают учащимся противостоять давлению группы при рискованных предложениях, снижать остроту конфликтных ситуаций, замечать признаки неблагополучия у сверстников и выстраивать более безопасные и уважительные отношения как в очном взаимодействии, так и в онлайн-пространстве.

Влияние эмоционального интеллекта на учебную мотивацию и познавательную активность

Эмоциональное состояние учащегося непосредственно влияет на протекание познавательных процессов — внимания, памяти, мышления, воображения и творческого поиска. Умеренное положительное вовлечение и познавательный интерес поддерживают концентрацию и готовность к преодолению трудностей, тогда как выраженная тревога, страх ошибки, стыд за неуспех или скука могут сужать объем внимания, затруднять припоминание материала и снижать учебную инициативу.

Эмоциональный интеллект помогает учащемуся управлять этими состояниями в ходе учебной работы. Способность заметить нарастающее напряжение перед контрольной работой или публичным ответом, применить приемы успокоения и переключения внимания, переосмыслить трудное задание как решаемую задачу, а не как угрозу самооценке позволяет сохранять работоспособность и не опускать руки при первых затруднениях. Тем самым эмоциональная саморегуляция поддерживает устойчивую учебную мотивацию и формирует конструктивное отношение к ошибкам как к источнику опыта.

Кроме того, многие современные формы обучения — проектная и исследовательская деятельность, работа в малых группах, дискуссии, презентации — требуют согласования действий с товарищами, распределения ролей, учета разных мнений и совместного преодоления трудностей. Учащиеся с более развитыми эмоциональными и коммуникативными навыками легче включаются в командную работу, быстрее находят общий язык с партнерами и педагогами и получают больше возможностей для продуктивного участия в совместном познании.

Роль педагогической среды, семьи и социально-эмоционального обучения

Развитие эмоционального интеллекта у учащихся не происходит изолированно: оно формируется в системе значимых отношений и во многом зависит от эмоционального климата в семье и образовательной организации. Уважительный и поддерживающий стиль общения взрослых, готовность выслушать переживания ребенка без обесценивания и высмеивания, ясные и предсказуемые границы поведения, а также личный пример спокойной и конструктивной эмоциональной регуляции педагогов и родителей создают благоприятную основу для развития эмоциональной компетентности.

В образовательной практике все большее внимание уделяется социально-эмоциональному обучению — системной интеграции задач развития самосознания, саморегуляции, эмпатии, принятия ответственных решений и навыков взаимодействия в повседневную школьную жизнь. Это не требует превращения каждого урока в психологический тренинг, но предполагает внимание к тому, как организована групповая работа, как обсуждаются ошибки и конфликты, насколько безопасно учащийся чувствует себя при высказывании мнений и какие способы рефлексии и самоконтроля ему предлагаются.

При этом важно соблюдать меру и избегать крайностей: эмоциональный интеллект не заменяет предметных знаний, систематического труда и интеллектуальных усилий, а также не должен сводиться к постоянному подавлению естественных эмоций или искусственной «позитивности». Подлинная зрелость заключается в умении проживать разные чувства, понимать их смысл и выбирать социально приемлемые и созидательные способы действия.

Методологические вопросы оценки и перспективы исследований

Изучение эмоционального интеллекта учащихся в психологии и педагогике сопровождается рядом методологических трудностей, которые важно учитывать при интерпретации результатов исследований и диагностических процедур. Самоотчетные опросники отражают прежде всего субъективное представление учащегося о собственных эмоциональных качествах, привычках и самооценке и могут испытывать влияние социальной желательности или особенностей самовосприятия в конкретном возрасте, тогда как тесты на выполнение заданий оценивают успешность решения эмоционально окрашенных задач, но не всегда полностью передают реальное поведение в жизненных и стрессовых ситуациях.

Кроме того, проявления эмоционального интеллекта тесно связаны с культурными нормами выражения эмоций, индивидуальным темпераментом, уровнем когнитивного развития и конкретным социальным контекстом. Поэтому при работе с учащимися диагностические данные следует рассматривать как ориентир для поддержки и развития, а не как жесткий ярлык или неизменный показатель «ценности» ребенка.

Перспективы дальнейших исследований связаны с изучением долгосрочных траекторий развития эмоционального интеллекта от младшего школьного возраста до юношества, оценкой взаимосвязи эмоциональной компетентности с цифровой социализацией и благополучием обучающихся, а также разработкой научно обоснованных, культурно чутких и практически применимых программ поддержки эмоционального развития в образовательных организациях.

Заключение

Эмоциональный интеллект играет важную роль в становлении личности и социализации учащихся, обеспечивая связь между внутренними переживаниями, когнитивной регуляцией, учебной активностью и качеством социальных отношений. Умение распознавать и осмысливать эмоции, регулировать состояния в ситуациях напряжения, проявлять эмпатию и конструктивно взаимодействовать с окружающими помогает ребенку и подростку формировать устойчивую самооценку, осваивать социальные нормы и сохранять психологическое благополучие.

Поддержка развития эмоционального интеллекта в семье и образовательной среде при сочетании внимания к эмоциональным процессам с требовательностью к учебной работе и уважением к индивидуальности учащегося способствует более гармоничному личностному росту и успешной социализации. Дальнейшее осмысление этих процессов в психологии и педагогике остается значимым ресурсом повышения качества воспитания и образования.

Литература

1. Выготский Л. С. Психология развития человека. — М.: Смысл; Эксмо, 2019. — 1136 с.
2. Люсин Д. В. Современные представления об эмоциональном интеллекте // Социальный интеллект: теория, измерение, исследования. — М.: Институт психологии РАН, 2019. — С. 29–36.
3. Андреева И. Н. Азбука эмоционального интеллекта. — СПб.: БХВ-Петербург, 2020. — 288 с.
4. Божович Л. И. Проблемы формирования личности: избранные психологические труды. — М.: МПСИ; МОДЭК, 2019. — 352 с.
5. Слободчиков В. И., Исаев Е. И. Основы психологической антропологии. Психология развития человека: развитие субъективной реальности в онтогенезе. — М.: ПСТГУ, 2020. — 392 с.
6. Хухлаева О. В., Хухлаев О. Е. Психологическая поддержка и развитие эмоционального интеллекта школьников: учебное пособие. — М.: Юрайт, 2020. — 245 с.
7. Goleman D. Emotional Intelligence: Why It Can Matter More Than IQ. — New York: Bantam Books, 2020. — 384 p.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-577.32

МЕХАНИЗМЫ ДВИЖЕНИЯ БЕЛКОВ-МОТОРОВ

Власов Павел Кириллович
Аспирант кафедры биофизики биологического факультета, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
г. Москва, Россия

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ физических принципов, механохимических циклов, конформационной динамики, стохастической кинетики и регуляторных механизмов функционирования цитоскелетных белков-моторов, обеспечивающих направленный внутриклеточный транспорт, сократительную активность, организацию веретена деления и ремоделирование цитоскелета. В центре внимания находится исследование молекулярных машин трех основных надсемейств — миозинов, кинезинов и динеинов — на полярных филаментах цитоскелета (актиновых микрофиламентах и микротрубочках), сопряжение гидролиза аденозинтрифосфата с направленными конформационными перестройками, моделирование движения в терминах броуновских храповиков и силовых ударов, а также процессивность, координация доменов и кооперативное поведение ансамблей моторов. В статье подробно рассматриваются структурные особенности моторных доменов и шейных шарниров, влияние внешних нагрузок и вязкой среды, роль адаптеров и регуляторных белков, а также современные экспериментальные методы одномолекулярной биофизики и вычислительного моделирования. На основе междисциплинарного синтеза молекулярной биофизики, структурной биологии, неравновесной статистической физики и клеточной биологии формулируются концептуальные представления о механизмах преобразования химической энергии в направленную механическую работу на нанометровом масштабе.

Ключевые слова: белки-моторы, молекулярные моторы, миозин, кинезин, динеин, гидролиз АТФ, механохимический цикл, броуновский храповик, цитоскелет, одномолекулярная биофизика.

Введение: направленное движение в условиях теплового шума клетки

Внутриклеточное пространство представляет собой высокоплотную, вязкую и динамически организованную среду, насыщенную макромолекулами, органеллами, мембранными компартментами и ионами, где пассивная диффузия

крупных грузов — везикул, митохондрий, рибонуклеопротеиновых комплексов или хромосом — оказывается слишком медленной и ненаправленной для обеспечения пространственно-временной точности физиологических процессов в протяженных клетках, таких как нейроны или кардиомиоциты. Более того, на нанометровом масштабе динамика макромолекул протекает при малых числах Рейнольдса и в условиях непрерывных тепловых флуктуаций окружающей среды, способных многократно превышать среднюю энергию направленного смещения на одном шаге.

Для преодоления стохастической неопределенности диффузии и осуществления целенаправленного механического перемещения, генерации силы и создания натяжения эукариотические клетки используют специализированные белки-моторы — ферменты-трансдукторы, преобразующие свободную энергию химических реакций, прежде всего гидролиза аденозинтрифосфата, в направленную механическую работу и конформационные изменения. Взаимодействуя с полярными полимерными треками цитоскелета — актиновыми филаментами и микротрубочками, обладающими структурной и электрической полярностью за счет направленной укладки субъединиц, — белки-моторы способны двигаться строго в определенном направлении вдоль филамента или генерировать относительное скольжение нитей.

Понимание принципов работы белков-моторов имеет фундаментальное значение для биофизики и клеточной биологии, поскольку нарушения их активности, мутации в моторных доменах или сбои регуляции транспорта лежат в основе ряда нейродегенеративных, сердечно-сосудистых, мышечных и онкологических заболеваний. Одновременно изучение этих природных наномашин служит источником идей для создания синтетических молекулярных моторов, биогибридных наноустройств и активных материалов.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ физических и структурно-кинетических механизмов движения белков-моторов, сопоставление основных классов цитоскелетных моторов и теоретических моделей механохимического сопряжения, рассмотрение координации многодоменных и коллективных систем, а также оценка современных методов исследования молекулярных моторов.

Структурная организация и механохимические циклы основных надсемейств

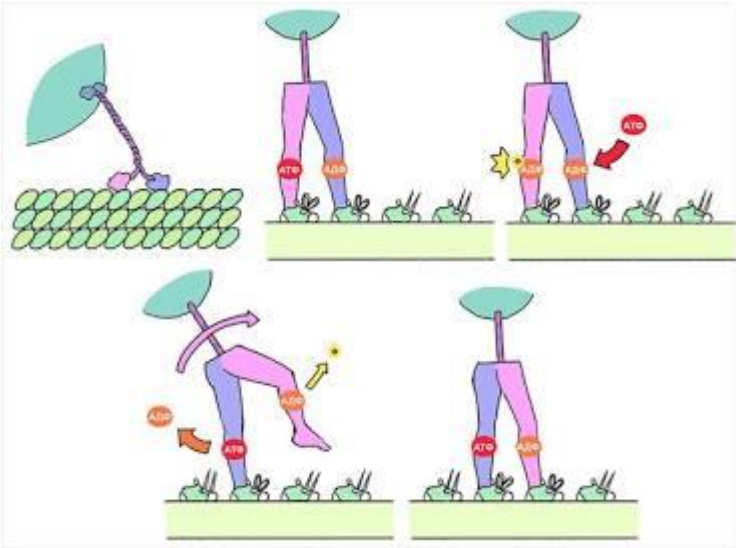
Цитоскелетные белки-моторы подразделяются на три крупных надсемейства — миозины, перемещающиеся преимущественно по актиновым микрофиламентам, а также кинезины и динеины, использующие в качестве треков микротрубочки. Несмотря на различия в пространственной укладке, размерах и полярности движения, большинство этих белков объединяет общий принцип: нуклеотидсвязывающий карман моторного домена аллостерически связан как с сайтом связывания с цитоскелетным филаментом, так и с механическим

усилительным элементом, передающим конформационный сдвиг на остальную часть молекулы или прикрепленный груз.

В классическом механохимическом цикле связывание молекулы аденозинтрифосфата, ее гидролиз до аденозиндифосфата и неорганического фосфата, а также последовательное высвобождение продуктов реакции изменяют сродство моторного домена к треку и индуцируют структурные перестройки в активном центре. Эти локальные изменения распространяются на прилегающие субдомены и шейный элемент, переводя мотор между состояниями сильного и слабого связывания с филаментом и обеспечивая продвижение вдоль полярной решетки без соскальзывания назад.

У миозинов, играющих ключевую роль в мышечном сокращении, цитокинезе, формировании клеточных адгезий и транспорте грузов, поворот рычажного плеча — шейного домена, стабилизированного легкими цепями — согласуется с последовательным отщеплением неорганического фосфата и аденозиндифосфата, что создает рабочий ход и перемещает актиновый филамент или груз. У кинезинов, значительная часть которых обеспечивает транспорт к плюс-концу микротрубочек, связывание нуклеотида инициирует стыковку короткого шарнирного участка — шейного линкера — к моторному домену, направляя соседний домен вперед к следующему сайту связывания на микротрубочке.

Динеины представляют собой наиболее крупные и сложные по строению цитоскелетные моторы, обеспечивающие главным образом ретроградный транспорт к минус-концу микротрубочек, позиционирование органелл и динамику веретена деления. Их моторный домен организован в виде кольца из шести AAA-подобных модулей, а взаимодействие с микротрубочкой осуществляется через вытянутый антипараллельный стебель с глобулярным связывающим концом, тогда как генерация силы связана с перемещением механического стержня-линкера при изменении нуклеотидного состояния основного гидролизирующего модуля.



Шаговый механизм движения белка-мотора. Источник: «Биомолекула».

Физические модели движения: силовой удар и броуновский храповик

С точки зрения биофизики и неравновесной термодинамики движение белка-мотора представляет собой направленный транспорт в диссипативной среде, поддерживаемый постоянным притоком химической энергии и отводом тепла в окружающий раствор. В литературе традиционно выделяют два концептуальных описания этого процесса — модель силового удара и модель броуновского храповика, — которые на практике часто дополняют друг друга и отражают различные аспекты единой энергетической поверхности белково-филаментного комплекса.

В представлении о силовом ударе высвобождение свободной энергии при связывании нуклеотида, гидролизе или отщеплении продукта напрямую переводит белок в конформацию с более низкой свободной энергией, сопровождающуюся направленным механическим сдвигом и генерацией силы даже против внешнего сопротивления. В таких системах значительная часть работы совершается за счет детерминированного или квазидетерминированного конформационного перехода между двумя устойчивыми состояниями, разделенными энергетическим барьером.

В модели броуновского храповика ключевую роль играют тепловые флуктуации: белок совершает случайные диффузионные колебания в асимметричном периодическом потенциале, создаваемом полярным филаментом, а химические переходы между нуклеотидными состояниями изменяют форму этого потенциала или переключают его между двумя профилями. За счет асимметрии барьеров и необратимости химического цикла тепловые смещения в одном направлении закрепляются с большей вероятностью, чем в обратном, превращая хаотическое броуновское движение в поступательное перемещение.

Соотношение вклада тепловых флуктуаций и прямого конформационного усилия зависит от конкретного типа мотора, амплитуды приложенной нагрузки, вязкости среды и длины шага. Исследования с помощью оптических пинцетов и магнитных ловушек показывают, что многие моторы способны совершать не только прямые шаги заданной длины, но и редкие обратные шаги под действием возрастающей внешней нагрузки, а отношение вероятностей прямых и обратных шагов подчиняется термодинамическим соотношениям флуктуаций.

Координация доменов, процессивность и регуляция транспорта

Важной функциональной характеристикой белков-моторов является процессивность — способность молекулы или комплекса совершать десятки или сотни последовательных шагов вдоль филамента без полной диссоциации от него. Для обеспечения высокой процессивности димерные или многодоменные моторы должны координировать химические и механические циклы своих «головок»,

чтобы оба домена не переходили одновременно в состояние слабого связывания с треком, что привело бы к отрыву мотора и потере груза.

В шаговых моторах, перемещающихся по принципу поочередного переступания, механическое натяжение между связанными головками служит одним из ключевых механизмов внутримолекулярной координации. Натяжение способно задерживать связывание нуклеотида или его гидролиз в задней головке до тех пор, пока передняя головка не закрепится на следующем сайте связывания, тем самым согласуя последовательность событий и снижая вероятность преждевременного отсоединения.

В живой клетке активность белков-моторов строго регулируется на множестве уровней. Многие моторы в отсутствие груза находятся в аутоингибированной конформации, при которой их моторные домены или шарнирные участки функционально заблокированы, что предотвращает бесполезный расход АТФ и хаотическое блуждание по цитоскелету. Присоединение груза через специфические адаптерные белки, посттрансляционные модификации тубулина или актина, изменение плотности ассоциированных с цитоскелетом белков, а также локальные концентрации ионов и нуклеотидов изменяют скорость, процессивность и направление движения.

Кроме того, к одному грузу — везикуле, органелле или макромолекулярному комплексу — часто прикреплены несколько моторов одного или разных типов, включая моторы с противоположной направленностью движения. В таких многомоторных системах возникают сложные режимы взаимодействия: кооперативное увеличение тянущей силы и дальности пробега, конкуренция моторов противоположной полярности, «перетягивание каната», быстрое переключение направлений или согласованная активация, определяющие итоговую траекторию и скорость доставки груза в нужный компартмент клетки.

Методы исследования и перспективы изучения белков-моторов

Прогресс в понимании механизмов движения белков-моторов во многом обусловлен развитием экспериментальных методов одномолекулярной биофизики и структурной биологии. Оптические пинцеты и флуоресцентная микроскопия сверхвысокого разрешения позволяют отслеживать смещения отдельных молекул с нанометровой и миллисекундной точностью, измерять пиконьютоновые силы, строить зависимости скорости и вероятности отрыва от приложенной нагрузки и визуализировать поочередное переступание отдельных доменов в реальном времени.

Криоэлектронная микроскопия высокого разрешения, рентгеновская кристаллография и методы ядерного магнитного резонанса позволяют фиксировать белки-моторы и их комплексы с актином или микротрубочками в различных нуклеотидных и конформационных состояниях, восстанавливая атомные детали механохимического сопряжения. В сочетании с молекулярно-

динамическим моделированием, методами расчета свободной энергии и кинетическим моделированием эти структурные данные помогают прослеживать пути аллостерической передачи сигнала от нуклеотидного кармана к сайтам связывания с треком и механическим элементам.

Перспективы дальнейших исследований связаны с переходом от изучения изолированных молекул на очищенных филаментах к исследованию работы белков-моторов в условиях, приближенных к нативным: на модифицированных и ветвящихся сетях цитоскелета, в присутствии регуляторных белков, при совместном действии нескольких моторов и в живых клетках. Эти знания открывают возможности для более глубокого понимания патогенеза заболеваний транспорта и создания управляемых молекулярных систем для нанотехнологий и синтетической биологии.

Заключение

Механизмы движения белков-моторов представляют собой совершенный пример наноразмерного механохимического преобразования энергии, позволяющего живым клеткам осуществлять направленный транспорт, создавать механические усилия и перестраивать цитоскелет в условиях интенсивного теплового шума. Согласованное взаимодействие нуклеотидного цикла, аллостерических конформационных изменений, асимметрии трека и стохастических флуктуаций обеспечивает высокую точность и надежность работы миозинов, кинезинов и динеинов.

Дальнейшее развитие одномолекулярных методов, структурного анализа и многомасштабного моделирования углубляет понимание того, как локальные химические реакции в активном центре трансформируются в макроскопически значимые клеточные процессы, а также расширяет прикладные горизонты молекулярной биофизики и наноинженерии.

Литература

1. Твердислов В. А., Тихонов А. Н. Молекулярная биофизика. — М.: Изд-во МГУ, 2020. — 416 с.
2. Рубин А. Б. Биофизика: в 2 т. — М.: Изд-во МГУ, 2020. — 448 с.
3. Антонов В. Ф., Черныш А. М., Пасечник В. И. и др. Биофизика: учебник для вузов. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. — 456 с.
4. Албертс Б., Джонсон А., Льюис Дж. и др. Молекулярная биология клетки: в 3 т. — М.: Ижевский институт компьютерных исследований, 2019. — 1728 с.
5. Фрайфелдер Д. Физическая биохимия. — М.: Мир, 2019. — 584 с.
6. Козлов М. М., Маркин В. С. Физика биологических мембран и транспорта. — М.: Физматлит, 2020. — 360 с.
7. Howard J. Mechanics of Motor Proteins and the Cytoskeleton. — Sunderland: Sinauer Associates, 2019. — 367 p.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-81'373

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕРМИНОЛОГИИ

Мурадова Сахра
Старший преподаватель Туркменский государственный педагогический институт имени Сейитназара Сейди
г. Туркменабат, Туркменистан

Нобатова Дурсун
Студент Туркменский государственный педагогический институт имени Сейитназара Сейди
г. Туркменабат, Туркменистан

Нобатова Дунья
Студент Туркменский государственный педагогический институт имени Сейитназара Сейди
г. Туркменабат, Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ сущности, закономерностей становления, методологических трудностей и методических путей развития национальной психологической терминологии в условиях активной интернационализации психологического знания, цифровой трансформации научной коммуникации и углубления междисциплинарных связей. В центре внимания находится исследование соотношения понятийного аппарата и терминологической системы, размывания границ между научными понятиями, бытовыми концептами и популярными психологическими метафорами, проблем перевода и адаптации зарубежных терминов, полисемии, синонимии и неологизации в языке психологии, а также роли терминологической культуры в подготовке специалистов и формировании научного дискурса. В статье подробно рассматриваются принципы терминообразования и дефинирования, критерии согласованности и точности терминов, особенности отраслевой дифференциации терминологии между фундаментальной и прикладной психологией, а также место терминологических словарей, тезаурусов и образовательных стандартов в упорядочении профессионального языка. На основе междисциплинарного синтеза психологии, терминоведения, психолингвистики, философии науки и методики высшего образования формулируются концептуальные подходы к системному развитию национальной психологической терминологии.

Ключевые слова: психологическая терминология, национальная терминология, терминоведение, понятийный аппарат, научный дискурс, перевод терминов, дефиниция, полисемия, прикладная психология, языковая культура.

Введение: значение терминологической системы для становления и развития психологии

Терминологическая система любой научной дисциплины представляет собой один из ключевых инструментов организации научного знания, фиксации результатов эмпирических и теоретических исследований, обеспечения преемственности между поколениями исследователей и формирования единого профессионального пространства. В психологии значение терминологии приобретает особый характер в силу сложности, многомерности и труднодоступности для прямого внешнего наблюдения самого предмета изучения — психических процессов, состояний, свойств, механизмов регуляции, деятельности, сознания, личности и межличностного взаимодействия. Точность, непротиворечивость и прозрачность психологических терминов во многом определяют строгость теоретических построений, корректность экспериментальных методик, надежность психодиагностических процедур и качество практической помощи.

Развитие национальной психологической терминологии в современных условиях происходит на фоне интенсивного обмена научными идеями, перевода зарубежных монографий, статей и психодиагностических инструментов, расширения междисциплинарных исследований и проникновения психологической лексики в массовую культуру, медиа и повседневную речь. С одной стороны, открытость международному научному дискурсу обогащает национальный язык науки новыми понятиями, операционализациями и моделями; с другой стороны, некритическое заимствование, буквальный калькирующий перевод или смешение строгих научных категорий с обиходными и популярными значениями способны приводить к понятийной размытости и терминологической неоднозначности.

Особую остроту приобретают научно-методические проблемы развития терминологии в образовательной и практической сферах. Студентам, преподавателям, исследователям и психологам-практикам приходится ориентироваться в множестве школ, направлений и подходов, где один и тот же термин может трактоваться по-разному в зависимости от теоретической традиции, а различные термины могут обозначать близкие или пересекающиеся явления. Без целенаправленной методологической и методической работы над терминологией затрудняется как научная полемика, так и передача систематизированного знания в высшей школе.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ научно-методических проблем развития национальной психологической терминологии, рассмотрение факторов терминологической неоднозначности и сложностей адаптации понятий, оценка методических подходов к упорядочению и преподаванию терминологии, а также определение направлений ее устойчивого развития.

Соотношение понятия и термина и источники терминологической неоднозначности

В основе терминологических исследований лежит различение научного понятия как формы отражения существенных признаков, связей и отношений объекта и термина как языкового знака, закрепленного за этим понятием в рамках определенной научной системы. В идеальном случае термин стремится к однозначности, системной соотнесенности с другими единицами понятийного поля и независимости от эмоционально-оценочных коннотаций бытовой речи. Однако в психологии достижение такой жесткой однозначности сталкивается с рядом объективных и субъективных факторов, связанных со спецификой самого психологического знания.

Одним из наиболее распространенных источников неоднозначности выступает полисемия и парадигматическая многозначность терминов при переходе из одной теоретической ориентации в другую. Понятия, связанные с мотивацией, установкой, саморегуляцией, идентичностью, стрессом, совладающим поведением, когнитивным контролем или эмоциональным интеллектом, могут получать различное теоретическое наполнение и различную операционализацию в зависимости от того, рассматриваются ли они в русле когнитивной психологии, психологии личности, культурно-деятельностного подхода, клинической психологии или организационного анализа.

Не менее значимой проблемой является размывание границы между научным термином и словом общеупотребительного языка. Многие слова, используемые в психологии, имеют давнюю историю в бытовой речи или философии, поэтому при их употреблении легко возникает подмена строгого научного значения интуитивным житейским смыслом. Обратный процесс наблюдается при популяризации психологии, когда научные термины упрощаются, метафоризируются и начинают использоваться в широкой коммуникации вне исходных методологических рамок, что со временем затрудняет их точное научное употребление.

Проблемы заимствования, перевода и национальной языковой адаптации терминов

Интенсивный приток зарубежной научной литературы и международных исследований ставит перед национальной психологической терминологией сложные задачи перевода и адаптации иноязычных понятий. Механическое

калькирование или буквальный перевод иностранных терминов без учета грамматических, словообразовательных и семантических закономерностей родного языка нередко порождает громоздкие, неестественные или двусмысленные конструкции, плохо согласующиеся с устоявшейся национальной терминологической традицией.

В то же время чрезмерно вольный перевод или стремление придумать искусственный неологизм там, где в родном языке уже существуют точные и укорененные понятия, способно нарушить преемственность научного знания и создать искусственный барьер между отечественной традицией и международными исследованиями. Когда разные авторы по-разному переводят один и тот же зарубежный термин, возникает множественность вариантов, осложняющая поиск литературы, сопоставление результатов и унификацию учебных и диагностических материалов.

Грамотная адаптация термина требует учитывать не только языковые нормы, но и концептуальный контекст, в котором понятие возникло, степень его эмпирической обоснованности и его соотношение с уже существующими категориями национальной психологической школы. Важно сохранять преемственность с фундаментальными понятиями отечественной науки и при этом обеспечивать понятность и сопоставимость при международном научном общении.

Отраслевая дифференциация и разрыв между теорией и практикой

Современная психология представляет собой разветвленную систему фундаментальных и прикладных отраслей — от общей, социальной, возрастной и педагогической психологии до клинической, юридической, спортивной, организационной и экономической психологии. Каждая отрасль формирует собственный пласт специальной лексики, отражающий специфику объектов, задач, методов исследования и практических интервенций, что приводит к закономерной дифференциации терминологии.

Наряду с позитивной специализацией в развитии терминологии проявляется риск чрезмерной фрагментации и терминологического обособления отдельных направлений. Когда разные прикладные области или консультативные школы вводят собственные обозначения для сходных феноменов без соотнесения с базовыми общепсихологическими категориями, усложняется интеграция знаний и снижается единая методологическая основа дисциплины.

Особого внимания требует соотношение академической терминологии и языка практической работы. В прикладной психологии и психологическом консультировании специалист должен уметь опираться на строгие научные понятия при диагностике, планировании работы и оценке результатов, но при этом уметь ясно и корректно доносить смысл происходящего до клиента, педагога, руководителя или заказчика без псевдонаучного жаргона и подмены

понятий. Подмена строгих научных терминов расплывчатыми клише снижает профессиональную ответственность и затрудняет научную проверку эффективности применяемых подходов.

Методические проблемы преподавания и усвоения терминологии в вузе

В высшем психологическом образовании освоение терминологии часто сводится к формальному заучиванию определений из словарей или конспектов без глубокого раскрытия логики возникновения понятия, его связи с другими категориями, эмпирических референтов и границ применимости. В результате студенты могут воспроизводить заученные формулировки на экзамене, но испытывать затруднения при анализе реальных кейсов, сопоставлении различных теорий или формулировании собственных исследовательских гипотез.

Методически оправданным подходом является включение работы с терминологией непосредственно в процесс теоретического анализа, чтения первоисточников, обсуждения экспериментальных данных и выполнения курсовых и выпускных работ. Обучающимся важно понимать, почему появился тот или иной термин, какую проблему он помогает описать, в чем состоит разница между смежными понятиями и какими методами соответствующий конструкт измеряется или изучается.

Существенную помощь в этом способны оказывать систематизированные понятийные словари, тематические тезаурусы, сопоставительные таблицы понятий разных школ и практикумы по критическому анализу научных текстов. При этом учебно-методические материалы должны регулярно обновляться с учетом развития самой науки, избегая как устаревших догм, так и некритичного тиражирования нечетких формулировок.

Стандартизация, лексикографическая работа и перспективы развития терминологии

Упорядочение национальной психологической терминологии невозможно без последовательной лексикографической и терминоведческой работы, объединяющей усилия психологов, лингвистов, методологов и специалистов смежных наук. Создание и актуализация авторитетных терминологических словарей, справочников и электронных баз понятий с указанием области применения, историко-теоретического контекста и соответствий в основных иностранных языках позволяют повышать прозрачность и согласованность профессионального языка.

Вместе с тем упорядочение терминологии не должно превращаться в административный запрет на развитие новых понятий или принудительную унификацию там, где сама наука находится в состоянии активного поиска и дискуссии. Живая наука нуждается в появлении новых терминов для описания новых явлений — например, в цифровой среде, нейронауках или

междисциплинарных областях — при условии, что введение нового термина научно обосновано, четко определено и не дублирует без необходимости уже существующие точные понятия.

Перспективы развития национальной психологической терминологии связаны с повышением терминологической культуры исследователей и преподавателей, бережным отношением к богатству и точности родного языка науки, критическим осмыслением переводов и заимствований, а также развитием цифровых инструментов навигации по понятийному аппарату психологии. Такой подход способствует укреплению научной строгости, взаимопонимания и преемственности внутри психологического сообщества.

Заключение

Развитие национальной психологической терминологии представляет собой сложную научно-методическую задачу, находящуюся на пересечении психологии, терминоведения, психолингвистики и методики высшего образования. Точность, согласованность и содержательная ясность терминов во многом определяют качество теоретического анализа, эмпирических исследований, прикладной практики и подготовки кадров в психологии.

Преодоление терминологической неоднозначности, проблем некорректного перевода, разрыва между теорией и практикой и формального заучивания определений требует системной работы над понятийным аппаратом, бережного развития родного языка науки и критического отношения к заимствованиям. Целенаправленное совершенствование национальной психологической терминологии является важным условием зрелости и устойчивого развития отечественной психологической науки.

Литература

1. Зинченко В. П., Моргунов Е. Б. Человек развивающийся: очерки российской психологии. — М.: Тривола, 2019. — 333 с.
2. Лейчик В. М. Терминоведение: предмет, методы, структура. — М.: URSS, 2019. — 264 с.
3. Юревич А. В. Методология и социология психологии. — М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2019. — 272 с.
4. Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии. — СПб.: Питер, 2020. — 713 с.
5. Леонтьев А. Н. Деятельность. Сознание. Личность. — М.: Смысл, 2020. — 352 с.
6. Ушакова Т. Н. Рождение слова: проблемы психологии речи и психолингвистики. — М.: Институт психологии РАН, 2019. — 524 с.
7. Kazdin A. E. Research Design in Clinical Psychology. — Harlow: Pearson Education, 2020. — 576 p.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-616.39

ПРОФИЛАКТИКА МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА

Аллабердыева Алтын Баллыевна
Преподаватель Ашгабадского медицинского училища имени Индиры Ганди
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ патогенетических предпосылок, факторов риска, первичных и вторичных профилактических стратегий, поведенческих и средовых детерминант, а также популяционных и клинико-организационных подходов к профилактике метаболического синдрома в современных условиях. В центре внимания находится исследование кластеризации кардиометаболических нарушений, включая абдоминальное ожирение, инсулинорезистентность, дислипидемию, нарушения углеводного обмена и артериальную гипертензию, роли хронического низкоуровневого воспаления, адипокиновой дисрегуляции, циркадных ритмов, сна и психоэмоционального стресса, а также влияния пищевых паттернов, физической активности и урбанизированной среды на формирование метаболического риска. В статье подробно рассматриваются принципы рационального питания и энергетического баланса, аэробные и силовые нагрузки, гигиена сна и управление стрессом, скрининг и ранняя стратификация риска, мотивационные и поведенческие технологии устойчивого изменения образа жизни, а также ограничения и методологические вопросы оценки эффективности профилактических программ. На основе междисциплинарного синтеза профилактической медицины, эндокринологии, кардиологии, нутрициологии, физиологии физических упражнений и эпидемиологии формулируются концептуальные подходы к предупреждению метаболического синдрома на индивидуальном и популяционном уровнях.

Ключевые слова: метаболический синдром, профилактика, инсулинорезистентность, абдоминальное ожирение, дислипидемия, артериальная гипертензия, образ жизни, физическая активность, рациональное питание, кардиометаболический риск.

Введение: актуальность профилактики метаболического синдрома в современной медицине

Метаболический синдром представляет собой совокупность взаимосвязанных метаболических, гемодинамических и гормональных нарушений, которая существенно повышает вероятность развития сердечно-сосудистых заболеваний

атеросклеротического генеза, сахарного диабета второго типа, неалкогольной жировой болезни печени, синдрома обструктивного апноэ сна и ряда других хронических неинфекционных состояний. Его клиническое и эпидемиологическое значение определяется не только ростом распространенности отдельных компонентов — висцерального ожирения, нарушений толерантности к глюкозе или гликемии натощак, повышения уровня триглицеридов, снижения холестерина липопротеинов высокой плотности и повышения артериального давления, — но и их синергетическим взаимным усилением при совместном присутствии.

Формирование метаболического синдрома редко происходит одномоментно: оно развивается постепенно на протяжении многих лет под влиянием сложного переплетения наследственной предрасположенности, внутриутробных и ранних постнатальных факторов, возрастных изменений состава тела, особенностей питания, гиподинамии, дефицита или нарушения сна, хронического психоэмоционального стресса и средовых воздействий. Избыточное накопление висцеральной жировой ткани, сопровождающееся изменением секреторного профиля адипоцитов, инфильтрацией жировой ткани иммунными клетками, повышением потока свободных жирных кислот и формированием инсулинорезистентности в скелетных мышцах, печени и жировой ткани, создает порочный круг нарушений углеводного, липидного обмена и сосудистой регуляции.

В связи с этим профилактика метаболического синдрома приобретает стратегический характер как на уровне отдельного человека, так и на уровне систем здравоохранения и общественной политики. Предупреждение развития выраженных метаболических и сосудистых расстройств на ранних стадиях или до появления клинически значимых нарушений оказывается гораздо более эффективным и ресурсосберегающим, чем лечение уже сформировавшихся осложнений, требующее пожизненной многокомпонентной терапии и сопряженное со снижением качества и продолжительности жизни.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ направлений, механизмов и условий профилактики метаболического синдрома, рассмотрение роли модификации образа жизни, сна и стрессоустойчивости, оценка раннего выявления факторов риска и популяционных мер, а также определение перспектив повышения устойчивости профилактических стратегий.

Патогенетические предпосылки, факторы риска и ранняя стратификация

Понимание того, как выстраивать профилактику метаболического синдрома, опирается на представление о его многофакторной природе и взаимосвязи между отдельными звеньями патогенеза. Наследственные особенности регуляции аппетита, энергетического обмена, распределения жировой ткани и чувствительности к инсулину задают индивидуальный порог уязвимости, однако

решающую роль в манифестации нарушений играют средовые и поведенческие факторы, действующие в повседневной жизни. Продолжительное преобладание энергетической ценности рациона над энергозатратами, обилие высококалорийных ультрапереработанных продуктов, сахаросодержащих напитков и насыщенных или трансжиров в сочетании с низкой двигательной активностью способствуют накоплению висцерального и эктопического жира.

Важным звеном формирования кардиометаболического неблагополучия выступает нарушение чувствительности тканей к инсулину и компенсаторная гиперинсулинемия, которые затрагивают метаболизм глюкозы, липидный обмен в печени, активность симпатической нервной системы, реабсорбцию натрия в почках и функцию сосудистого эндотелия. Со временем это создает предпосылки для повышения артериального давления, гипертриглицеридемии, снижения защитных фракций липопротеинов и нарушения углеводного гомеостаза еще до того, как заболевание перейдет в развернутую клиническую форму.

Своевременная профилактика требует внимания к ранним маркерам риска и регулярной оценки антропометрических и базовых метаболических показателей — окружности талии, индекса массы тела, артериального давления, показателей липидного и углеводного обмена — с учетом возраста, семейного анамнеза, гестационных факторов и сопутствующих состояний. Выявление пограничных отклонений позволяет своевременно вмешаться на этапе обратимых функциональных изменений, когда коррекция привычек и образа жизни способна затормозить или предотвратить дальнейшее прогрессирование нарушений.

Питание, энергетический баланс и нутритивные стратегии профилактики

Рационализация питания занимает одно из центральных мест в профилактике метаболического синдрома, поскольку пищевой режим непосредственно определяет энергетический баланс, гликемическую и липидную нагрузку, состав микробиоты кишечника и выраженность метаболического воспаления. В основе профилактических нутритивных подходов лежит формирование устойчивого, сбалансированного и разнообразного рациона, обеспечивающего соответствие поступления энергии реальным энергозатратам организма и достаточное потребление пищевых волокон, растительных продуктов, полноценных белков, ненасыщенных жирных кислот и микронутриентов.

Снижение избытка простых сахаров, сладких напитков, рафинированных углеводов и избыточных насыщенных жиров при увеличении доли овощей, бобовых, цельнозерновых продуктов, орехов, семян, рыбы и источников качественного белка способствует более плавному постпрандиальному ответу, улучшению липидного профиля и повышению чувства насыщения. Важную роль играет также упорядочивание пищевого поведения: отказ от регулярного переедания в вечерние часы, учет осознанности при приеме пищи, ограничение привычки «заедать» стресс или скуку и формирование реалистичного, гибкого

режима питания, который человек способен соблюдать годами, а не в виде кратковременных жестких диет.

При этом универсальный «идеальный» рацион для всех людей не сводится к единственной жесткой схеме: эффективность нутритивной профилактики повышается при учете культурных традиций, доступности продуктов, индивидуальной переносимости, уровня физической активности и исходных метаболических особенностей. Главным критерием успешности выступает не кратковременная потеря веса за счет жестких ограничений, а устойчивое улучшение состава тела, метаболических показателей и качества пищевых привычек в долгосрочной перспективе.

Физическая активность, мышечный метаболизм и двигательная культура

Регулярная физическая активность представляет собой мощный физиологический инструмент профилактики метаболического синдрома, воздействующий сразу на несколько ключевых звеньев его развития. Сокращение скелетных мышц стимулирует инсулинонезависимый и инсулинозависимый захват глюкозы мышечной тканью, повышает чувствительность к инсулину, улучшает окисление жирных кислот, стимулирует митохондриальный биогенез, способствует снижению висцерального ожирения, нормализации артериального давления, улучшению эндотелиальной функции и повышению кардиореспираторной выносливости.

Наиболее выраженный профилактический эффект достигается при сочетании регулярных аэробных нагрузок умеренной или высокой интенсивности — таких как быстрая ходьба, плавание, езда на велосипеде, бег или лыжные прогулки — с силовыми или сопротивленческими упражнениями, направленными на поддержание и развитие мышечной массы. Скелетная мускулатура служит одним из главных потребителей глюкозы и субстратов энергетического обмена в организме, поэтому сохранение ее функциональной массы и метаболической активности имеет важное значение на протяжении всей жизни, включая средний и старший возраст.

Не менее значимым фактором является сокращение продолжительного непрерывного сидения и повышение повседневной двигательной активности в течение дня. Короткие двигательные паузы при сидячей работе, пешие перемещения и включение доступной физической активности в повседневный распорядок помогают противодействовать метаболическим последствиям длительной гиподинамии даже у тех, кто только начинает выстраивать регулярный тренировочный график.

Сон, циркадные ритмы, психоэмоциональный стресс и поведенческая устойчивость

Профилактика метаболического синдрома не может ограничиваться только едой и тренировками, поскольку регуляция аппетита, чувствительность к инсулину, тонус сосудов и гормональный фон тесно связаны с продолжительностью и качеством сна, циркадными ритмами и уровнем хронического стресса. Систематический недосып, сдвиг фаз сна и бодрствования, работа в ночные смены и нарушения сна способны изменять баланс гормонов голода и насыщения, усиливать тягу к высококалорийной пище, повышать уровень кортизола и симпатическую активность, ухудшать толерантность к глюкозе и способствовать накоплению висцерального жира.

Хронический психоэмоциональный стресс также оказывает многостороннее влияние на метаболический профиль через нейроэндокринные механизмы и через поведенческие реакции: снижение мотивации к физической активности, выбор более калорийной и сладкой пищи, нарушение сна и откладывание заботы о здоровье. Включение в профилактические стратегии гигиены сна, соблюдения регулярного режима дня, навыков эмоциональной саморегуляции, физической разрядки и формирования поддерживающего социального окружения помогает снизить фоновую нагрузку на регуляторные системы организма.

Особое внимание в профилактической практике уделяется поведенческой устойчивости и психологии изменения привычек. Резкие, всеобъемлющие запреты и нереалистичные требования нередко приводят к срывам и чувству вины, тогда как поэтапное внедрение небольших измеримых изменений, работа с триггерами переедания и малоподвижности, отслеживание прогресса и адаптация планов к жизненным обстоятельствам повышают вероятность удержания достигнутых результатов в долговременной перспективе.

Популяционные, средовые и организационные аспекты профилактики

Индивидуальные усилия человека по профилактике метаболического синдрома во многом облегчаются или, напротив, затрудняются окружающей социальной, экономической и физической средой. Доступность здоровых продуктов, ценовая политика и маркировка пищевой продукции, наличие безопасных пешеходных маршрутов, парков, велосипедных дорожек и спортивной инфраструктуры, организация рабочих мест с возможностью двигательной активности, культура питания в образовательных и трудовых коллективах и медицинская грамотность населения формируют тот фон, на котором разворачивается повседневный выбор.

На уровне здравоохранения и профилактических программ важную роль играют информирование населения без стигматизации, обучение медицинских работников навыкам эффективного профилактического консультирования, ранний скрининг групп повышенного риска и преемственность между первичной профилактикой и углубленным наблюдением при выявлении начальных

метаболических нарушений. Сочетание индивидуального сопровождения с благоприятными средовыми решениями позволяет перевести профилактику из разряда кратковременных кампаний в устойчивую норму повседневной жизни.

Вместе с тем при оценке профилактических стратегий важно сохранять научную трезвость и избегать упрощений. Ни один отдельный продукт, биологически активная добавка, модный режим питания или разовый комплекс упражнений не способны гарантировать защиту от метаболического синдрома при сохранении хронического энергетического избытка, выраженной гиподинамии, тяжелого дефицита сна и неконтролируемых факторов риска. Реальная эффективность профилактики опирается на системность, длительность и соответствие вмешательств конкретным условиям жизни человека.

Заключение

Профилактика метаболического синдрома представляет собой комплексный, многоуровневый и длительный процесс, направленный на предупреждение формирования взаимосвязанных нарушений углеводного и липидного обмена, висцерального ожирения и артериальной гипертензии до развития тяжелых кардиометаболических осложнений. Ее основу составляют сбалансированное питание и контроль энергетического баланса, регулярная аэробная и силовая физическая активность, снижение длительной малоподвижности, полноценный сон и управление хроническим стрессом.

Устойчивость профилактических результатов обеспечивается поэтапным формированием реалистичных привычек, ранним выявлением факторов риска, поддержкой со стороны семьи, рабочего и образовательного окружения, а также развитием профилактической среды и системы здравоохранения. Системный и научно обоснованный подход к профилактике метаболического синдрома позволяет сохранять метаболическое здоровье, функциональную активность и качество жизни на протяжении многих лет.

Литература

1. Дедов И. И., Мельниченко Г. А., Шестакова М. В. Эндокринология: национальное руководство. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. — 1112 с.
2. Драпкина О. М., Самородская И. В., Старинская М. А. Ожирение и метаболический синдром: современные подходы к профилактике и ведению. — М.: Силицея-Полиграф, 2020. — 256 с.
3. Мартынов А. И., Арутюнов Г. П. Кардиометаболические нарушения: патогенез, профилактика и клинические аспекты. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. — 320 с.
4. Тутельян В. А., Никитюк Д. Б. Нутрициология и клиническая диетология: национальное руководство. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. — 656 с.
5. Солодков А. С., Сологуб Е. Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: учебник. — М.: Спорт, 2020. — 624 с.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-004.94

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТИПОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ УСТРОЙСТВ

Калинин Даниил Евгеньевич
Аспирант кафедры физики полупроводников и криоэлектроники, Томский государственный университет
г. Томск, Россия

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ физических принципов, материаловедческих решений, архитектурных особенностей, методов численного моделирования и перспектив разработки новых типов полупроводниковых устройств для современной микроэлектроники, силовой электроники, фотоники и квантовых вычислений. В центре внимания находится исследование законов масштабирования планарных и трехмерных транзисторных структур, перехода от планарных полевых транзисторов к многозатворным и объемным архитектурам с нанолистами и нанопроволоками, применения широкозонных и сверхширокозонных полупроводников, двумерных кристаллов и гетероструктур, а также принципов работы нейроморфных элементов памяти, спинтронных и оптоэлектронных преобразователей. В статье подробно рассматриваются вопросы квантово-механического туннелирования, короткоканальных эффектов, теплоотвода в наноразмерных областях, атомно-слоевого осаждения и литографии, а также многомасштабного моделирования переноса носителей заряда. На основе междисциплинарного синтеза физики конденсированного состояния, квантовой механики, материаловедения полупроводников и вычислительной физики формулируются концептуальные подходы к созданию энергоэффективных и высокопроизводительных полупроводниковых приборов нового поколения.

Ключевые слова: полупроводниковые устройства, широкозонные полупроводники, многозатворные транзисторы, двумерные материалы, нейроморфная электроника, спинтроника, фотоника, гетероструктуры, наноэлектроника, моделирование приборов.

Введение: пределы классического масштабирования и новые парадигмы полупроводниковой техники

Развитие полупроводниковой электроники на протяжении нескольких десятилетий определялось неуклонным уменьшением геометрических размеров элементов интегральных схем, ростом степени интеграции, повышением

быстродействия и снижением удельной стоимости вычислений в расчете на один транзистор. Однако по мере приближения топологических норм к нанометровым масштабам классический подход к масштабированию полевых транзисторов столкнулся с рядом фундаментальных физических, технологических и энергетических ограничений. При сокращении длины канала до единиц и десятков нанометров усиливаются короткоканальные эффекты, возрастают токи утечки через подзатворный диэлектрик и сток-исток за счет квантово-механического туннелирования, усложняется контроль электростатического потенциала затвором и возрастает плотность тепловыделения на единице площади кристалла.

Одновременно с вызовами в области логических и запоминающих микросхем высокочастотная связь, силовая энергетика, электротранспорт, оптоэлектроника, сенсорика и перспективные вычислительные архитектуры предъявляют к полупроводниковым приборам требования, выходящие за рамки возможностей традиционного кремния. Работа при высоких напряжениях, повышенных температурах и больших частотах коммутации требует материалов с широкой запрещенной зоной, высокой электрической прочностью и высокой подвижностью носителей заряда, а задачи энергоэффективной обработки больших объемов данных и реализации квантовых или нейроморфных вычислений стимулируют поиск новых физических механизмов переключения, хранения состояния и взаимодействия света с веществом.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ направлений разработки новых типов полупроводниковых устройств, исследование физических и материаловедческих основ перехода к перспективным архитектурам и материалам, рассмотрение ключевых технологических и тепловых ограничений, а также оценка перспектив применения новых полупроводниковых приборов в электронике, энергетике и информационных системах.

Трехмерные транзисторные архитектуры и альтернативные механизмы переключения

Для сохранения электростатического контроля затвора над каналом при сверхмалых длинах затвора полупроводниковая индустрия осуществила переход от планарных полевых транзисторов к трехмерным архитектурам, в которых затвор охватывает проводящий канал с нескольких сторон. На смену планарным структурам пришли плавниковые транзисторы с трехсторонним затвором, а затем — транзисторы с полным охватом затвором, реализуемые в виде горизонтально расположенных нанолистов или нанопроволок, а также вертикальных структур. Охват канала со всех сторон позволяет эффективнее управлять потенциальным барьером между истоком и стоком, снижать подпороговые токи утечки и уменьшать напряжение питания без критической потери быстродействия.

Помимо совершенствования геометрии полевых транзисторов исследуются приборы с альтернативными физическими механизмами управления током, позволяющие преодолеть термоионный предел крутизны подпороговой характеристики, составляющий около шестидесяти милливольт на декаду тока при комнатной температуре для классических диффузионно-дрейфовых транзисторов. К таким направлениям относятся туннельные полевые транзисторы, в которых управление током осуществляется за счет модуляции квантово-механического межзонного туннелирования носителей заряда, а также приборы с отрицательной емкостью затвора, использующие сегнетоэлектрические слои для локального усиления напряжения на поверхности канала.

Практическая реализация подобных структур требует прецизионного контроля толщины слоев на уровне отдельных атомных плоскостей, минимизации шероховатости границ раздела и подавления паразитных емкостей и сопротивлений контактов. При уменьшении поперечного сечения канала до нанометровых размеров возрастает влияние квантового ограничения движения носителей, изменяются эффективные массы и зонная структура, а рассеяние на границах и примесях становится одним из главных факторов, ограничивающих подвижность и баллистическую проводимость.

Широкозонные, сверхширокозонные и низкоразмерные полупроводниковые материалы

Существенное расширение функциональных возможностей полупроводниковых устройств достигается за счет использования новых полупроводниковых материалов, обладающих иными значениями ширины запрещенной зоны, подвижности носителей заряда, теплопроводности и пробивного электрического поля по сравнению с кремнием. Широкозонные полупроводники, такие как карбид кремния и нитрид галлия, характеризуются высоким критическим электрическим полем пробоя, что позволяет создавать силовые ключи, диоды и транзисторы на более высокие рабочие напряжения при меньшей толщине дрейфовой области, меньшем сопротивлении во включенном состоянии и более высоких частотах переключения. Это снижает коммутационные и проводящие потери в преобразователях энергии, зарядных устройствах, системах электропривода и высокочастотных усилителях.

Сверхширокозонные полупроводники, включая оксид галлия, нитрид алюминия и алмаз, открывают перспективы для еще более высоких рабочих напряжений, работы при экстремальных температурах и применения в мощной силовой электронике, ультрафиолетовой оптоэлектронике и радиационно-стойких приборах. Однако их практическое освоение сопряжено с рядом сложных проблем, среди которых анизотропия свойств, сложности легирования обоих типов проводимости, невысокая теплопроводность некоторых оксидных кристаллов, требующая разработки эффективных теплоотводящих подложек и

гетероинтеграции, а также трудности получения монокристаллических подложек большого диаметра с низкой плотностью дефектов.

Параллельно активно исследуются низкоразмерные материалы — двумерные кристаллы, такие как графен, дихалькогениды переходных металлов и черный фосфор, а также ван-дер-ваальсовы гетероструктуры, собираемые из различных двумерных слоев без жесткого требования согласования параметров кристаллических решеток. Отсутствие оборванных связей на поверхности двумерных слоев позволяет формировать атомарно резкие границы раздела и создавать сверхтонкие каналы, перспективные для гибкой электроники, высокочувствительных датчиков и масштабируемых логических элементов, хотя их широкое внедрение сдерживается проблемами воспроизводимого синтеза больших однородных пленок, формирования низкоомных контактов и защиты от влияния окружающей среды.

Энергонезависимая память, нейроморфные элементы и спинтронные структуры

Традиционное разделение вычислительных и запоминающих блоков в архитектуре вычислительных систем порождает существенные задержки и энергетические затраты при перемещении данных между памятью и процессором. В ответ на это разрабатываются новые типы энергонезависимых запоминающих элементов и устройств, способных совмещать хранение информации и аналоговую или импульсную обработку сигналов непосредственно в ячейке памяти. К таким элементам относятся резистивная память на основе обратимого изменения сопротивления оксидных или халькогенидных слоев, фазовая память, использующая обратимые фазовые переходы между аморфным и кристаллическим состояниями, а также магниторезистивная память на магнитных туннельных переходах.

В нейроморфных вычислительных системах подобные элементы применяются в качестве электронных синапсов и нейронных элементов, обеспечивая постепенную или пороговую модуляцию проводимости и параллельную матрично-векторную обработку данных с низким энергопотреблением. Важным направлением является также спинтроника, в которой наряду с зарядом электрона используется его спин и спиновый ток, что позволяет создавать энергонезависимые магнитные запоминающие элементы, спин-орбитальные логические преобразователи и генераторы высокочастотных колебаний, устойчивые к радиационным воздействиям и обладающие высокой циклической долговечностью.

Разработка этих устройств требует глубокого понимания микроскопических механизмов переключения — движения вакансий и проводящих нитей, кристаллизации и аморфизации, спинового переноса момента и спин-орбитального взаимодействия — а также обеспечения воспроизводимости

параметров между миллиардами ячеек на кристалле и стабильности состояния во времени и при изменении температуры.

Оптоэлектроника, фотоника и методы численного моделирования приборов

Новые полупроводниковые материалы и гетероструктуры находят широкое применение в оптоэлектронике и кремниевой фотонике, где задачи генерации, модуляции, маршрутизации и детектирования оптических сигналов решаются на уровне интегральных чипов. Использование прямозонных полупроводников, квантовых ям, квантовых точек и гетероинтеграция материалов групп третьего и пятого столбцов периодической системы на кремниевых или фотонных платформах позволяют создавать компактные источники излучения, высокоскоростные электрооптические модуляторы и чувствительные фотодетекторы для оптических межсоединений, систем связи, лидаров и биомедицинской диагностики.

Проектирование новых полупроводниковых устройств на ранних стадиях невозможно без развитых методов численного моделирования, охватывающих различные пространственные и временные масштабы. На макро- и мезоуровне применяются дрейфово-диффузионные и гидродинамические модели переноса носителей заряда в сочетании с уравнениями Пуассона и теплопроводности, позволяющие оценивать вольт-амперные характеристики, емкости, быстродействие и тепловые поля приборов. При переходе к нанометровым размерам и квантовым эффектам востребованы методы неравновесных функций Грина, кинетические уравнения Больцмана, моделирование методом Монте-Карло и первопринципные расчеты электронной структуры из теории функционала плотности.

Согласование результатов моделирования с экспериментальными характеристиками тестовых структур и применение методов машинного обучения для анализа параметров приборов и оптимизации топологии позволяют сокращать циклы разработки и выявлять наиболее перспективные конструктивно-технологические решения до запуска дорогостоящих серийных производственных процессов.

Заключение

Разработка новых типов полупроводниковых устройств представляет собой многоплановое и динамично развивающееся направление современной науки и инженерии, обусловленное физическими и энергетическими ограничениями классического масштабирования и усложнением прикладных задач электроники, энергетики и связи. Переход к трехмерным транзисторным архитектурам, освоение широкозонных и сверхширокозонных материалов, исследование низкоразмерных структур, энергонезависимой памяти, спинтроники и интегральной фотоники расширяют возможности полупроводниковых приборов по быстродействию, напряжению, температуре и энергоэффективности.

Успешное создание и внедрение таких устройств опирается на тесное взаимодействие фундаментальной физики твердого тела, материаловедения, нанотехнологий, теплового проектирования и численного моделирования. Последовательное решение технологических задач воспроизводимости, надежности и масштабирования определяет дальнейший прогресс полупроводниковой техники и ее роль в развитии современных высокотехнологичных систем.

Литература

1. Зи С. Физика полупроводниковых приборов: в 2 кн. — М.: Мир, 2020. — 456 с.
2. Шалимова К. В. Физика полупроводников. — СПб.: Лань, 2020. — 400 с.
3. Афанасьев В. А., Степанов Н. П. Основы наноэлектроники и полупроводниковых гетероструктур. — М.: Физматлит, 2021. — 352 с.
4. Попов В. И., Сорокин Д. А. Широкозонные полупроводники в силовой и высокочастотной электронике. — М.: Техносфера, 2020. — 312 с.
5. Бондаренко Г. Г., Кабанов В. Ф. Материаловедение полупроводников и диэлектриков. — М.: Высшая школа, 2019. — 384 с.
6. Лундстрем М. Основы переноса носителей заряда в наноразмерных полупроводниках. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2020. — 428 с.
7. Datta S. Quantum Transport: Atom to Transistor. — Cambridge: Cambridge University Press, 2020. — 404 p.
8. Colinge J.-P., Colinge C. A. Physics of Semiconductor Devices. — New York: Springer, 2020. — 470 p.
9. IEEE Transactions on Electron Devices. — 2025. — Vol. 72, No. 5. — P. 2140–2165.
10. Nature Electronics. — 2026. — Vol. 9, No. 2. — P. 95–112.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ И АГРОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДИНАМИКИ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗА И СЕРЫ В ОРОШАЕМЫХ ПОЧВАХ

Бабаниязов Бабанияз
специалист научно-исследовательского отдела, Туркменский государственный педагогический институт имени Сейитназара Сейди
г. Туркменабат, Туркменистан

Аннотация

В статье на основе современных достижений аграрной и химической науки рассматриваются физико-химические закономерности и агрономическая оценка динамики соединений железа и серы в орошаемых почвах аридных и полуаридных зон, с особым акцентом на условия Туркменистана. Проведен детальный термодинамический и стехиометрический анализ реакций образования и последующего окисления пирита (FeS_2) в гидроморфных почвах. Описаны механизмы микробного восстановления сульфатов, формирования нестехиометрического сульфида железа и его трансформации в дисульфид. Автор детально анализирует экологические и агрономические последствия окисления пирита при изменении гидрологического режима (осушении и аэрации), включая экстремальное подкисление почвенного раствора (pH < 4), активизацию токсичных форм подвижного алюминия (Al^{3+}), ретроградацию фосфатов и ухудшение водно-физических свойств почвы. Предложены рекомендации по непрерывному мониторингу почвенной среды и своевременному проведению химической мелиорации в целях повышения плодородия почв.

Ключевые слова: орошаемые почвы, соединения железа и серы, пирит, окислительно-восстановительный потенциал, сульфатредуцирующие бактерии, агрономия, мелиорация.

1. Введение

В стратегии социально-экономического развития современного Туркменистана особое внимание уделяется устойчивому развитию агропромышленного комплекса, рациональному использованию земельно-водных ресурсов и внедрению передовых достижений естественных наук в агрономическую практику [1, с. 45]. Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью теоретического обоснования и прогнозирования физико-химического поведения соединений серы и железа в гидроморфных почвах аридной зоны, где процессы оглеения, сульфатредукции и вторичного подкисления оказывают существенное влияние на плодородие почв [2, с. 78].

Целью работы является анализ термодинамических закономерностей трансформации соединений железа и серы и оценка их влияния на агроэкологическое состояние почвенного покрова.

2. Материалы и методы исследования

Методологическую основу исследования составили положения физической химии почв, термодинамического анализа равновесных гетерогенных систем, а также стехиометрического моделирования окислительно-восстановительных реакций [3, с. 34]. В работе использованы методы системного анализа, математического описания кинетики микробного восстановления сульфатов и трансформации соединений железа в анаэробных и аэробных условиях [4, с. 156]. Информационной базой послужили данные многолетнего мониторинга почвенного покрова орошаемых зон аридных территорий, а также результаты классических экспериментальных исследований отечественных и зарубежных почвоведов и агрохимиков [5, с. 45].

3. Результаты и обсуждение

Почва представляет собой сложную полидисперсную гетерогенную систему, находящуюся в динамическом развитии, которая включает твердую, жидкую и газообразную фазы и характеризуется непрерывно взаимосвязанными физико-химическими, биохимическими и химическими процессами [6, с. 89]. Почвенный покров определяет уровень продуктивности агроценозов и устойчивость биосферы. В условиях интенсивного земледелия и мелиорации в засушливых и полузасушливых климатических зонах (в том числе в зонах орошаемого земледелия Туркменистана) важное значение имеет термодинамический и кинетический анализ реакций, протекающих в почвенных растворах [2, с. 92].

Основная группа таких химических реакций происходит в результате протекания необратимых процессов, сопровождающихся формированием труднорастворимых фаз (осадков), выделением газообразных продуктов либо изменением окислительно-восстановительного потенциала (Eh) и водородного показателя (pH) [3, с. 115]. В гидроморфных почвах и мелиорируемых массивах одним из классических примеров является цикл сернистых соединений, в частности образование и окисление пирита [4, с. 210].

3.1. Биогеохимическое образование пирита в анаэробных условиях

Образование сульфида железа (FeS_2) в почвах происходит в условиях избыточного содержания органических веществ и сульфатов (в аллювиальных почвах речных пойм, рисовых чеках, болотах, засоленных прибрежных зонах) при участии анаэробных восстановителей, отрицательных значениях окислительно-восстановительного потенциала (Eh < 0 мВ) и нейтральной или слабощелочной среде (pH ≈ 6.5 - 8) [5, с. 140].

В анаэробных условиях в реакции окисления органического вещества (в качестве модели используется углеводный эквивалент CH_2O) сульфатредуцирующие

бактерии (например, Desulfovibrio) используют сульфат-ион в качестве акцептора электронов. Строго уравненная реакция восстановления сульфатов имеет вид:

$$SO_4^{-2} + 2CH_2O + 2H^+ \xrightarrow{\text{Микроорганизмы}} H_2S + 2CO_2 \uparrow + 2H_2O$$

Параллельно протекает реакция восстановления нерастворимых оксидов и гидроксидов железа (III) до растворимых форм двухвалентного железа:

$$4FeOOH + CH_2O + 8H^+ \rightarrow 4Fe^{2+} + CO_2 \uparrow + 7H_2O$$

Взаимодействие образовавшихся ионов Fe^{2+} и сероводорода приводит к формированию осадка моносульфида железа:

$$Fe^{2+} + H_2S \rightarrow FeS \downarrow + 2H^+$$

На завершающем этапе моносульфид железа реагирует с элементарной серой или полисульфидами, образуя термодинамически более устойчивый дисульфид железа — пирит (FeS_2):

$$FeS + S^0 \rightarrow FeS_2 \downarrow$$

Интегральное (итоговое) стехиометрическое уравнение образования пирита, учитывающее стехиометрию вовлечения сульфатов и органического вещества, выглядит следующим образом:

$$2Fe^{2+} + 4SO_4^{-2} + 7CH_2O + 4H^+ \rightarrow 2FeS_2 \downarrow + 7CO_2 \uparrow + 9H_2O$$

3.2. Окисление пирита и трансформация сернокислотных систем при аэрации

При изменении гидрологического режима почвы (осушение, проведение мелиоративных работ, глубокая вспашка) под действием кислорода воздуха окислительно-восстановительный потенциал резко возрастает (Eh > +400 мВ). Процесс протекает с выделением тепла и образованием сильной минеральной кислоты [6, с. 145].

На первом этапе кислород воздуха окисляет сульфидную серу пирита до сульфатов, высвобождая ионы Fe^{2+} и протоны водорода. Точно сбалансированное уравнение данной реакции:

$$2FeS_2 + 7O_2 + 2H_2O \rightarrow 2Fe^{2+} + 4SO_4^{-2} + 4H^+$$

В кислых средах при падении значений pH ниже 4 дальнейшее окисление двухвалентного железа до трехвалентного катализируется специфическими хемолитоавтотрофными бактериями Acidithiobacillus ferrooxidans:

$$2Fe^{2+} + O_2 + 4H^+ \xrightarrow{\text{A.ferrooxidans}} 2Fe^{3+} + 2H_2O$$

Образовавшийся высокоактивный ион Fe^{3+} выступает в роли мощного окислителя, атакуя оставшуюся твердую фазу пирита в почвенном профиле:

$$FeS_2 + 14Fe^{3+} + 8H_2O \rightarrow 15Fe^{2+} + 2SO_4^{-2} + 16H^+$$

Далее ионы трехвалентного железа гидролизуются в водной среде с образованием труднорастворимых гидроксидов и основных сульфатов железа, в частности ярозита $KFe_3(SO_4)_2(OH)_6$):

$$Fe^{3+} + 3H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 \downarrow + 3H^+$$

$$3Fe^{3+} + K^+ + 2SO_4^{-2} + 6H_2O \rightarrow KFe_3(SO_4)_2(OH)_6 + 6H^+$$

3.3. Агрономические и экологические последствия окисления пирита

Масштабное образование серной кислоты (H_2SO_4) в почвенном растворе при неконтролируемом окислении пирита вызывает серьезные негативные экологические и агрономические последствия [3, с. 180]:

Экстремальное подкисление почв (Cat clays): Резкое падение показателей pH почвенного раствора до критических значений 2.5 - 3.5 полностью подавляет полезную почвенную микрофлору. Большинство сельскохозяйственных культур (хлопчатник, зерновые, кормовые) в таких условиях погибают.

Токсичность алюминия и тяжелых металлов: В условиях экстремально кисой среды (pH < 4) происходит разрушение почвенных алюмосиликатников, вследствие чего токсичные ионы трехвалентного алюминия (Al^{3+}) и марганца переходят в подвижную жидкую фазу, вызывая глубокий токсикоз корневой системы растений.

Ретроградация фосфатов: Избыток свободных ионов (Al^{3+}) и Fe^{3+} прочно связывает вносимые фосфорные удобрения в труднорастворимые соединения (например, фосфат железа), которые становятся абсолютно недоступными для питания культурных растений:

$$Fe^{3+} + H_2PO_4^- + 2H_2O \rightarrow FePO_4 \cdot 2H_2O \downarrow + 2H^+$$

Ухудшение водно-физических свойств почвы: Избыток сульфат-ионов разрушает почвенный гумус, вызывая цементацию профиля, резкое ухудшение водно-воздушного и теплового режимов.

Необходимость химической мелиорации: Для нейтрализации образующейся серной кислоты требуются научно обоснованные затраты на внесение мелиорантов (карбонатов кальция):

$$H_2SO_4 + CaCO_3 + H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O + CO_2 \uparrow$$

Заключение

Физико-химические закономерности формирования и динамики соединений железа и серы, в частности пирита (FeS_2), оказывают определяющее влияние на агроэкологическое состояние орошаемых почв [1, с. 250]. На основе проведенного детального термодинамического и стехиометрического анализа установлено:

1. Образование пирита строго привязано к анаэробным гидроморфным условиям (Eh < 0) и активной жизнедеятельности сульфатредуцирующих бактерий.

2. Неконтролируемое осушение и аэрация почв запускают каскад реакций окисления пирита с выделением серной кислоты (H_2SO_4) при участии Acidithiobacillus ferrooxidans.

3. Глубокое подкисление почвенной среды (pH < 4) активирует мобильный токсичный алюминий (Al^{3+}), угнетающий развитие корневых систем агрокультур.

4. Химическое связывание фосфатов в труднорастворимые осадки $FePO_4 \cdot 2H_2O$ резко снижает агрономическую эффективность фосфорных удобрений.

5. Для орошаемых и гидроморфных почв Туркменистана необходим постоянный агрохимический мониторинг и своевременное проведение эффективных мелиоративных мероприятий в целях поддержания стабильного плодородия и устойчивого развития агропромышленного комплекса.

Список литературы

1. Розанов Б. Г. Морфология почв. - М.: Академический Проект, 2004.- 432с.
2. Kowalow R.w. Türkmenistanyň topraklary we olary meliorirlemegiň ýollary.- Aşgabat:Ylym, 2015.
3. Sähetmyradow O., Orazow A. Toprakşynaslyk we agrohimiýa.-Aşgabat: Magtymguly adyndaky Türkmen döwlet uniwersiteti, 2018.
4. Sparks D. L. Environmental Soil Chemistry. 2nd edition. - San Diego: Academic Press, 2003. - 352 p.
5. Ponnamperuma F. N. The Chemistry of Submerged Soils // Advances in Agronomy, 1972, Vol. 24, pp. 29-96.
6. Bigham J. M., Nordstrom D. K. Iron and Aluminum Hydroxysulfates from Acid Sulfate Waters // Reviews in Mineralogy and Geochemistry, 2000, Vol. 40, pp. 351–403.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-81'27

HISTORICAL EVOLUTION, STRUCTURAL DYNAMICS, AND GLOBAL FUNCTIONS OF THE ENGLISH LANGUAGE

Tekayeva Aynagozel
Lecturer of Oguz han Engineering and Technology University of Turkmenistan
Ashgabat, Turkmenistan

Abstract

This comprehensive fundamental research study provides an extensive, detailed, thorough, and multifaceted scholarly analysis of the historical development, grammatical and lexical evolution, sociolinguistic stratification, global diffusion, and pedagogical dynamics of the English language in contemporary multilingual and digital contexts. The research examines the transition from Old English through Middle and Early Modern English to Present-Day English, the interplay of Germanic foundations with Scandinavian, French, Latin, and Greek influences, morphological simplification and analytical syntactic alignment, phonological divergence across regional standards, the emergence of World Englishes and English as a lingua franca, and the impact of digital media, scientific publishing, and intercultural communication on lexical innovation and normativity. The article further explores issues of language variation, prestige and identity, corpus and sociolinguistic research methodologies, and curriculum design for learners of English across diverse linguistic backgrounds. Grounded in an interdisciplinary synthesis of historical linguistics, sociolinguistics, syntax, lexicology, and language pedagogy, the study formulates conceptual frameworks for understanding the contemporary trajectory of the English language.

Keywords: English language, historical linguistics, language contact, syntax and morphology, World Englishes, lingua franca, sociolinguistics, lexical innovation, language variation, applied linguistics.

Introduction: the dual character of the English language in historical and global perspective

The English language occupies a distinctive position in human linguistic history, combining deep West Germanic roots with centuries of intensive language contact, structural restructuring, regional diversification, and unprecedented global reach. What began as a cluster of related Germanic dialects spoken by migratory groups settling in Britain after the Roman withdrawal gradually transformed into a national literary and administrative medium, an international colonial and commercial vehicle, and ultimately a primary instrument of cross-border communication in science, technology, aviation, diplomacy, higher education, and digital culture.

This trajectory makes English an exceptionally informative subject for investigating how internal structural tendencies interact with external historical, social, and technological forces.

A central feature of English is the tension between its long-standing historical continuity and its remarkable adaptability to new communicative environments. On the one hand, core grammatical categories, basic kinship and body vocabulary, fundamental numerals, and high-frequency verbs preserve recognizable links to its Germanic ancestry, while orthographic conventions often retain traces of earlier pronunciations and etymological traditions. On the other hand, centuries of contact with Old Norse, Norman and Central French, Classical Latin, Ancient Greek, and numerous indigenous and contact languages worldwide have reshaped its lexicon, idiomatic phrasing, register distinctions, and stylistic stratification.

In contemporary scholarship, studying English requires looking beyond monolithic or purely prescriptive assumptions. While codified standard varieties continue to play vital roles in formal writing, publishing, legal drafting, and educational assessment, millions of speakers across inner, outer, and expanding circle contexts use English in varied regional, institutional, and intercultural settings. Understanding how norms are maintained, negotiated, and adapted across speech communities is essential for linguists, educators, translators, and researchers alike.

The aim of this study is to provide a systematic scholarly analysis of the historical evolution, structural dynamics, and global functions of the English language, examining phonological, morphological, syntactic, and lexical developments alongside sociolinguistic variation, global communication roles, and pedagogical implications.

Historical evolution and the consequences of intensive language contact

The history of English is conventionally divided into Old English, Middle English, Early Modern English, and Modern or Present-Day English, each marked by significant shifts in grammar, pronunciation, vocabulary, and written culture. Old English was a synthetic language with a richer inflectional system for nouns, adjectives, pronouns, and verbs, grammatical gender, and greater flexibility in word order, though word order patterns already showed emerging tendencies toward subject–verb and subject–verb–object arrangements in main clauses. Its lexicon was predominantly Germanic, supplemented by early borrowings from Latin, particularly following Christianization and engagement with continental ecclesiastical and scholarly traditions.

The transition to Middle English following the Norman Conquest of 1066 coincided with profound political, administrative, and social realignment in England. French became the language of royal administration, law, aristocracy, and prestige literature for an extended period, while English persisted primarily in spoken and local written domains before re-emerging as a dominant national written medium.

During this period, inflectional endings eroded substantially due to phonological reduction in unstressed syllables, accelerating a structural shift toward fixed word order, prepositional constructions, and periphrastic verb forms to express grammatical relations that had previously been marked by case or inflection.

Contact with Old Norse in the Danelaw further enriched everyday English with core vocabulary, pronominal forms, and lexical doublets alongside native Germanic terms, while French and later Latin and Greek introduced extensive lexical strata across governance, law, religion, medicine, philosophy, and science. This layering created characteristic stylistic registers in Modern English, where Germanic words often carry directness or everyday familiarity while French or Latinate equivalents frequently convey more formal, abstract, or technical nuances.

Structural dynamics: phonology, morphology, syntax, and the lexicon

Structurally, Present-Day English exhibits a striking combination of analytical grammar and complex phonological and lexical behavior. Because many inflectional endings have disappeared, grammatical roles in English rely heavily on constituent order, auxiliary verbs, modal verbs, prepositions, and particles. Declarative clauses typically follow a subject–verb–object pattern, while questions, negations, and emphatic constructions frequently rely on do-support, auxiliary inversion, and specific syntactic constraints on movement and clause structure.

In phonology and orthography, English is renowned for the gap between spelling and pronunciation across varieties and historical periods. Sound changes such as the Great Vowel Shift altered long vowel qualities in Early Modern English after spelling conventions had begun to stabilize under the influence of early printing and standardization, while regional accents continue to diverge in rhoticity, vowel mergers and splits, intonation contours, and consonant realizations. Consequently, learners and analysts must distinguish carefully between orthographic representation and spoken realization across dialects.

Lexically, English demonstrates high productivity through affixation, compounding, conversion or zero-derivation, blending, clipping, acronymy, and borrowing. A single root or base can often function across multiple word classes with minimal or no formal change, enabling rapid coinage and semantic extension in technical fields, workplace discourse, and digital communication. At the same time, phrasal verbs, idioms, collocations, and prepositional patterns introduce substantial semantic opacity and idiomaticity that cannot always be deduced from individual words alone.

Sociolinguistic variation, standard norms, and global functions

Far from being uniform, English encompasses a vast spectrum of regional dialects, social sociolects, stylistic registers, and national and international varieties. Historically, prestige norms in Britain and North America shaped reference models for dictionaries, grammar descriptions, and educational curricula, yet everyday speech in every region

displays systematic patterns of variation correlated with geography, socioeconomic background, age, ethnicity, and communicative situation. Variation is not random error; rather, it reflects structured linguistic systems governed by social meaning and community norms.

Over the past century, the global spread of English has transformed its functional landscape. In post-colonial and multilingual societies where English serves as an institutionalized second language in government, courts, media, and higher education, distinct nativized varieties have developed with their own lexical items, discourse conventions, and grammatical preferences. Beyond these settings, English operates extensively as a global lingua franca in international business, diplomacy, academic publishing, air traffic control, and online interaction among speakers whose first languages are not English.

This global expansion raises important theoretical and practical questions regarding intelligibility, ownership, and normativity. Effective international communication often prioritizes mutual intelligibility, pragmatic adaptability, and clarity over strict adherence to a single native-speaker accent, while formal academic and professional genres still require careful attention to register, precision, and disciplinary conventions.

Digital media, lexical innovation, and methodological approaches

Digital communication technologies have accelerated how English is written, shared, negotiated, and studied. Messaging platforms, social media, collaborative online spaces, and global streaming and gaming environments foster rapid lexical innovation, multimodal expression, hybrid written–spoken registers, and cross-linguistic borrowing. Abbreviations, emojis, hashtags, discourse markers, and creative orthographic play coexist alongside formal academic and legal prose, illustrating how medium and audience shape linguistic choices.

At the same time, digital texts and large electronic corpora have transformed linguistic research methodology. Corpus linguistics enables researchers to examine authentic usage patterns, collocations, frequency distributions, grammatical change in real time, and register differences across massive collections of spoken and written data rather than relying solely on intuition or isolated examples. Combined with sociolinguistic interviews, experimental psycholinguistics, discourse analysis, and historical philology, corpus methods allow scholars to trace both micro-level usage and macro-level language change with greater empirical rigor.

Methodological care remains essential when interpreting digital or corpus evidence, however. Online samples may overrepresent specific demographics, genres, or platforms, and frequency alone does not determine stylistic appropriateness in formal writing or specialized domains. Balanced analysis therefore pairs quantitative distribution with qualitative contextual interpretation.

Pedagogical implications and future directions in English studies

The structural and sociolinguistic complexity of English carries significant implications for language teaching, curriculum design, and teacher education. Because English combines an analytical syntactic architecture with deep orthographic opacity, a stratified Germanic–Romance–Classical lexicon, extensive idiomaticity, and wide regional and functional variation, pedagogical frameworks cannot treat the language as a static inventory of isolated rules. Effective instruction moves beyond isolated grammar rules or decontextualized vocabulary lists to develop learners' grammatical accuracy, phonological awareness, pragmatic competence, reading comprehension across genres, and strategic adaptability in diverse communicative settings. Exposure to varied authentic texts, attention to collocation and register, and explicit awareness of differences between formal writing and informal speech help learners navigate real-world language use with greater confidence.

In curriculum design and classroom methodology, integrating structural insight with communicative purpose enables learners to grasp how grammatical and lexical choices function in actual discourse. Rather than memorizing abstract tense paradigms or single-word translations in isolation, students benefit from examining how aspect, modality, information structure, prepositional phrasing, and lexical register operate across academic articles, professional correspondence, journalistic reporting, and spontaneous spoken interaction. Equally important is phonological instruction that prioritizes rhythm, stress placement, connected speech, and intelligibility across accents over the unattainable or unnecessary imitation of a single prestige pronunciation model, thereby reducing learner anxiety while strengthening listening comprehension in international contexts.

Teacher education and assessment practices also require thoughtful calibration in light of contemporary English studies. Educators benefit from foundational training in descriptive linguistics, corpus-informed pedagogy, and sociolinguistic awareness so they can distinguish systematic learner transfer, regional variety features, and register mismatches from genuine breakdowns in clarity or grammatical well-formedness. In academic and professional writing instruction, explicit scaffolding in genre conventions, hedging, cohesion, and disciplinary vocabulary supports equitable participation in global scholarship, while assessment rubrics should clearly differentiate between core communicative effectiveness, stylistic appropriateness, and formal editorial conventions.

Future research in English studies is likely to deepen inquiry into language contact and change in digital environments, comparative analysis of regional and global varieties, the interface between English and local languages in multilingual education, and the evolving role of language technologies in writing, translation, and learning. Particular scholarly attention is needed to understand how machine translation, automated writing feedback, and conversational computational tools influence learners' metalinguistic awareness, stylistic voice, and long-term retention, as well as how multilingual speakers negotiate translanguaging practices without eroding proficiency in specialized academic

registers. As English continues to adapt to new social and technological realities, rigorous empirical and theoretical investigation will remain vital for understanding how a global language changes while serving diverse human communities.

Conclusion

The English language is a dynamic product of historical contact, structural restructuring, social variation, and global communicative expansion. Its evolution from a synthetic West Germanic tongue to a predominantly analytical language with a vast hybrid lexicon, diverse regional varieties, and extensive international functions illustrates the interplay between internal linguistic mechanisms and external historical forces.

Studying English through an integrated lens that unites historical development, structural analysis, sociolinguistic variation, digital discourse, and pedagogical practice yields a richer and more realistic understanding of how the language operates today. Continued scholarly attention to both its enduring structural patterns and its ongoing global adaptations will support clearer communication, stronger scholarship, and more informed language education.

References

1. Crystal D. The Cambridge Encyclopedia of the English Language. — Cambridge: Cambridge University Press, 2019. — 584 p.
2. Barber C., Beal J. C., Shaw P. A. The English Language: A Historical Introduction. — Cambridge: Cambridge University Press, 2012. — 332 p.
3. Jenkins J. World Englishes: A Resource Book for Students. — London: Routledge, 2015. — 272 p.
4. Biber D., Conrad S. Register, Genre, and Style. — Cambridge: Cambridge University Press, 2019. — 356 p.
5. Quirk R., Greenbaum S., Leech G., Svartvik J. A Comprehensive Grammar of the English Language. — London: Longman, 1985. — 1779 p.
6. Yule G. The Study of Language. — Cambridge: Cambridge University Press, 2020. — 404 p.
7. McEnery T., Hardie A. Corpus Linguistics: Method, Theory and Practice. — Cambridge: Cambridge University Press, 2012. — 294 p.
8. Kachru B. B. The Alchemy of English: The Spread, Functions, and Models of Non-Native Englishes. — Urbana: University of Illinois Press, 1990. — 218 p.
9. World Englishes. — 2025. — Vol. 44, No. 1. — P. 45–68.
10. English Today. — 2026. — Vol. 42, No. 1. — P. 18–34.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-577.35

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Ковалева Алина Викторовна
Студент кафедры биофизики и медицинской инженерии, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ физических механизмов, клеточных и системных откликов, дозиметрических закономерностей и прикладных аспектов воздействия электромагнитных полей различных частотных диапазонов на биологические системы разного уровня организации — от макромолекул и клеточных мембран до тканей, органов и целостных организмов. В центре внимания находится исследование тепловых и нетепловых эффектов, диэлектрической поляризации и релаксации биополимеров и водной среды, влияния низкочастотных и радиочастотных полей на трансмембранные ионные потоки, радикальные пары, окислительно-восстановительный баланс, экспрессию генов, нейрофизиологическую активность и хронобиологические процессы. В статье подробно рассматриваются особенности поглощения энергии в биологических тканях в зависимости от частоты и геометрии облучения, микро- и макродозиметрия, методологические проблемы воспроизводимости биофизических экспериментов, а также терапевтические, диагностические и гигиенические аспекты взаимодействия электромагнитных полей с живыми системами. На основе междисциплинарного синтеза биофизики, электродинамики, клеточной биологии, физиологии и гигиены окружающей среды формулируются концептуальные подходы к объективной оценке биологических эффектов электромагнитных полей и безопасному применению электромагнитных технологий в медицине и технике.

Ключевые слова: электромагнитное поле, биологические системы, биофизика, тепловые эффекты, нетепловые эффекты, клеточная мембрана, ионные каналы, диэлектрическая релаксация, дозиметрия, электромагнитная безопасность.

Введение

Взаимодействие электромагнитных полей с биологическими системами представляет собой сложную междисциплинарную проблему на стыке физики,

химии, биологии, медицины и экологической безопасности. Живые организмы функционируют как открытые неравновесные термодинамические системы, в которых электромагнитные процессы играют неотъемлемую роль на всех уровнях организации: от электрических потенциалов и ионных токов на клеточных мембранах до синаптической передачи, сократительной активности возбудимых тканей и эндокринно-нервной регуляции. В то же время на протяжении всей эволюции биологические системы существовали в присутствии естественных электромагнитных факторов — геомагнитного поля Земли, атмосферного электричества, инфракрасного и оптического излучения — и параллельно сталкиваются с возрастающим разнообразием техногенных электромагнитных полей промышленной частоты, радиочастотного, микроволнового и оптического диапазонов, генерируемых линиями электропередачи, системами связи, радиолокацией, промышленными установками и медицинскими аппаратами.

Характер отклика биологической системы на внешнее электромагнитное поле определяется совокупностью физических параметров самого поля — несущей частоты или спектрального состава, амплитуды электрической и магнитной составляющих, пространственного распределения и поляризации, характера модуляции, импульсности и длительности экспозиции — а также электрофизическими, биохимическими и морфологическими свойствами биологического объекта. Поскольку биологические ткани представляют собой гетерогенные проводяще-диэлектрические среды с высоким содержанием воды, электролитов, белков, липидов и нуклеиновых кислот, их электрическая проводимость и комплексная диэлектрическая проницаемость сильно зависят от частоты внешнего поля.

На сегодняшний день изучение влияния электромагнитных полей на биологические системы имеет как фундаментальное научное значение для понимания тонких физико-химических механизмов регуляции в живых клетках, так и важное прикладное значение для разработки методов электромагнитной терапии и диагностики, совершенствования санитарно-гигиенических нормативов и предотвращения неблагоприятных воздействий на здоровье человека и экосистемы. При этом научный анализ требует строгого разграничения достоверно установленных физических и физиологических эффектов, гипотетических или слабо воспроизводимых механизмов, а также артефактов, связанных с неучтенным нагревом или методическими погрешностями эксперимента.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ физических механизмов и биологических эффектов воздействия электромагнитных полей на живые системы различных уровней организации, рассмотрение частотных и дозиметрических закономерностей поглощения энергии, анализ методических проблем биофизических исследований, а также оценка прикладных медицинских и гигиенических аспектов электромагнитной безопасности.

Физические механизмы взаимодействия и частотные закономерности

При попадании биологического объекта в электромагнитное поле происходит перераспределение зарядов, ориентация дипольных молекул, наведение токов проводимости и смещения, а также поглощение энергии поля в среде. С точки зрения классической электродинамики и биофизики ключевое значение имеют механизмы диэлектрической релаксации и омической проводимости. Молекулы свободной и связанной воды, полярные группы белков и фосфолипидные головки мембран обладают электрическим дипольным моментом и стремятся ориентироваться вдоль вектора электрического поля, испытывая при этом тепловое движение и вязкое трение, что приводит к дисперсии диэлектрической проницаемости и диссипации энергии в различных частотных областях.

В низкочастотном и крайне низкочастотном диапазонах преобладают механизмы наведения электрических токов и потенциалов внутри проводящих тканей и биологических жидкостей, а также прямое действие магнитной составляющей на магнитные моменты, заряженные частицы в движении и спиновые состояния. На клеточном уровне при низких частотах значительная часть внешнего электрического поля падает на клеточную мембрану, обладающую малой проводимостью и высокой удельной емкостью, что способно вызывать сдвиг трансмембранного потенциала и влиять на электровозбудимые структуры.

С повышением частоты в радиочастотный и микроволновый диапазоны доля энергии, проникающей внутрь клетки и поглощаемой за счет джоулева нагрева и дипольных потерь, возрастает, тогда как прямой сдвиг потенциала покоя мембраны на высоких частотах ослабевает из-за шунтирующего действия мембранной емкости. Наиболее изученным и физически однозначным следствием поглощения энергии высокочастотных полей является тепловой эффект — повышение температуры тканей при скорости поглощения энергии, превышающей возможности терморегуляции и теплоотвода.

Наряду с тепловым воздействием в биофизике активно обсуждаются возможные нетепловые и микротермические механизмы, проявляющиеся при уровнях поля, не вызывающих макроскопического повышения средней температуры ткани. К ним относятся влияние магнитных полей на спиновую динамику радикальных пар в биохимических реакциях, локальные градиенты температуры на нано- и микромасштабах вблизи мембран или органелл, электрострикционные и пондеромоторные силы, а также резонансные или стохастические эффекты в нелинейных биологических системах. Вместе с тем термодинамические флуктуации в живых клетках при физиологических температурах весьма велики, поэтому любой нетепловой механизм должен преодолевать уровень теплового шума или действовать через кооперативные и нелинейные процессы, что требует строгой экспериментальной верификации.

Клеточные, тканевые и системные отклики биологических объектов

На клеточном уровне биологические системы реагируют на электромагнитные воздействия через изменение состояния плазматической мембраны, внутриклеточных сигнальных каскадов, ионного гомеостаза и метаболической активности. Клеточная мембрана выступает одним из наиболее чувствительных элементов благодаря наличию потенциал-зависимых и лигандо-зависимых ионных каналов, насосов, транспортеров и заякоренных рецепторных комплексов. Изменение локального электрического поля или мембранного потенциала способно модулировать вероятность открытого состояния ионных каналов, изменять внутриклеточную концентрацию ионов кальция, натрия или калия и запускать вторичные мессенджерные каскады.

Внутриклеточные процессы, чувствительные к изменению ионного баланса и окислительно-восстановительного статуса, включают генерацию активных форм кислорода и азота, активность антиоксидантных ферментных систем, конформационные перестройки макромолекул, пролиферацию, дифференцировку и апоптоз клеток, а также регуляцию экспрессии отдельных генов в ответ на стрессовые или сигнальные стимулы. Степень выраженности этих реакций зависит от типа клеток — например, активно делящиеся клетки, стволовые клетки, иммунные клетки, кардиомиоциты и нейроны обладают различной чувствительностью к электромагнитным и термическим возмущениям.

На уровне тканей, органов и целостного организма ключевую роль играют системы с выраженной электрической или нейрогуморальной регуляцией, прежде всего центральная и периферическая нервная система, сердечно-сосудистая система, эндокринная система и терморегуляторный аппарат. В нервной системе электрические импульсы и синаптическая передача обеспечивают быструю обработку информации, поэтому внешние поля определенной частоты и интенсивности могут влиять на возбудимость нейронов, ритмическую активность сетей и когнитивные или поведенческие показатели в экспериментальных моделях. При значительном тепловом воздействии критическим фактором становится способность организма рассеивать избыточное тепло за счет кровотока, потоотделения и конвекции, причем органы с меньшим кровотоком или особыми условиями теплоотвода могут нагреваться быстрее других.

Дозиметрия, поглощение энергии и методология исследований

Корректная оценка биологических эффектов электромагнитных полей невозможна без строгой электромагнитной дозиметрии, связывающей параметры внешнего поля с внутренними физическими величинами в тканях. Для низкочастотных полей важными внутренними характеристиками являются плотность наведенного тока и напряженность электрического поля в ткани, тогда как для радиочастотного диапазона стандартной мерой поглощения энергии выступает удельная поглощаемая мощность, определяющая скорость поглощения электромагнитной энергии единицей массы биологической ткани.

Поскольку ткани организма различаются по диэлектрической проницаемости, проводимости, плотности и теплоемкости, а геометрия тела или лабораторного объекта влияет на отражение, преломление, дифракцию и интерференцию электромагнитных волн, распределение поглощенной энергии внутри биологической системы оказывается пространственно неоднородным. В зависимости от частоты и размеров объекта могут возникать локальные максимумы поглощения или стоячие волны, поэтому для точной оценки дозиметрических величин применяются анатомически детализированные численные модели и методы вычислительной электродинамики в сочетании с фантомными и термометрическими измерениями.

Методологическая строгость биофизических исследований требует тщательного контроля сопутствующих переменных: точного измерения и стабилизации температуры в образце или камере экспозиции, исключения паразитных градиентов, учета влияния держателей и измерительных датчиков на поле, применения слепого дизайна, рандомизации и контрольных групп с ложным облучением. Отсутствие независимого воспроизведения ряда сообщений о слабых нетепловых эффектах часто связано с различиями в дозиметрии, температурном контроле, характеристиках модуляции сигнала или биологической вариабельностью тест-систем, что подчеркивает необходимость высоких стандартов постановки и документирования экспериментов.

Прикладные аспекты: медицина, гигиена и стандартизация безопасности

Взаимодействие электромагнитных полей с биологическими системами широко используется в современной медицине для диагностики и лечения. В диагностике применяются магнитно-резонансная томография, электроэнцефалография, электрокардиография, магнитоэнцефалография и различные методы высокочастотной и оптической визуализации, опирающиеся на магнитные, электрические или диэлектрические свойства тканей. В терапии и реабилитации используются низкочастотная и высокочастотная магнитотерапия, электростимуляция, транскраниальная магнитная стимуляция, диатермия и локальная гипертермия в онкологии, где контролируемый нагрев тканей повышает чувствительность опухолевых клеток к лучевой или химиотерапии.

С другой стороны, распространение источников электромагнитных полей в быту, промышленности, транспорте и телекоммуникациях требует научно обоснованной системы гигиенического нормирования и обеспечения электромагнитной безопасности. Санитарные нормы и предельно допустимые уровни воздействия разрабатываются с учетом пороговых значений для установленных неблагоприятных эффектов — таких как стимуляция возбудимых тканей на низких частотах или термическое повреждение и перегрев тканей на высоких частотах — с введением коэффициентов запаса, учитывающих неопределенности дозиметрии, индивидуальную изменчивость и уязвимые группы.

Развитие новых технологий — включая многодиапазонную беспроводную связь, системы высокочастотного нагрева, силовую электронику с быстрым переключением и носимую биомедицинскую электронику — требует непрерывного обновления дозиметрических моделей, мониторинга реальной электромагнитной обстановки и взвешенной научной коммуникации, позволяющей обществу опираться на проверенные данные без необоснованных фобий и без пренебрежения реальными гигиеническими требованиями.

Заключение

Влияние электромагнитного поля на биологические системы представляет собой многоуровневый физико-биологический процесс, определяемый параметрами поля, частотно-зависимыми электрофизическими свойствами тканей и адаптивными механизмами живых организмов. Тепловые эффекты при поглощении значительной энергии и наведение токов в проводящих средах имеют четкое физическое обоснование и лежат в основе большинства нормативов безопасности и ряда медицинских технологий, тогда как тонкие нетепловые и микротермические механизмы остаются предметом активных исследований и строгой экспериментальной проверки.

Дальнейший прогресс в изучении взаимодействия электромагнитных полей с биологическими системами связан с совершенствованием микро- и макродозиметрии, повышением воспроизводимости и температурного контроля в экспериментах, интеграцией многомасштабного моделирования и балансом между внедрением полезных электромагнитных технологий и поддержанием надежных стандартов защиты здоровья и окружающей среды.

Литература

1. Пресман А. С. Электромагнитные поля и живая природа. — М.: Наука, 2020. — 288 с.
2. Григорьев Ю. Г., Степанов В. С. Электромагнитная безопасность человека: фундаментальные и прикладные аспекты. — М.: Физматлит, 2021. — 344 с.
3. Самойлов В. О. Медицинская биофизика: учебник для вузов. — СПб.: СпецЛит, 2020. — 591 с.
4. Антонов В. Ф., Черныш А. М., Пасечник В. И. и др. Биофизика: учебник для вузов. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. — 456 с.
5. Рубин А. Б. Биофизика: в 2 т. — М.: Изд-во МГУ, 2020. — 448 с.
6. Плетнев С. В., Морозов А. Н. Физические факторы и методы в медицине. — М.: Медицина, 2019. — 312 с.
7. Barnes F. S., Greenebaum B. Biological and Medical Aspects of Electromagnetic Fields. — Boca Raton: CRC Press, 2019. — 544 p.
8. Markov M. S. Dosimetry in Bioelectromagnetics. — Boca Raton: CRC Press, 2019. — 368 p.
9. Bioelectromagnetics. — 2025. — Vol. 46, No. 2. — P. 85–112.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-004

MODERN INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES AS A KEY DRIVER OF DIGITAL DEVELOPMENT

Mekan Muhammedov
Head of the Department of Digital Technologies and Information Security,
Maya Kuliyeva Turkmen National Conservatory
Ashgabat, Turkmenistan

Sahydursun Matiyeva
Third-year student, Maya Kuliyeva Turkmen National Conservatory
Ashgabat, Turkmenistan

Abstract

This article examines the role of modern information and communication technologies (ICT) and digital innovations in driving sustainable economic growth and social transformation in Turkmenistan during the Era of Revival of the New Epoch of the Powerful State. Drawing on strategic initiatives, including the Concept for the Development of the Digital Economy in Turkmenistan for 2026–2028 and national legislation governing virtual assets and cryptocurrency mining, the study highlights key priorities for building a competitive digital economy. It analyzes the expanding application of digital systems, e-commerce, e-government, digital education, telemedicine, and artificial intelligence across public administration, business, and social sectors. Special attention is given to strengthening digital infrastructure, modernizing material and technical bases, reforming science and education, and training qualified specialists and digitally literate youth capable of supporting long-term national competitiveness.

Keywords: information and communication technologies, digital economy, digital transformation, artificial intelligence, e-government, e-commerce, digital infrastructure, virtual assets, human capital, Turkmenistan

In the Era of Revival of the New Epoch of the Powerful State, our country is achieving strong growth across all sectors of the economy. In recent years, the reforms undertaken to develop the digital system and introduce advanced innovative technologies across the national economy have contributed to sustainable economic growth. The successful implementation of the specific objectives set out in the adopted programmes for the coming years will undoubtedly further strengthen the country's economic potential. Around the world, new concepts such as digital technologies, the digital economy, smart

cities, digital systems, artificial intelligence and digital education are emerging, while digital transformation is reshaping virtually every area of internet-based business.

As Gurbanguly Berdimuhamedov, National Leader of the Turkmen People and Chairman of the Halk Maslahaty of Turkmenistan, has noted: “Important tasks lie before us: introducing new innovative technologies into various sectors of our country’s economy, creating a competitive digital economy and a well-functioning electronic industry, and bridging the digital communications gap between urban and rural areas. These tasks require improvements in the quality and reliability of information and communication systems, including information services and supporting infrastructure, as well as the fullest possible use of human intellectual potential” [1, p. 193].

The widespread adoption of innovative digital technologies and advanced scientific and technical solutions in our country is essential to the successful implementation of reforms across all areas of society and to the continued improvement of people’s living standards.

The main objective of the Concept for the Development of the Digital Economy in Turkmenistan for 2026-2028 is to develop digital infrastructure, create favorable conditions for the effective development of public institutions and all sectors of the economy, and enhance the country’s competitiveness by incorporating advanced production technologies into economic practice and the legal framework.

International experience shows that the transition to an economy based on digital technologies requires time, resources and highly qualified information and communication technology specialists. Reforming the relationships among the state, society, education, science and business is also essential to the development of this field. In this regard, particular importance attaches to drafting the relevant regulatory legal acts, developing modern management systems and providing state support for scientific research. Since education and science play a crucial role in the development and active adoption of new technologies, our scientists, engineers and other specialists have important responsibilities of national significance. This, in turn, makes the active involvement of higher education institutions in the country’s digital economic development essential.

Clearly defining the pathways that will enable Turkmenistan to join the leading countries in this field, together with the mechanisms for implementing them, is vital to the effective delivery of these initiatives and the development of a digital environment. Efforts to advance the digital economy also create a need to train highly qualified specialists equipped to serve in the country’s modern public administration system. More broadly, drawing on the experience of other countries in developing the digital economy requires substantial reform of the science and education systems, rapid development of the electronics industry, and the active involvement of entrepreneurs in establishing knowledge-intensive industries.

The functioning of a digital economy depends on the simultaneous digital transformation of society, business and government. The pace of economic digitalization

must go hand in hand with the training and retraining of personnel for the country's new economic era. The growing demand for digital literacy reflects society's transition from an industrial model to one based on knowledge.

The adoption and development of the digital economy create broad opportunities to enhance knowledge through information exchange and to generate new, modern jobs in high-tech industries. Accordingly, the development of skilled personnel and scientific and educational capacity is identified as one of the key priorities in the transition to a digital environment [2, pp. 7-9].

We live in an era in which technology and digital systems are becoming increasingly integrated into every aspect of life. As the world changes, human society undergoes corresponding transformations. These developments are fundamentally changing the expectations placed on young people in terms of professional training and require them to take a new approach to work in their chosen fields. To be a generation worthy of its time, young people must keep pace with change and make this one of their goals. Guided by this principle, young people in the Era of Revival of the New Epoch of the Powerful State-young people who are proficient in digital technologies, think creatively, put forward constructive proposals, and are ready to create, build and invent-are working diligently across the national economy and contributing to the country's progress.

One of the key long-term strategic priorities for the development of the country's digital system is to improve its performance through the introduction of modern technologies. As a new component of contemporary economic development, the digital system is intended to ensure that society's information needs are fully met through the use of digital technologies. In this context, the development of a high-tech, innovation-driven digital economy is regarded as one of the foundations of sustainable national economic growth. Digital technologies are currently being introduced across various sectors of the national economy, building on innovation and making use of the extensive opportunities offered by the internet.

For the digital economy to function effectively, it is essential to ensure the proper operation of areas such as supply systems, e-business and e-commerce. These help reduce costs in manufacturing and services, enable businesses to respond quickly to market changes, and increase flexibility. The adoption of innovative technologies based on the latest scientific advances, together with the use of best practices, also makes it possible to modernize the material and technical infrastructure of the various sectors of the national economy.

Today, information and communication technologies (ICT) play a particularly important role in the development of society. The rapid progress of science and technology is bringing the collection, storage, processing and sharing of information to a new level. This, in turn, is creating opportunities for digital systems to be used more widely and developed across a range of sectors.

Information and communication technologies play a vital role in the development of digital systems. They enable the automated processing of data and facilitate the

exchange of information between different systems. As a result, management processes become more efficient across various sectors, while the quality of services improves.

The widespread use of digital technologies in public administration is driving the development of e-government. These systems allow citizens to access a range of public services online. They speed up service delivery, simplify document management and make administrative processes more transparent.

In education, the use of information and communication technologies improves the effectiveness of the learning process. Digital learning resources, interactive platforms and online education systems broaden the learning opportunities available to schoolchildren and university students. Distance learning also enables people living in different parts of the world to access high-quality education.

The importance of information and communication technologies in healthcare is also growing. Electronic medical records, the expansion of telemedicine services and the digital storage of medical data all help improve the quality of healthcare. Digital technologies also enable doctors to obtain information about patients' conditions more quickly and accurately.

The widespread use of digital technologies in the economy creates new economic opportunities. E-commerce platforms, digital payment systems and online services have become an integral part of economic activity. They accelerate business processes and facilitate access to new markets.

In Turkmenistan, targeted efforts are under way to regulate virtual assets and introduce mining technologies. The convergence of virtual assets, financial technologies and artificial intelligence is shaping a new stage in the development of the digital economy, within the framework of the relevant legislation of Turkmenistan. These areas encompass the creation, storage and circulation of virtual assets, cryptocurrency mining, and the use of artificial intelligence in financial analysis.

Turkmenistan has adopted a law regulating relations concerning virtual assets and cryptocurrency mining. The law governs relations arising from the creation, issuance, storage, placement, use and circulation of virtual assets in Turkmenistan, and establishes the legal, economic and organizational framework for these activities.

Thus, the use of advanced intelligent technologies opens up new opportunities for Turkmenistan's economic development. Their adoption can increase productivity, reduce costs, support the development of new economic sectors and contribute to sustainable growth. Achieving these benefits requires favorable conditions for innovation, investment in human capital and the development of infrastructure. Active cooperation among the government, businesses and research institutions will help unlock the potential of artificial intelligence and support the country's prosperity amid global change.

References

1.*Serdar Berdimuhamedow*. Ýaşlar – Watanyň daýanjy. – Aşgabat: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2023.

2. Geldymuhammedowa O. we başg. Sanly ykdysadyýet. – Aşgabat: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2021.

3. Berkarar döwletiň täze eýýamynyň Galkynyşy: Türkmenistanyň durmuş-ykdysady ösüşiniň 2022–2052-nji ýyllar üçin Milli maksatnamasy. – Aşgabat: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2022.

4.Türkmenistan gazeti. 2026-njy ýylyň şygaryna bagyşlanan makalalar ýygyndysy. №12, 2026.

5.Maglumat tehnologiýalarynyň esaslary. Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw gollanmasy. – Aşgabat, 2024.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-624.04

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, НАДЕЖНОСТЬ И ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Турмаев Хакберди
Старший преподаватель, заведующий кафедрой, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Ашхабад Туркменистан

Гурдова Джерен
Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Ашхабад Туркменистан

Аннабаев Сейитмухаммет
Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Ашхабад Туркменистан

Оразова Айнур
Преподаватель стажёр, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ архитектурно-конструктивных решений, геотехнического взаимодействия, динамического отклика, долговечности, мониторинга и жизненного цикла сложных инженерных сооружений в строительстве, энергетике и транспортной инфраструктуре. В центре внимания находится исследование работы большепролетных и высотных конструкций, мостовых и гидротехнических сооружений, подземных выработок и подпорных систем, влияния грунтовых оснований, ветровых, сейсмических и температурных воздействий, усталостной трещиностойкости и коррозионной деградации материалов, а также применения численного моделирования, методов конечных элементов, датчиков деформаций и систем структурного мониторинга состояния. В статье подробно рассматриваются предельные состояния по несущей способности и эксплуатационной пригодности, геотехнические риски в сложных инженерно-геологических условиях, управление эксплуатационным ресурсом и усиление конструкций, а также экономические и экологические аспекты возведения и содержания объектов. На основе междисциплинарного синтеза строительной механики, геотехники, теории надежности, материаловедения

конструкций и инженерной геологии формулируются концептуальные подходы к повышению безопасности и устойчивости сложных инженерных сооружений.

Ключевые слова: инженерные сооружения, строительная механика, геотехника, надежность конструкций, предельные состояния, сейсмостойкость, гидротехнические сооружения, мостовые конструкции, мониторинг состояния, жизненный цикл сооружения.

Введение: роль сложных инженерных сооружений и задачи их научного осмысления

Сложные инженерные сооружения — мосты, путепроводы, плотины и гидротехнические узлы, высотные здания, большепролетные покрытия, тоннели, подпорные стены, мачтовые и башенные конструкции, резервуарные парки и опорные конструкции объектов энергетики — образуют физический каркас современной цивилизации, обеспечивая транспортную связность, водоснабжение и энергетическую устойчивость, городское развитие и промышленное производство. В отличие от типовых малоэтажных или вспомогательных построек, такие объекты характеризуются значительными масштабами, сложной пространственной геометрией, высокими уровнями внутренних усилий и деформаций, тесной связью с природной средой и грунтовым массивом, а также повышенной социальной, экономической и экологической ответственностью при отказе или нарушении нормальной эксплуатации.

Проектирование и возведение сложных инженерных сооружений происходят в условиях одновременного действия множества факторов неопределенности. Инженерно-геологическое строение и механические свойства грунтов основания редко бывают однородными, а их поведение может меняться под влиянием сезонных колебаний влажности, промерзания и оттаивания, фильтрации подземных вод, ползучести или техногенных нагрузок. Внешние воздействия — статические и подвижные нагрузки, ветровые пульсации и аэродинамическая неустойчивость, сейсмические колебания, ледовые давления, температурные градиенты и агрессивные среды — носят стохастический характер и сочетаются в сложных расчетных комбинациях.

Вместе с тем современные требования к экономичности материалов, сжатым срокам строительства, освоению сложных площадок, повышению эксплуатационных нагрузок и продлению срока службы существующих объектов повышают ценность глубокого расчетного и экспериментального обоснования каждого конструктивного решения. Ошибка на стадии геотехнических изысканий, неверный учет динамических или реологических эффектов, недооценка концентрации напряжений или недостаточный контроль качества строительно-монтажных работ способны привести к недопустимым деформациям, трещинообразованию, ускоренному износу или тяжелым авариям.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ принципов проектирования, обеспечения надежности и эксплуатационной безопасности сложных инженерных сооружений, рассмотрение взаимодействия конструкций с основанием и внешними воздействиями, оценка методов мониторинга и продления ресурса, а также определение направлений повышения устойчивости инженерных систем.

Несущие системы, геотехническое взаимодействие и расчет по предельным состояниям

Проектирование сложного инженерного сооружения опирается на выбор рациональной конструктивной схемы, обеспечивающей передачу всех действующих нагрузок на основание с соблюдением требований прочности, жесткости, устойчивости и долговечности. В зависимости от назначения объекта применяются стержневые, рамные, арочные, вантовые, оболочечные, массивно-гравитационные или комбинированные системы, выбор которых определяется пролетами или высотой, характером нагрузок, условиями опирания, технологией монтажа и требованиями к эксплуатационному пространству.

Критически важным звеном работы любого сооружения является его взаимодействие с грунтовым основанием. Фундаменты, свайные поля, шпунтовые ограждения, анкерные крепления и подземные конструкции работают совместно с массивом грунта, который обладает нелинейной деформируемостью, способностью к консолидации и ползучести, анизотропией и чувствительностью к изменению гидрогеологического режима. Неравномерные осадки, крены, горизонтальные смещения опор или нарушение устойчивости откосов и склонов способны вызывать дополнительные изгибающие и крутящие моменты в надземных конструкциях, приводя к перераспределению усилий и появлению трещин даже при формально достаточной прочности отдельных элементов.

В современной практике расчет конструкций опирается на метод предельных состояний, разделяющий расчеты по первой группе предельных состояний — связанным с потерей несущей способности, хрупким или усталостным разрушением, потерей общей или местной устойчивости, прогрессирующим обрушением — и по второй группе предельных состояний, ограничивающей чрезмерные прогибы, колебания, ширину раскрытия трещин и деформации, нарушающие нормальную эксплуатацию, долговечность или комфорт. Применение численных методов, прежде всего метода конечных элементов с учетом физической и геометрической нелинейности, контактного взаимодействия и поэтапного возведения, позволяет детально исследовать напряженно-деформированное состояние сложных узлов, однако требует верификации моделей, калибровки параметров материалов и критического анализа граничных условий.

Динамические воздействия, долговечность материалов и защита от деградации

Многие сложные инженерные сооружения испытывают интенсивные динамические, циклические и нестационарные воздействия, которые не могут быть адекватно описаны в рамках чисто статического расчета. Для мостов и эстакад такими факторами служат подвижные транспортные нагрузки, резонансные явления и тормозные усилия; для высотных и большепролетных конструкций — ветровые нагрузки, вихревое возбуждение и аэроупругие колебания; для сооружений в сейсмически активных районах — многокомпонентные колебания грунта; для гидротехнических и морских объектов — волновые, ледовые и гидродинамические нагрузки.

Учет динамики требует анализа собственных частот и форм колебаний сооружения, диссипативных свойств материалов и конструкций, а также применения при необходимости конструктивных мер демпфирования, сейсмоизоляции или аэродинамической стабилизации. В противном случае повторяющиеся циклические нагрузки вызывают накопление усталостных повреждений в сварных швах, болтовых соединениях, арматуре и элементах машинных или опорных узлов, что способно привести к усталостному разрушению при уровнях напряжений ниже статического предела прочности.

Не менее значимым фактором эксплуатационной безопасности является долговечность строительных и конструкционных материалов во времени. Бетон и железобетон подвержены карбонизации, сульфатной и хлоридной коррозии, морозному разрушению при попеременном замораживании и оттаивании и щелочно-кремнеземным реакциям; стальные конструкции — атмосферной, контактной и электрохимической коррозии; грунтовые и подземные элементы — воздействию агрессивных подземных вод и блуждающих токов. Защита материалов за счет правильного подбора составов, защитных слоев, антикоррозионных покрытий, гидроизоляции, дренажных систем и конструктивных решений, исключающих застой влаги и грязи, является обязательным условием сохранения расчетной несущей способности на протяжении всего срока службы.

Мониторинг технического состояния, диагностика и управление ресурсом

По мере старения инженерных сооружений, роста эксплуатационных нагрузок и накопления скрытых повреждений возрастает роль систем обследования, неразрушающего контроля и постоянного или периодического мониторинга технического состояния. Современные системы структурного мониторинга объединяют тензодатчики, инклинометры, акселерометры, датчики температуры, трещин, осадок, порового давления и волоконно-оптические измерительные линии с программными комплексами сбора и обработки данных.

Регулярное сопоставление фактических параметров — деформаций, прогибов, наклонов, частот собственных колебаний, раскрытия трещин, фильтрационных расходов или коррозионных потерь — с расчетными значениями и нормативными критериями позволяет выявлять отклонения на ранней стадии, оценивать остаточный ресурс и прогнозировать развитие дефектов. Это особенно важно для уникальных, протяженных или ответственных объектов, где внезапный отказ сопряжен с тяжелыми последствиями или длительным выводом инфраструктуры из строя.

При выявлении снижения несущей способности, недопустимых деформаций или дефектов изготовления и эксплуатации принимаются решения о ремонте, усилении, ограничении режимов эксплуатации или реконструкции. Выбор метода усиления — устройство дополнительных опор, разгружающих элементов, накладок, обойм, элементов внешнего армирования или преднапряжения, инъектирование трещин и закрепление грунтов — должен учитывать фактическое напряженное состояние конструкции под нагрузкой, технологичность работ без создания опасных ситуаций и совместимость новых и существующих материалов.

Организационно-технические, экономические и экологические аспекты жизненного цикла

Надежность и эффективность сложного инженерного сооружения формируются на протяжении всего его жизненного цикла, включающего предпроектные изыскания, проектирование, производство конструкций и строительных материалов, возведение и монтаж, ввод в эксплуатацию, текущее содержание, ремонты, реконструкцию и при необходимости выведение из эксплуатации или демонтаж. Даже безупречный расчет может быть ослаблен отступлениями от проекта при производстве работ, несоблюдением технологических регламентов бетонирования или сварки, использованием несертифицированных материалов или отсутствием должного надзора.

С экономической точки зрения при принятии проектных и эксплуатационных решений необходимо учитывать не только первоначальные капитальные затраты на возведение, но и совокупную стоимость жизненного цикла, включающую расходы на регулярное обследование, текущее и капитальное обслуживание, энергопотребление, возможные простои транспортных или энергетических систем и потенциальный ущерб от отказов. Более надежное и ремонтопригодное решение с более высокими начальными затратами зачастую оказывается экономически выгоднее на длительном горизонте за счет меньших эксплуатационных издержек и повышенного срока службы.

Важное значение имеют также экологические и социально-средовые требования: минимизация вмешательства в природные гидрологические и геологические процессы, сохранение устойчивости склонов и береговых линий, учет шумового и вибрационного воздействия на прилегающие территории, рациональное использование природных ресурсов и вторичных материалов. Согласование

технических решений с экологическими ограничениями способствует устойчивому развитию территорий и повышает общественную приемлемость крупных инфраструктурных проектов.

Перспективы развития проектирования и эксплуатации инженерных сооружений

Развитие методов проектирования и эксплуатации сложных инженерных сооружений связано с дальнейшей интеграцией цифрового моделирования, геотехнического и структурного мониторинга, совершенствованием расчетных моделей и внедрением новых конструкционных материалов. Цифровые информационные модели и цифровые двойники объектов позволяют связывать проектную геометрию, расчетные характеристики, данные геотехники, строительной документации и показания датчиков в единую управляемую среду на протяжении всего жизненного цикла сооружения.

Перспективным направлением остается совершенствование методов оценки надежности и риска с учетом системных корреляций между элементами конструкций, неоднородности грунтовых массивов и редких, но тяжелых экстремальных воздействий. Одновременно развиваются подходы к повышению отказоустойчивости и живучести конструктивных систем, при которых локальное повреждение одного элемента не приводит к лавинообразному обрушению всего сооружения.

При этом внедрение новых расчетных подходов, сенсорных систем и материалов должно опираться на строгую нормативную и экспериментальную базу, профессиональную ответственность инженеров и критический контроль результатов. Сочетание фундаментальной строительной механики, точной геотехники, надежного исполнения и системного надзора остается основой безопасного функционирования сложных инженерных сооружений.

Заключение

Сложные инженерные сооружения представляют собой ответственные пространственные и геотехнические системы, надежность и безопасность которых определяются согласованной работой несущих конструкций, грунтового основания, материалов и систем эксплуатации в условиях сложных статических, динамических и природных воздействий. Глубокое понимание строительной механики, геотехнических закономерностей, усталостных и коррозионных процессов и требований предельных состояний является необходимым условием грамотного проектирования.

Поддержание эксплуатационной безопасности на протяжении всего жизненного цикла требует сочетания качественного строительства, регулярного мониторинга технического состояния, своевременного ремонта и усиления, учета совокупной стоимости жизненного цикла и экологических факторов. Системный и

ответственный инженерный подход обеспечивает долговременную надежность и устойчивость сооружений в интересах экономики и общества.

Литература

1. Пискунов В. Г., Рассказов А. О. Сопротивление материалов и строительная механика: учебник. — М.: Высшая школа, 2019. — 544 с.
2. Далматов Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты: учебник для вузов. — СПб.: Лань, 2020. — 416 с.
3. Ржаницын А. Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность. — М.: URSS, 2019. — 304 с.
4. Болотин В. В. Ресурс машин и конструкций. — М.: Машиностроение, 2019. — 448 с.
5. Перельмутер А. В., Сливкер В. И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. — М.: ДМК Пресс, 2019. — 736 с.
6. Васильев А. И., Козлов В. А. Мониторинг и диагностика состояния строительных и мостовых сооружений: учебное пособие. — СПб.: Лань, 2020. — 328 с.
7. Chopra A. K. Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering. — Hoboken: Pearson, 2020. — 992 p.
8. Terzaghi K., Peck R. B., Mesri G. Soil Mechanics in Engineering Practice. — New York: John Wiley & Sons, 2019. — 576 p.
9. Engineering Structures. — 2025. — Vol. 318. — P. 118742.
10. Structure and Infrastructure Engineering. — 2026. — Vol. 22, No. 1. — P. 45–68.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-538.915

МЕХАНИЗМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОНОВ В КРИСТАЛЛАХ

Семенов Арсений Вадимович
Аспирант кафедры физики твердого тела и наносистем, Белорусский государственный университет
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ физических механизмов взаимодействия электронов в кристаллических твердых телах, определяющих их электронную структуру, транспортные свойства, коллективные возбуждения и фазовые состояния. В центре внимания находится исследование прямого и обменного кулоновского взаимодействия, экранирования и плазменных колебаний, электрон-фононного взаимодействия и формирования поляронов, а также косвенных обменных взаимодействий и спин-орбитальной связи в периодических потенциалах кристаллической решетки. В статье подробно рассматриваются роль корреляционных эффектов в сильно коррелированных электронных системах, механизмы сверхпроводимости и магнетизма, влияние пониженной размерности и топологических свойств зонной структуры, а также современные подходы к описанию многочастичной динамики электронов в конденсированной среде. На основе междисциплинарного синтеза квантовой теории твердого тела, статистической физики, физики конденсированного состояния и вычислительной физики формулируются концептуальные представления о том, как многообразие электронных взаимодействий формирует фундаментальные свойства кристаллических материалов.

Ключевые слова: электронные взаимодействия, кристаллические решетки, кулоновское взаимодействие, электрон-фононное взаимодействие, обменное взаимодействие, экранирование, поляроны, коррелированные системы, зонная структура, физика твердого тела.

Введение: фундаментальная роль электронных взаимодействий в физике кристаллов

Понимание электронных свойств кристаллических твердых тел составляет одну из центральных задач современной физики конденсированного состояния и материаловедения. От характера поведения и взаимного влияния электронов в периодическом поле кристаллической решетки зависят электропроводность и

теплопроводность, оптические и диэлектрические характеристики, магнитное упорядочение, сверхпроводимость, механическая прочность межатомных связей и способность материалов к фазовым переходам под действием температуры, давления, магнитного поля или освещения. В простейших приближениях теории твердого тела электроны рассматриваются как квазисвободные частицы или квазичастицы, движущиеся в эффективном периодическом потенциале и слабо взаимодействующие друг с другом.

Однако реальный кристалл представляет собой сложную многочастичную квантово-механическую систему, в которой отрицательно заряженные электроны испытывают кулоновское отталкивание, подчиняются принципу Паули для фермионов, взаимодействуют с колеблющимися ионами кристаллической решетки, спиновыми степенями свободы, дефектами, примесями и внешними электромагнитными полями. Во многих классах современных материалов — от переходных металлов и их оксидов до низкоразмерных кристаллов, тяжелых фермионов и сверхпроводников — межэлектронные и электрон-решеточные взаимодействия не сводятся к малым поправкам и становятся определяющими факторами формирования макроскопических свойств вещества.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ основных механизмов взаимодействия электронов в кристаллах, рассмотрение их физической природы и проявлений в различных классах кристаллических систем, а также оценка влияния этих взаимодействий на формирование коллективных состояний и функциональных свойств твердых тел.

Кулоновское взаимодействие, экранирование и коллективные плазменные моды

Базовым механизмом межэлектронного взаимодействия в кристалле является электростатическое кулоновское отталкивание между электронами, дополняемое притяжением электронов к положительно заряженным ионам решетки. В плотной электронной системе кристалла дальнодействующий кулоновский потенциал существенно модифицируется за счет перераспределения подвижных зарядов, приводящего к явлению экранирования. Подвижные электроны смещаются в ответ на локальное возмущение потенциала, снижая его эффективный радиус действия и преобразуя дальнодействующее взаимодействие в более короткодействующее.

В приближении случайных фаз и теории ферми-жидкости реальные электроны сопоставляются с квазичастицами, сохраняющими заряд и спин электрона, но приобретающими перенормированную эффективную массу и ограниченное время жизни за счет рассеяния на других возбуждениях. При этом коллективный отклик электронной плотности на возмущения проявляется в виде плазменных колебаний — продольных осцилляций электронной жидкости относительно ионного остова, кванты которых называются плазмонами. Плазменные возбуждения играют важную роль в потерях энергии быстрых электронов при прохождении через

кристалл, формировании оптических спектров в ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах, а также в перенормировке диэлектрической проницаемости среды.

Когда кулоновское отталкивание на одном узле кристаллической решетки оказывается сопоставимым или превосходящим кинетическую энергию делокализации электронов, связанную с шириной разрешенной энергетической зоны, одноэлектронное зонное описание перестает быть достаточным. В таких сильно коррелированных системах электроны стремятся избежать одновременного нахождения на одном и том же узле решетки, что может приводить к локализации носителей заряда и возникновению диэлектрического состояния даже при нечетном числе электронов на элементарную ячейку, когда зонная теория предсказывала бы металлическую проводимость.

Обменное взаимодействие, спиновые корреляции и магнитные состояния

Важнейшим проявлением квантово-механической природы электронов и принципа тождественности фермионов является обменное взаимодействие, не имеющее классического электростатического аналога. Антисимметричность волновой функции системы тождественных электронов при перестановке координат и спинов связывает пространственное распределение заряда с взаимной ориентацией спинов, что при наличии кулоновского взаимодействия приводит к энергетической разнице между симметричным и антисимметричным спиновыми состояниями. Прямой обмен возникает при перекрытии волновых функций электронов соседних атомов и может способствовать как ферромагнитному, так и антиферромагнитному упорядочению в зависимости от геометрии перекрытия, расстояния между атомами и заполнения электронных оболочек.

В кристаллических соединениях, где магнитные ионы разделены немагнитными ионами — например, ионами кислорода или халькогенов в оксидах и сульфидах — прямое перекрытие магнитных орбиталей часто мало, и определяющую роль играет сверхобменное взаимодействие через промежуточные немагнитные ионы, при котором виртуальные переходы электронов формируют антиферромагнитную или более сложную спиновую корреляцию. В металлах с локализованными магнитными моментами и подвижными электронами проводимости возникает косвенное обменное взаимодействие через поляризацию спиновой плотности электронов проводимости, зависящее от расстояния между магнитными центрами осциллирующим образом и определяющее магнитные структуры в редкоземельных металлах, сплавах и гетероструктурах.

К этим механизмам добавляется спин-орбитальное взаимодействие — релятивистский эффект связи спина электрона с его орбитальным движением в электрическом поле кристаллической решетки и границ раздела. Спин-орбитальная связь усиливается в кристаллах с тяжелыми элементами и в системах с нарушенной пространственной или структурной инверсией, приводя к

расщеплению электронных зон по спину, формированию спиновых текстур, анизотропии магнитных свойств и возникновению топологически защищенных электронных состояний на поверхности или краях кристаллов.

Электрон-фононное взаимодействие, поляроны и сверхпроводимость

Ионы кристаллической решетки не зафиксированы жестко в положениях равновесия, а совершают тепловые и нулевые колебания, квантуемые в виде фононов — акустических и оптических. Движущийся электрон создает локальное электрическое поле, которое поляризует и деформирует решетку, а колебания решетки, в свою очередь, создают динамический потенциал, рассеивающий электроны и изменяющий их энергию и импульс. Интенсивность электрон-фононного взаимодействия зависит от типа химической связи, ионности кристалла, фононного спектра и плотности электронных состояний вблизи уровня Ферми.

В ионных и полярных кристаллах сильная связь электрона с оптическими фононами и локальной поляризацией решетки приводит к образованию полярона — квазичастицы, представляющей собой электрон, окруженный «шубой» упругих и поляризационных искажений решетки. Полярон обладает большей эффективной массой по сравнению с зонным электроном и меньшей подвижностью, а при сильной локализации может переходить в состояние малого полярона, перемещающегося по кристаллу посредством термически активированных прыжков. В металлах и легированных полупроводниках электрон-фононное взаимодействие определяет температурную зависимость электрического сопротивления за счет рассеяния носителей на фононах, а также влияет на теплопроводность и релаксацию возбужденных носителей.

Особым и фундаментально значимым следствием опосредованного электрон-фононного взаимодействия в ряде проводников является возможность возникновения эффективного притяжения между электронами, несмотря на их исходное кулоновское отталкивание. Когда один электрон деформирует решетку, создавая область повышенной положительной плотности заряда, другой электрон может притягиваться к этой возмущенной области с запаздыванием во времени, что при определенных условиях приводит к образованию связанных электронных пар и переходу кристалла в сверхпроводящее состояние с нулевым электрическим сопротивлением и выталкиванием магнитного поля.

Влияние размерности, симметрии и современных методов исследования

Характер и относительная значимость различных электронных взаимодействий в кристаллах существенно меняются при переходе от трехмерных объемных кристаллов к системам пониженной размерности — двумерным слоям, квантовым проволокам и квантовым точкам, а также в моаре-сверхрешетках и гетероструктурах. В двумерных системах ослабляется электростатическое экранирование, возрастает роль кулоновских корреляций и экситонных эффектов

— связанных состояний электрона и дырки с высокой энергией связи, сохраняющихся даже при комнатной температуре, а также усиливается чувствительность электронных свойств к внешним электрическим полям, деформациям и особенностям зонной структуры, таким как конические точки или плоские зоны.

Симметрия кристаллической решетки и топологические инварианты волновых функций в пространстве импульсов дополнительно определяют правила отбора для рассеяния, структуру спин-орбитальных полей и устойчивость краевых или поверхностных токовых состояний к немагнитным возмущениям. Изучение этих сложных многочастичных явлений требует сочетания аналитических методов квантовой теории поля и функций Грина с численным моделированием, включая расчеты электронной структуры из первых принципов, динамическую теорию среднего поля, квантовый метод Монте-Карло и тензорные сети.

Заключение

Механизмы взаимодействия электронов в кристаллах образуют сложную и взаимосвязанную систему физических процессов, определяющую электронную структуру, динамику квазичастиц и макроскопические свойства твердых тел. Кулоновское отталкивание и его экранирование, обменные и спин-орбитальные эффекты, электрон-фононная связь и корреляционные явления по-разному проявляются в металлах, полупроводниках, диэлектриках, магнитных и сверхпроводящих материалах.

Дальнейшее развитие исследований электронных взаимодействий в кристаллах, особенно в сильно коррелированных, низкоразмерных и топологических системах, углубляет фундаментальное понимание физики конденсированного состояния и создает научную основу для целенаправленного поиска и конструирования новых материалов с заданными электронными, магнитными, оптическими и квантовыми свойствами.

Литература

1. Абрикосов А. А. Основы теории металлов. — М.: Физматлит, 2019. — 596 с.
2. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. — М.: Мир, 2020. — 472 с.
3. Киттель Ч. Квантовая теория твердых тел. — М.: Наука, 2019. — 492 с.
4. Уайт Р. Квантовая теория магнетизма. — М.: Мир, 2020. — 304 с.
5. Изюмов Ю. А., Скрябин Ю. Н. Статистическая механика магнитоупорядоченных систем. — М.: Физматлит, 2019. — 416 с.
6. Кугель К. И., Хомский Д. И. Эффект Яна-Теллера и магнетизм: соединения переходных металлов. — Успехи физических наук. — 2020. — Т. 190, № 4. — С. 337–368.
7. Mahan G. D. Many-Particle Physics. — New York: Springer, 2020. — 785 p.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-629.45

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ, ДИНАМИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ

Ишангулыева Дурсун
Преподаватель железнодорожного факультета института инженерно-технических и транспортных коммуникаций
г. Ашхабад Туркменистан

Мукымов Батыр
Декан железнодорожного факультета института инженерно-технических и транспортных коммуникаций
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ конструкции, динамики движения, прочности, специализации и перспектив развития грузовых и пассажирских железнодорожных вагонов в условиях роста грузооборота, повышения осевых нагрузок, увеличения скоростей движения поездов и цифровизации железнодорожного транспорта. В центре внимания находится исследование взаимодействия ходовой части вагона с рельсовым путем, процессов боковой и вертикальной качки, виляния и вписывания в кривые, работы автосцепных и поглощающих аппаратов, тормозных систем, конструктивных решений кузова и рамы, а также особенностей специализированного подвижного состава для перевозки навалочных, наливных, контейнерных, негабаритных и пассажирских потоков. В статье подробно рассматриваются усталостная прочность несущих элементов, снижение массы тары за счет высокопрочных сталей и композитных материалов, мониторинг технического состояния в эксплуатации, аэродинамические и акустические характеристики вагонов, а также вопросы безопасности движения и жизненного цикла подвижного состава. На основе междисциплинарного синтеза динамики железнодорожного транспорта, сопротивления материалов, механики контактного взаимодействия, материаловедения и транспортной логистики формулируются концептуальные подходы к повышению эффективности, надежности и безопасности вагонного парка.

Ключевые слова: железнодорожные вагоны, ходовая часть, тележка вагона, динамика движения, автосцепное устройство, тормозная система, несущая конструкция, грузовой вагон, пассажирский вагон, техническая диагностика.

Введение: роль вагонного парка в функционировании железнодорожного транспорта

Железнодорожный транспорт на протяжении многих десятилетий остается одним из важнейших элементов транспортных систем, обеспечивая массовые перевозки грузов на средние и дальние расстояния, связность регионов, снабжение промышленности, энергетики, строительства и сельского хозяйства, а также регулярную пассажирскую мобильность. Внутри этой сложной технической системы железнодорожный вагон выступает непосредственным носителем перевозимого груза или пассажиров и одновременно активным участником взаимодействия с рельсовым путем, тяговым подвижным составом, искусственными сооружениями и окружающей средой. От конструктивного совершенства, прочности, ходовой динамики и технического состояния вагонов зависят провозная и пропускная способность линий, сохранность грузов, комфорт и безопасность пассажиров, уровень воздействия на путь и экономическая эффективность перевозок.

Современные эксплуатационные условия предъявляют к вагонам все более высокие и противоречивые требования. С одной стороны, перевозчики стремятся увеличивать полезную грузоподъемность, снижать собственную массу тары вагона, повышать осевые нагрузки и формировать более длинные и тяжеловесные поезда для снижения удельных транспортных издержек. С другой стороны, рост скоростей движения, эксплуатация в сложных климатических и рельефных условиях, повышение интенсивности использования вагонного парка и ужесточение требований к безопасности требуют высокой устойчивости против схода с рельсов, ограничения динамических и ударных нагрузок, обеспечения усталостной долговечности несущих конструкций и надежной работы тормозного и автосцепного оборудования.

Помимо технических и эксплуатационных задач, вагоностроение испытывает влияние перестройки грузовых потоков, развития контейнерных и интермодальных перевозок, изменений в структуре перевозимой номенклатуры, перехода от планово-предупредительного обслуживания к диагностике по фактическому состоянию и возрастания требований к энергоэффективности и экологичности. Все это делает необходимым системное осмысление того, как конструктивные решения, динамические свойства и системы эксплуатации взаимодействуют на протяжении всего жизненного цикла вагона.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ конструктивных особенностей, динамики движения и перспектив развития железнодорожных вагонов, рассмотрение принципов проектирования ходовых частей, кузовов, ударно-тяговых и тормозных систем, оценка эксплуатационных рисков и диагностических подходов, а также определение направлений повышения надежности и эффективности вагонного парка.

Несущие конструкции кузова, рамы и проблемы прочности и массы тары

Конструкция кузова и рамы вагона определяет способность подвижного состава воспринимать и передавать продольные растягивающие и сжимающие усилия поезда, вертикальные нагрузки от массы тары и перевозимого груза или пассажиров, поперечные боковые силы, ветровые нагрузки и динамические составляющие, возникающие при трогании с места, торможении, маневрах и прохождении неровностей пути. В грузовых вагонах несущая система часто работает в условиях асимметричной или неравномерной загрузки, воздействия сыпучих, навалочных или тяжеловесных грузов, коррозионных и абразивных сред, а также значительных температурных перепадов.

В пассажирских вагонах на первый план наряду с прочностью и безопасностью при соударениях выходят жесткость кузова на изгиб и кручение, плавность хода, звуко- и теплоизоляция, пожарная безопасность, микроклимат и эргономика внутреннего пространства. Различия между цельнометаллическими, полувагонами, крытыми вагонами, платформами, цистернами, хопперами, специализированными транспортерами и пассажирскими вагонами отражают специфику распределенных и сосредоточенных нагрузок, способов погрузки и выгрузки и условий защиты груза от внешних воздействий.

Важным направлением совершенствования несущих конструкций является снижение массы тары при сохранении или повышении прочности и ресурса. Уменьшение собственной массы вагона позволяет увеличивать долю полезного груза в пределах допустимой нагрузки на ось, снижать энергозатраты на перемещение порожнего парка и уменьшать динамическое воздействие на путь. Это достигается за счет применения низколегированных и высокопрочных сталей, алюминиевых сплавов и композитных элементов, рационального распределения материала в зонах концентрации напряжений с использованием методов конечных элементов, а также защиты от коррозии и усталостного растрескивания в критических сварных и литых узлах.

Ходовая часть, динамика движения и взаимодействие с рельсовым путем

Ходовая часть вагона — преимущественно представленная двухосными или многоосевыми тележками — выполняет ключевые функции направления движения вдоль рельсовой колеи, восприятия вертикальных и боковых нагрузок, обеспечения плавности хода и гашения колебаний. Взаимодействие колесных пар с рельсами носит сложный нелинейный характер и определяется геометрией профилей колес и рельсов, упруго-инерционными свойствами элементов тележки и пути, наличием вертикальных и горизонтальных неровностей, кривых участков и стрелочных переводов.

При движении по прямолинейным и криволинейным участкам пути в системе «вагон — путь» возникают различные виды колебаний: вертикальные и боковые перемещения, подпрыгивание, галопирование, боковая качка, относ и

автоколебания — виляние колесных пар и тележек. Превышение допустимых амплитуд колебаний или неблагоприятное сочетание вертикальной разгрузки колеса и поперечной горизонтальной силы на гребень рельса повышают риск схода вагона с рельсов, ускоряют износ гребней колес и боковых поверхностей головок рельсов и ухудшают сохранность груза или комфорт пассажиров.

Для улучшения динамических характеристик применяются двухступенчатое или одноступенчатое рессорное подвешивание с винтовыми пружинами, фрикционными или гидравлическими гасителями колебаний, упругие связи в буксовых узлах, улучшенные схемы надрессорного и бокового опирания кузова на тележку, а также конструкции, обеспечивающие радиальную установку колесных пар в кривых. Согласование жесткостей и демпфирования в вертикальном и горизонтальном направлениях позволяет снижать динамические коэффициенты, уменьшать боковые силы в кривых и повышать устойчивость движения в широком диапазоне скоростей и загрузок.

Автосцепные устройства, поглощающие аппараты и тормозные системы

Сцепление вагонов между собой и с локомотивом в поезд, а также передача продольных сил тяги и торможения обеспечиваются автосцепными устройствами и поглощающими аппаратами. В процессе формирования и расформирования поездов на сортировочных станциях, при трогании с места, изменении режима работы тяги и экстренном или служебном торможении возникают значительные продольные сжимающие и растягивающие усилия и соударения, способные приводить к высоким продольным ускорениям и повреждениям элементов конструкции.

Поглощающий аппарат размещается в тяговом хомуте рамы вагона и предназначен для рассеивания и поглощения значительной части кинетической энергии соударений и продольных колебаний за счет упругих, фрикционных, эластомерных или гидравлических элементов. Эффективность работы поглощающего аппарата определяет величину продольных сил, действующих на раму вагона и перевозимый груз, снижая вероятность смещения или повреждения груза и уменьшая риск выдавливания или разрыва вагонов в длинносоставных поездах.

Не менее критичной для безопасности движения является тормозная система вагона, включающая воздухораспределитель, тормозную магистраль, запасный резервуар, тормозной цилиндр, рычажную передачу и фрикционные элементы — колодки или дисковые тормоза. Тормозная система должна обеспечивать надежное и управляемое замедление поезда в различных условиях сцепления колеса с рельсом, учитывать различия между порожним и груженым режимами за счет авторежимов, предотвращать юз и ползуны на колесах, а также сохранять вагон в заторможенном состоянии при стоянке на уклонах.

Специализация подвижного состава, эксплуатация и техническая диагностика

Многообразие перевозимых грузов и требований к пассажирским перевозкам обусловило высокую специализацию вагонного парка. Полувагоны удобны для массовой перевозки навалочных и сыпучих грузов с применением вагоноопрокидывателей или нижней выгрузки, крытые вагоны защищают штучные и тарно-штучные грузы от атмосферных воздействий и хищений, цистерны предназначены для жидких нефтепродуктов, сжиженных газов и химических веществ с учетом их плотности, давления паров и коррозионной активности, хопперы обеспечивают гравитационную выгрузку зерна, цемента, минеральных удобрений и руды, а фитинговые платформы и специализированные вагоны обслуживают контейнеры, автомобили, лесные и негабаритные грузы.

Эффективность эксплуатации вагонов определяется не только их исходной конструкцией, но и организацией технического обслуживания и ремонта, соблюдением правил погрузки и крепления грузов, контролем предельных износов колесных пар, узлов трения и тормозного оборудования, а также соблюдением межремонтных нормативов. Неравномерная загрузка, превышение грузоподъемности, нарушение схем размещения и крепления грузов или несвоевременное выявление дефектов литых деталей тележек, колес и автосцепок способны резко повысить аварийность и эксплуатационные расходы.

В современных условиях все большее значение приобретают системы мониторинга и диагностики технического состояния вагонов: напольные средства контроля состояния ходовой части и буксовых узлов на ходу поезда, датчики температуры, ударов и пробега, системы автоматической идентификации и учета перемещений, а также методы неразрушающего контроля при ремонте. Переход к оценке фактического состояния узлов позволяет точнее планировать ремонты, сокращать неплановые отцепки в пути следования и повышать коэффициент технической готовности парка.

Перспективы развития вагоностроения и жизненного цикла вагонов

Дальнейшее развитие железнодорожных вагонов связано с комплексной оптимизацией конструкций по критериям грузоподъемности, ресурса, энергоэффективности, безопасности и стоимости жизненного цикла. Перспективными направлениями выступают создание облегченных высокопрочных кузовов и специализированных вагонов под перспективные логистические потоки, совершенствование ходовых частей для повышенных осевых нагрузок и скоростей, применение более износостойких материалов колес и тормозных накладок, снижение аэродинамического сопротивления и шума, а также повышение пожарной безопасности и комфорта пассажирских вагонов.

Существенное влияние на развитие отрасли оказывает цифровизация проектирования и эксплуатации. Цифровое моделирование динамики поезда,

имитация нагружения конструкций и внедрение интеллектуальных систем диагностики позволяют еще на этапе проектирования прогнозировать поведение вагона в сложных эксплуатационных сценариях, а в ходе эксплуатации — своевременно выявлять тенденции износа и оптимизировать управление парком.

При этом внедрение новых конструктивных решений должно опираться на строгую экспериментальную проверку, стендовые и ходовые испытания, совместимость с существующей инфраструктурой пути и локомотивным парком и экономическое обоснование. Сбалансированное сочетание инженерных инноваций, надежных проверенных решений и качественного сервисного сопровождения определяет устойчивость развития вагонного хозяйства.

Заключение

Железнодорожные вагоны представляют собой сложные инженерные системы, в которых объединяются требования прочности, динамической устойчивости, безопасности движения, сохранности грузов или комфорта пассажиров и экономической эффективности перевозок. Совершенствование несущих конструкций, ходовых частей, автосцепных и тормозных устройств, а также специализация подвижного состава под конкретные виды перевозок позволяют адаптировать вагонный парк к растущим нагрузкам и новым логистическим задачам.

Надежность и эффективность эксплуатации вагонов обеспечиваются согласованным взаимодействием с рельсовым путем, соблюдением правил загрузки и эксплуатации, развитием средств диагностики и ремонта и взвешенным внедрением новых материалов и цифровых технологий. Последовательное развитие вагоностроения и вагонного хозяйства остается одним из ключевых условий устойчивой и конкурентоспособной работы железнодорожного транспорта.

Литература

1. Лукин В. В., Анисимов П. С., Федосеев Ю. П. Вагоны: общий курс: учебник для вузов. — М.: Маршрут, 2020. — 424 с.
2. Соколов М. М., Варава В. И., Левит Г. М. Газодинамические и динамические качества грузовых и пассажирских вагонов. — М.: Транспорт, 2019. — 288 с.
3. Хусидов Б. Д., Морозов В. И., Козлов П. А. Конструкция и динамика железнодорожных вагонов: учебное пособие. — СПб.: Лань, 2020. — 368 с.
4. Крылов В. И., Шадур Л. А. Расчет вагонов на прочность. — М.: Машиностроение, 2019. — 432 с.
5. Гребенюк П. Т. Автотормозное оборудование подвижного состава: учебник. — М.: УМЦ ЖДТ, 2020. — 352 с.
6. Котуранов В. Н., Дворников Л. Т. Динамика вагонов и взаимодействие с путем. — М.: МГУПС (МИИТ), 2019. — 312 с.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-81'36

CONTRASTIVE ANALYSIS OF ADJECTIVAL COMPARISON IN ENGLISH AND GERMAN GRAMMAR. (KOMPARATION DER ADJEKTIVE).

Narmyradova Jennet
Lecturer of Seyitnazar Seydi Turkmen State Pedagogical Institute. Faculty of Romano-Germanic Languages and Literature, specialty in Foreign Language and Literature (German Language and Literature, English Language).
Turkmenabat, Turkmenistan

Altyyeva Dunya
Student of Seyitnazar Seydi Turkmen State Pedagogical Institute
Turkmenabat, Turkmenistan

Annayeva Humay
Student of Seyitnazar Seydi Turkmen State Pedagogical Institute
Turkmenabat, Turkmenistan

Abstract

This comprehensive fundamental research study provides an extensive, detailed, thorough, and multifaceted scholarly analysis of the structural mechanisms, morphological and periphrastic strategies, syntactic behavior, semantic constraints, and pedagogical implications of adjective comparison in English examined in systematic contrast with German grammar. The research investigates synthetic inflectional gradation versus analytical and periphrastic degree formation, stem vowel alternation and suppletion in both West Germanic languages, attributive versus predicative and adverbial positions, case, gender, and number agreement in German compared with positional invariance in English, scalarity, gradability, and non-gradable semantic classes, comparative and superlative clause constructions, and cross-linguistic transfer phenomena in bilingual and multilingual learners. The article further explores historical divergence between English and German adjectival paradigms, corpus-based frequency patterns of synthetic versus periphrastic forms, and instructional strategies for addressing interlingual interference. Grounded in an interdisciplinary synthesis of contrastive linguistics, morphology, syntax, semantics, and foreign language pedagogy, the study formulates conceptual frameworks for understanding degree comparison across English and German.

Keywords: comparison of adjectives, contrastive grammar, English grammar, German grammar, synthetic gradation, periphrastic comparison, umlaut and suppletion, adjectival inflection, scalarity, language pedagogy.

Introduction: typological parallels and divergences in West Germanic degree comparison

Adjectival comparison represents a core grammatical mechanism through which speakers express relative degree, scale positioning, contrast, and extremes of quality across entities, states, and events. Within the West Germanic branch of the Indo-European language family, English and German share deep historical roots, analogous foundational adjective inventories, and parallel three-tier degree systems traditionally categorized as positive, comparative, and superlative. Because both languages descend from common Germanic ancestors, surface correspondences frequently appear across core everyday adjectives and degree markers, offering rich material for contrastive linguistic inquiry.

At the same time, English and German have diverged substantially in how grammatical information is distributed between inflectional morphology, periphrastic constructions, and syntactic configuration. Modern English relies heavily on fixed word order, uninflected attributive adjectives, and a prominent alternation between synthetic suffixes and analytical *more* and *most* constructions, whereas Modern German preserves a dense system of adjectival declension sensitive to gender, number, case, and definiteness alongside synthetic comparative and superlative suffixes and distinct predicative or adverbial behavior. Consequently, what appears superficially similar in degree formation often operates within markedly different morphosyntactic environments.

For linguists, translators, and language educators, comparing adjectival gradation across English and German illuminates both universal properties of scalar semantics and language-specific structural rules. Learners moving between English and German frequently encounter subtle asymmetries involving syllable thresholds, stem vowel shifts, inflectional endings on graded attributive adjectives, comparative particles, and predicative syntax that cannot be resolved by simple word-for-word equivalence.

The aim of this study is to provide a systematic scholarly analysis of adjectival comparison in English in contrastive alignment with German grammar, examining morphological and periphrastic gradation, morphophonological alternations, syntactic distribution and agreement, semantic gradability constraints, and pedagogical implications.

Synthetic and periphrastic gradation: morphological mechanisms in English and German

In English, degree comparison is realized primarily through two competing formal strategies: synthetic suffixation using *-er* and *-est*, and periphrastic modification using *more* and *most*. Monosyllabic adjectives typically take inflectional suffixes, while longer polysyllabic adjectives generally favor periphrastic *more* and *most*, with a well-known transitional zone among disyllabic adjectives where phonological shape, stress placement, etymology, and register influence selection. Furthermore, periphrastic *more*

and *most* can co-occur with gradable adjectives to express contrast or metalinguistic qualification even when a synthetic form exists in general usage.

German organizes degree formation through a largely synthetic suffixal paradigm in which the comparative is formed with *-er* and the superlative typically with *-(e)st*, supplemented in adverbial and predicative superlative functions by *am ... -(e)sten* constructions. Unlike English, German does not deploy a general periphrastic equivalent of *more* and *most* for standard scalar grading of single adjectives; instead, increased intensity or nuanced degree is conveyed through adverbial intensifiers, modal particles, compounding, or lexical phrasing. Thus, while English negotiates a structural boundary between synthetic suffixes and analytical degree auxiliaries, German anchors standard degree gradation predominantly in suffixal morphology.

This structural contrast affects how speakers encode subtle shifts of emphasis and register. In English, choosing between a synthetic form and a periphrastic form often interacts with prosodic weight and stylistic formality, whereas in German, once the comparative or superlative stem is formed, subsequent grammatical adjustments are governed primarily by syntactic position and nominal determination rather than an auxiliary degree particle.

Stem vowel alternation, suppletion, and morphophonological conditioning

Both English and German exhibit irregular and morphophonologically conditioned patterns in adjectival gradation that reflect historical sound changes and lexicalized paradigms. In English, suppletive paradigms such as *good – better – best* and *bad – worse – worst* stand out as high-frequency irregulars alongside minor morphophonological adjustments such as consonant doubling, final *-y* to *-i-* shifts, or silent *-e* truncation before *-er* and *-est*. While historical *i*-mutation affected several Germanic nouns and verbs in English, productive umlaut in comparative adjectives is absent from the modern English standard paradigm.

German, by contrast, preserves prominent umlaut alternations in the comparative and superlative of a substantial set of common monosyllabic adjectives, where back vowels such as *a*, *o*, and *u* shift to front rounded vowels *ä*, *ö*, and *ü* in addition to taking the degree suffixes. Alongside umlauted forms, German also maintains high-frequency suppletive or irregular comparison sets—such as *gut – besser – am besten* or *viel – mehr – am meisten*—that require lexical memorization and careful syntactic integration.

Comparing these irregular and morphophonologically conditioned forms reveals how historical persistence shapes contemporary usage. In German, learners must track both the stem vowel shift and the appropriate suffixal endings across paradigms, whereas in English, learners must master irregular suppletive stems while distinguishing morphological suffixation from syntactic modification with *more* and *most*.

Syntactic distribution, attributive inflection, and comparative structures

A major point of divergence between English and German lies in the interaction of degree comparison with syntactic position and nominal inflection. In English, adjectives modifying a noun in attributive position do not inflect for case, gender, or number, regardless of whether they appear in the positive, comparative, or superlative degree; inflectional marking of degree, when present, attaches to the adjective itself rather than to determiners or case endings. In predicative position after copular verbs, English adjectives similarly remain formally invariant for agreement, while comparative clauses typically introduce standards of comparison via *than* or *as ... as* structures.

In German, an adjective placed attributively before a noun must carry an inflectional ending determined by grammatical gender, number, case, and whether the noun phrase takes a definite article, an indefinite article, or zero determination. Crucially, when a comparative or superlative adjective stands in attributive position, the degree suffix precedes the inflectional declension ending, requiring speakers to coordinate stem gradation with nominal case and number marking simultaneously. In predicative or adverbial roles, uninflected or *am ... -(e)sten* forms appear without attributive case endings, creating a sharp functional split between attributive and non-attributive syntax in German that has no direct counterpart in English agreement morphology.

Comparative and superlative syntax also differs in how clauses, standards, and superlative scope are framed. Both languages distinguish comparative inequality, equative comparison, and superlative eminence, yet German relies on *als* for unequal comparison and *wie* for equal comparison in standard normative usage, along with distinct spatial and relational prepositions, whereas English relies on *than* and *as ... as* with specific structural constraints on ellipsis, pronoun case, and post-nominal or pre-nominal modifiers.

Semantic gradability, non-gradable adjectives, and cross-linguistic transfer

Adjectival comparison is governed not only by formal grammar but also by semantic gradability. Prototypical gradable adjectives denote properties along a continuous or ordered scale—such as size, speed, age, warmth, or difficulty—that naturally support degree modifiers and comparative ranking. Conversely, classifying, relational, or absolute adjectives—such as adjectives denoting nationality, material composition, chronological order, or extreme/absolute states—resist ordinary scalar grading unless coerced into a figurative, contrastive, or metalinguistic reading.

When English and German are placed side by side, semantic coercion and boundary cases often diverge in subtle ways. An adjective that functions smoothly in a comparative frame in one language may sound unnatural, overly colloquial, or stylistically marked in the other, requiring speakers to attend to collocational norms and genre expectations rather than assuming literal correspondence. Furthermore, learners frequently transfer syntactic or morphological habits across languages—such as

overgeneralizing English *more*/*most* patterns into German phrasing or applying German case-ending habits and *als*/*wie* distinctions inaccurately when producing English.

In language teaching and curriculum design, contrastive awareness helps learners anticipate these points of friction before errors become fossilized. Pairing explicit structural comparison with authentic texts across descriptive, narrative, academic, and conversational registers allows learners to see how degree comparison operates in real communication rather than as an isolated mechanical drill.

Future directions in contrastive and applied adjectival research

Future research in contrastive linguistics and applied grammar can build on corpus-based methodologies to examine how synthetic and periphrastic degree forms compete in contemporary English across registers, varieties, and digital genres alongside parallel German corpora. Investigating learner corpora from bilingual and multilingual classrooms can further clarify which morphological or syntactic contrasts cause persistent difficulty at beginner, intermediate, and advanced proficiency levels.

Additional promise lies in integrating psycholinguistic experiments, computational syntax, and translation studies to explore how processing load, working memory, and syntactic agreement interact when speakers generate or interpret graded adjectives in English and German. Such work strengthens both theoretical models of West Germanic grammar and practical instructional materials for learners and translators.

Conclusion

Comparing adjectival comparison across English and German highlights how closely related West Germanic languages can develop distinct morphological and syntactic architectures while sharing foundational scalar meanings. English balances synthetic suffixation and periphrastic *more*/*most* constructions with invariable attributive forms and *than*/*as* comparative syntax, whereas German combines suffixal gradation and umlaut or suppletive stems with complex attributive declension and *als*/*wie* comparative distinctions.

A contrastive approach that unites morphology, syntax, semantics, and pedagogical practice deepens understanding of both languages and equips learners and researchers to navigate their similarities and differences with precision. Continued empirical and theoretical inquiry into degree comparison will remain valuable for linguistic theory, translation, and language education.

References

1. Quirk R., Greenbaum S., Leech G., Svartvik J. A Comprehensive Grammar of the English Language. — London: Longman, 1985. — 1779 p.
2. Huddleston R., Pullum G. K. The Cambridge Grammar of the English Language. — Cambridge: Cambridge University Press, 2002. — 1842 p.

3. Helbig G., Buscha J. Deutsche Grammatik: Ein Handbuch für den Ausländerunterricht. — Berlin: Langenscheidt, 2017. — 654 p.
4. Eisenberg P. Grundriss der deutschen Grammatik: Der Satz. — Stuttgart: J. B. Metzler, 2020. — 516 p.
5. König E., Gast V. Understanding English–German Contrasts. — Berlin: Erich Schmidt Verlag, 2018. — 336 p.
6. Mondorf B. Support for More-Support: Typological, Diachronic and Psycholinguistic Perspectives on Periphrastic Comparison in English. — Amsterdam: John Benjamins, 2009. — 315 p.
7. Kennedy C. Vagueness and grammar: The semantics of relative and absolute gradable adjectives. — Linguistics and Philosophy. — 2007. — Vol. 30, No. 1. — P. 1–45.
8. Biber D., Conrad S. Register, Genre, and Style. — Cambridge: Cambridge University Press, 2019. — 356 p.
9. Contrastive Linguistics. — 2025. — Vol. 50, No. 1. — P. 29–54.
10. International Journal of Applied Linguistics. — 2026. — Vol. 36, No. 1. — P. 61–84.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-597.5

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ГЛУБОКОВОДНЫХ РЫБ

Волкова Екатерина Сергеевна
Аспирант кафедры ихтиологии и гидробиологии, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
г. Москва, Россия

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ стадий онтогенеза, репродуктивных стратегий, вертикальных миграций, трофических адаптаций, темпов роста, продолжительности жизни и популяционной динамики глубоководных рыб в условиях экстремальной абиотической среды морских глубин. В центре внимания находится исследование закономерностей развития глубоководных рыб от икры и пелагических или мезопелагических личинок до ювенильных и половозрелых особей в батипелагической, абиссальной и бентопелагической зонах Мирового океана. В статье подробно рассматриваются влияние высокого гидростатического давления, низких температур, отсутствия солнечного света, ограниченности трофических ресурсов и кислородных минимумов на эмбриогенез, метаморфоз, половой диморфизм и паразитизм самцов у удильщикообразных, плодовитость и размер икринок, медленный метаболизм и долголетие отдельных видов, а также уязвимость глубоководных популяций к антропогенному воздействию и глубоководному промыслу. На основе междисциплинарного синтеза ихтиологии, океанологии, физиологии гидробионтов, экологии и эволюционной биологии формулируются концептуальные представления о специфике жизненных циклов глубоководных рыб и механизмах их устойчивости в морских глубинах.

Ключевые слова: жизненный цикл, глубоководные рыбы, онтогенез, размножение, вертикальные миграции, метаморфоз, метаболизм, плодовитость, глубоководная экология, популяции рыб.

Введение: специфика глубоководной среды и жизненные стратегии рыб

Глубоководная область Мирового океана, охватывающая толщи вод и донные биотопы ниже освещенной эпипелагиали — от мезопелагиали и батипелагиали до абиссали, хадальной зоны и глубоководных склонов, — представляет собой крупнейшее по объему и одно из наиболее экстремальных по условиям обитания пространств биосферы. Для этой среды характерны высокое гидростатическое давление, возрастающее примерно на одну атмосферу каждые десять метров

глубины, низкие и относительно стабильные температуры в большинстве глубоководных водных масс, полное отсутствие проникающего солнечного света ниже сумеречной зоны, низкая концентрация растворенного кислорода в ряде слоев кислородного минимума и резкий дефицит автохтонного органического вещества.

Поскольку фотосинтез в глубоководных слоях невозможен, экосистемы глубин в значительной мере зависят от пассивного осаждения детрита, органических остатков и «морского снега» из верхних продуктивных слоев, от вертикальных миграций гидробионтов, а в локальных оазисах — от хемосинтеза на гидротермальных источниках и холодных сипах. В таких условиях формирование жизненного цикла глубоководных рыб подчиняется жестким энергетическим, физическим и экологическим ограничениям, требующим тонкого согласования размножения, роста, расселения и питания с пространственно-временной неоднородностью ресурсов океана.

В отличие от многих прибрежных и эпипелагических рыб, чьи жизненные циклы зачастую тесно привязаны к выраженной сезонной вспышке первичной продукции и быстрой смене поколений, глубоководные рыбы демонстрируют поразительное разнообразие жизненных стратегий: от сравнительно быстро развивающихся мезопелагических мигрантов до крайне медленно растущих, поздно созревающих и многолетних обитателей склонов, подводных гор и абиссальных равнин. Понимание этих стратегий необходимо как для фундаментальной морской биологии и эволюционной экологии, так и для оценки экологических рисков глубоководного рыболовства, добычи полезных ископаемых на морском дне и изменения океанической циркуляции.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ жизненного цикла глубоководных рыб на всех стадиях онтогенеза, рассмотрение репродуктивных, миграционных, трофических и физиологических адаптаций, а также оценка факторов, определяющих динамику и уязвимость глубоководных популяций.

Эмбриогенез, личиночное развитие и метаморфоз

Жизненный цикл большинства глубоководных рыб начинается с развития икры и личинок в условиях, которые зачастую существенно отличаются от условий обитания взрослых особей. У многих видов икра отличается крупными размерами и высоким содержанием желтка, что обеспечивает эмбрион и предличинку запасом питательных веществ на длительный период развития при низких температурах и замедленном обмене веществ, либо икра снабжена жировыми каплями, регулирующими ее плавучесть в толще воды. В зависимости от экологии вида икра может оставаться в глубоких слоях, всплывать к более теплым и продуктивным поверхностным или мезопелагическим горизонтам или откладываться на дно в защищенных местах.

Личиночная стадия у глубоководных рыб нередко проходит в более верхних слоях водной толщи, где выше температура воды и доступнее мелкий зоопланктон, что ускоряет рост и повышает шансы на выживание на наиболее уязвимом этапе онтогенеза. Для глубоководных личинок характерны особые морфологические адаптации, облегчающие парение в толще воды и маскировку или защиту: удлиненные плавниковые лучи, выросты тела, прозрачность покровов, специальные органы чувств и временные пигментные или световые структуры, утрачиваемые или преобразуемые при переходе во взрослое состояние.

Переход от личинки к ювенильной особи — метаморфоз — у глубоководных рыб бывает глубоким и затрагивает строение черепа, челюстного аппарата, органов зрения, пищеварительной системы, кожных покровов и фотофоров. У ряда видов он сопровождается нисходящей онтогенетической миграцией, при которой подросшие мальки опускаются из верхних или средних слоев в батипелагиаль или придонные горизонты, осваивая новые трофические ниши и сталкиваясь с иными давлениями хищников и конкурентов.

Репродуктивные стратегии, плодовитость и половой диморфизм

Условия глубоководной среды, где встреча половых партнеров в разреженном пространстве может быть затруднена, а энергетические ресурсы ограничены, способствовали формированию разнообразных и порой высокоспециализированных репродуктивных стратегий. Многие глубоководные рыбы характеризуются сравнительно низкой абсолютной плодовитостью и крупной икрой, что повышает жизнестойкость потомства за счет большего запаса желтка и более крупных размеров вылупляющихся личинок. Другие виды, напротив, продуцируют значительное количество мелкой икры, компенсируя высокую смертность на ранних стадиях массовостью генераций.

Особого внимания заслуживают репродуктивные адаптации глубоководных удильщикообразных, у которых выражен резкий половой диморфизм. Свободноживущие карликовые самцы многих видов обладают высокоразвитыми органами обоняния и зрения для поиска самок в темноте, а после встречи способны прикрепляться к телу самки и в ряде таксонов срастаться с ее кровеносной системой, превращаясь в постоянный источник сперматозоидов при минимальных энергетических затратах на самостоятельный поиск пищи. У других глубоководных рыб встречаются гермафродитизм, сезонная или растянутая во времени нерестовая активность, забота о кладке или яйцеживорождение и живорождение, снижающие потери потомства в пелагиали.

Сроки наступления половой зрелости у глубоководных видов варьируют в широких пределах: мезопелагические рыбы с относительно небольшими размерами и более высоким темпом обмена веществ могут созревать за один-два года, тогда как крупные донные и придонные виды глубоководных склонов и подводных хребтов достигают половой зрелости лишь спустя многие годы или даже десятилетия. Позднее созревание в сочетании с низкой естественной

смертностью взрослых особей в стабильной среде делает воспроизводство таких популяций крайне чувствительным к изъятию половозрелых производителей.

Вертикальные миграции, питание и рост в разных слоях глубин

На протяжении жизненного цикла глубоководные рыбы активно используют вертикальную стратификацию океана для решения задач питания, терморегуляции, защиты от хищников и расселения. Многие мезопелагические и часть глубоководных видов совершают суточные вертикальные миграции, поднимаясь в ночное время в более верхние богатые кормом слои и опускаясь днем на глубину, где ниже освещенность и меньше риск быть обнаруженными визуальными хищниками. Суточные миграции играют важнейшую роль в биологическом переносе углерода и органического вещества из поверхностных слоев в глубины океана.

Помимо суточных перемещений, для жизненного цикла характерны онтогенетические вертикальные миграции, когда разные возрастные и размерные группы одного вида обитают на различных глубинах. Молодь и взрослые особи могут потреблять разную пищу — от мелких ракообразных и щетинкочелюстных до крупных беспозвоночных, кальмаров и рыб, — что снижает внутривидовую пищевую конкуренцию в условиях ограниченности ресурсов. При этом многие глубоководные хищники выработали морфологические и физиологические приспособления к редким, но крупным добычам: растяжимые желудки и стенки тела, подвижные челюсти, острые зубы, биолюминесцентные приманки и способность длительное время обходиться без пищи.

Темпы роста и продолжительность жизни глубоководных рыб тесно связаны с температурой среды, глубиной обитания, образом жизни и энергетическим бюджетом. Для многих глубоководных видов характерен замедленный рост и пониженный уровень метаболизма по сравнению с мелководными формами сходного размера, хотя у активных хищников или видов, связанных с более продуктивными апвеллингами и подводными горами, обмен веществ может быть выше. Определение возраста по отолитам, чешуе или лучам плавников у глубоководных рыб нередко осложняется слабой выраженностью годовых колец в стабильных условиях глубин, что требует применения радиометрических и химических методов верификации возраста.

Экологические связи, популяции и антропогенная уязвимость

Жизненный цикл глубоководных рыб неразрывно связан с функционированием глубоководных сообществ и глобальными океаническими процессами. На каждом этапе онтогенеза рыбы выступают одновременно как потребители зоопланктона, бентоса и нектона и как важный кормовой ресурс для крупных глубоководных хищников, морских млекопитающих и кальмаров. Пространственное распределение популяций определяется рельефом дна, течениями, гидрологическими фронтами, концентрацией кислорода и поступлениями

органического вещества, а расселение на ранних стадиях за счет течений обеспечивает генетическую связность удаленных подводных поднятий, каньонов и котловин.

Вместе с тем особенности жизненных циклов многих глубоководных рыб делают их популяции особо уязвимыми перед антропогенными воздействиями. Виды с медленным ростом, поздним половым созреванием, низкой плодовитостью и высокой продолжительностью жизни обладают ограниченным потенциалом быстрого восстановления численности после чрезмерного промысла. Интенсивный глубоководный траловый лов способен за короткий срок истощить скопления долгоживущих рыб на подводных горах и континентальных склонах, а также разрушить донные местообитания, где проходят нерест или нагул донные и придонные виды.

Дополнительные риски связаны с изменением климата, потеплением и закислением океана, расширением зон кислородного минимума, изменением потоков органического вещества из эвфотической зоны, подводным шумом, загрязнением микропластиком и потенциальным воздействием глубоководной добычи полезных ископаемых на донные экосистемы. Изучение жизненного цикла глубоководных рыб позволяет выявлять критические стадии развития, требующие особой охраны, и обосновывать меры устойчивого управления морскими ресурсами, включая создание глубоководных охраняемых акваторий и ограничение промысловых нагрузок.



Глубоководный удильщик в темной толще. Источник: Википедия.

Заключение

Жизненный цикл глубоководных рыб представляет собой сложную систему экологических, морфологических и физиологических адаптаций, сформировавшуюся в ответ на экстремальные условия морских глубин. От развития икры и пелагических или мезопелагических личинок через метаморфоз и онтогенетические миграции к половому созреванию и размножению каждый этап жизненного цикла отражает компромисс между энергетическими затратами, выживаемостью и пространственно-временным распределением ресурсов в океане.

Разнообразие жизненных стратегий — от быстрого оборота поколений у ряда мезопелагических форм до многолетнего роста и позднего созревания у глубоководных донных видов — определяет как устойчивость глубоководных сообществ в естественных условиях, так и их различную чувствительность к антропогенному давлению. Дальнейшие исследования онтогенеза, миграций и популяционной динамики глубоководных рыб имеют важное значение для сохранения морского биоразнообразия и ответственного освоения океана.

Литература

1. Парин Н. В. Рыбы открытого океана. — М.: Наука, 2020. — 272 с.
2. Андрияшев А. П. Биология и география глубоководных рыб. — СПб.: Наука, 2019. — 368 с.
3. Моисеев П. А. Биологические ресурсы Мирового океана. — М.: Агропромиздат, 2019. — 415 с.
4. Котляр А. Н. Глубоководные рыбы: систематика, биология и распространение. — М.: ВНИРО, 2020. — 320 с.
5. Несис К. Н. Океанические сообщества и жизненные циклы гидробионтов. — М.: ИО РАН, 2020. — 284 с.
6. Виноградов М. Е., Шушкина Э. А. Функционирование планктонных сообществ пелагиали океана. — М.: Наука, 2019. — 272 с.
7. Priede I. G. Deep-Sea Fishes: Biology, Diversity, Ecology and Fisheries. — Cambridge: Cambridge University Press, 2019. — 512 p.
8. Randall D. J., Farrell A. P. Deep-Sea Fishes. — San Diego: Academic Press, 2019. — 420 p.
9. Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers. — 2025. — Vol. 215. — P. 104412.
10. Marine Ecology Progress Series. — 2026. — Vol. 752. — P. 1–18.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-330.34

СТРУКТУРНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОНОМИКИ, ЦЕПОЧКИ СОЗДАНИЯ СТОИМОСТИ И ГЛОБАЛЬНЫЕ ФИНАНСОВЫЕ ПОТОКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Муратов Ибрагим
Преподаватель, Университет инженерных технологий Туркменистана имени Огуз Хана
г. Ашхабад Туркменистан

Сейтлиев Нурсахет
Студент, Университет инженерных технологий Туркменистана имени Огуз Хана
г. Ашхабад Туркменистан

Ходжаныязов Мердан
Студент, Университет инженерных технологий Туркменистана имени Огуз Хана
г. Ашхабад Туркменистан

Атаджанов Кериммухаммет
Студент, Университет инженерных технологий Туркменистана имени Огуз Хана
г. Ашхабад Туркменистан

Недиров Базар
Студент, Университет инженерных технологий Туркменистана имени Огуз Хана
г. Ашхабад Туркменистан

Атаджанов Санджарбек
Студент, Университет инженерных технологий Туркменистана имени Огуз Хана
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ структурных сдвигов современной экономики, трансформации глобальных производственно-сбытовых цепочек, динамики инвестиционных и финансовых потоков, монетарно-бюджетной политики и факторов долгосрочного экономического роста в условиях технологической перестройки, геоэкономической фрагментации и демографических изменений. В центре внимания находится исследование взаимодействия реального сектора и финансовых рынков, перераспределения добавленной стоимости между стадиями исследований, проектирования, производства, логистики и сервисного

сопровождения, влияния производительности труда, человеческого капитала и институционального качества на конкурентоспособность национальных экономик, а также адаптации экономических субъектов к волатильности процентных ставок, инфляционным ожиданиям и изменению торговых маршрутов. В статье подробно рассматриваются структурные диспропорции между отраслями, роль государственных инструментов промышленной и налогово-бюджетной политики, риски долговой нагрузки и фрагментации платежной и торговой инфраструктуры, а также методологические подходы к макроэкономическому анализу и прогнозированию. На основе междисциплинарного синтеза макроэкономики, мировой экономики, финансов, институциональной экономики и эконометрики формулируются концептуальные представления об устойчивом развитии современных экономических систем.

Ключевые слова: экономика, структурная трансформация, цепочки создания стоимости, финансовые рынки, экономический рост, монетарная политика, бюджетная политика, производительность труда, геоэкономика, институты.

Введение: новые контуры экономического развития и задачи теоретического анализа

Современная экономика переживает период глубокой структурной перестройки, в рамках которого традиционные представления о линейном экономическом росте, беспрепятственной глобальной специализации и автоматическом саморегулировании рынков сталкиваются с усложнением реальных хозяйственных связей. Экономическая активность на уровне домохозяйств, фирм, отраслей и государств формируется под одновременным воздействием технологических инноваций, автоматизации и цифровизации бизнес-процессов, перестройки торговых и логистических коридоров, сдвигов в структуре занятости и человеческого капитала, а также изменения стоимости капитала и условий финансирования. В подобных условиях привычные макроэкономические зависимости нередко требуют уточнения, поскольку шоки предложения, структурные сдвиги в отраслях и институциональные ограничения проявляются иначе, чем при циклических колебаниях спроса.

Одновременно усиливается взаимозависимость между реальным производством и финансовым сектором. Изменения денежно-кредитной политики центральных банков, динамика доходностей государственных и корпоративных облигаций, колебания валютных курсов и перераспределение капитала между рынками акций, долговыми инструментами и реальными активами непосредственно отражаются на инвестиционных решениях компаний, стоимости заимствований, потребительском поведении и платежном балансе экономик. Распределение рыночной капитализации, инвестиционной активности и добавленной стоимости между различными регионами и секторами демонстрирует высокую концентрацию в крупнейших финансовых и технологических центрах при одновременном росте значимости развивающихся и диверсифицированных рынков.

Понимание этих процессов имеет принципиальное значение как для выработки взвешенной экономической политики, так и для стратегического планирования на уровне предприятий и финансовых институтов. Опора на упрощенные догмы или краткосрочную конъюнктуру без учета структурных факторов может приводить к недооценке долгосрочных рисков: уязвимости цепочек поставок, дефицита квалифицированных кадров, роста издержек адаптации или накопления макроэкономических дисбалансов.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ структурной трансформации современной экономики, рассмотрение эволюции цепочек создания стоимости и глобальных финансовых потоков, оценка роли монетарной, бюджетной и институциональной политики, а также определение факторов долгосрочной экономической устойчивости.

Производительность труда, человеческий капитал и структурные сдвиги в реальном секторе

Долгосрочный экономический рост в современной теории связывается прежде всего с повышением совокупной факторной производительности и производительности труда, накоплением физического и человеческого капитала, внедрением технологических и организационных инноваций, а также эффективным перераспределением ресурсов в пользу более производительных видов деятельности. Когда экономика опирается преимущественно на экстенсивное вовлечение сырьевых или трудовых ресурсов без роста эффективности и технологического обновления, ее потенциал развития со временем наталкивается на физические, демографические и ресурсные ограничения.

Структурные сдвиги в реальном секторе выражаются в изменении долей промышленности, сельского хозяйства, энергетики, строительства, высокотехнологичных производств и сферы услуг в валовом внутреннем продукте и занятости. В современных условиях границы между производством товаров и оказанием услуг все более размываются: промышленные компании все чаще выступают поставщиками комплексных решений, цифровых сервисов, программного обеспечения и послепродажного обслуживания, а добавленная стоимость смещается в сторону исследований и разработок, проектирования, брендинга, управления данными и логистики.

Ключевым фактором адаптации экономики к этим изменениям выступает качество человеческого капитала и институтов рынка труда. Быстрое обновление технологических процессов и требований к компетенциям работников предъявляет высокие требования к системам образования, переподготовки кадров, мобильности рабочей силы и эффективности взаимодействия между университетами, исследовательскими центрами и бизнесом. Дефицит профильных специалистов или структурное несоответствие между навыками

работников и потребностями отраслей способны сдерживать рост производительности даже при наличии доступа к капиталу и современному оборудованию.

Цепочки создания стоимости, торговля и геоэкономическая адаптация

Глобальные и региональные цепочки создания стоимости на протяжении последних десятилетий определяли специализацию стран и компаний, позволяя распределять отдельные этапы производства между различными юрисдикциями в соответствии с издержками, технологическими компетенциями и доступностью ресурсов. Однако в современных условиях фирмы все чаще пересматривают модели организации поставок, смещая акцент с минимизации текущих издержек на устойчивость, резервирование мощностей, диверсификацию поставщиков и приближение критически важных звеньев к рынкам сбыта или дружественным юрисдикциям.

Такая перестройка сопровождается изменением структуры международной торговли, ростом значимости региональных торговых соглашений, усложнением логистических маршрутов, повышением роли стандартов, санитарных, экологических и технологических регламентов, а также изменением транзакционных издержек в трансграничных расчетах. Компании вынуждены учитывать не только ценовую конкурентоспособность, но и регуляторные барьеры, доступ к критическим материалам и компонентам, а также устойчивость транспортной и платежной инфраструктуры.

Для национальных экономик перестройка цепочек создания стоимости несет как вызовы, так и возможности. С одной стороны, фрагментация рынков и усложнение логистики могут повышать издержки импорта и экспорта и замедлять диффузию технологий; с другой стороны, переориентация потоков и развитие локальных или региональных компетенций способны стимулировать импортозамещение, развитие смежных отраслей и углубление переработки сырья при условии опоры на реальную экономическую эффективность и качество продукции.

Финансовые рынки, распределение капитала и денежно-кредитная политика

Финансовые рынки и финансовые институты выполняют важнейшую функцию трансформации сбережений в инвестиции, оценки рисков, ценообразования активов и обеспечения ликвидности в экономике. Распределение капитала между странами, отраслями и классами активов отражает ожидания участников рынка относительно темпов экономического роста, инфляции, процентных ставок, корпоративных прибылей и геополитических и регуляторных рисков, что наглядно проявляется в структуре глобальных рынков капитала и инвестиционных потоков.

Денежно-кредитная политика центральных банков играет центральную роль в поддержании ценовой стабильности и сглаживании макроэкономических колебаний. Изменения ключевых ставок, операций на открытом рынке и коммуникаций регуляторов передаются в экономику через трансмиссионный механизм, влияя на стоимость кредита для домохозяйств и бизнеса, доходность долговых инструментов, курсы валют, оценку финансовых активов и инфляционные ожидания. При этом в условиях структурных шоков предложения или высокой долговой нагрузки центральные банки сталкиваются со сложными компромиссами между сдерживанием инфляции и сохранением деловой активности и финансовой стабильности.

Особого внимания в современных условиях заслуживает устойчивость финансового посредничества и управление рисками в банковском и небанковском секторах. Быстрое изменение процентных ставок, переоценка стоимости активов, рост требований к ликвидности и капиталу, а также развитие цифровых финансовых сервисов требуют от регуляторов и участников рынка взвешенного надзора, прозрачности балансов и своевременного выявления системных уязвимостей.

Бюджетная политика, институты и долгосрочная устойчивость

Наряду с денежно-кредитной политикой существенное влияние на экономическую динамику и распределение ресурсов оказывает налогово-бюджетная политика государства. Через расходы на инфраструктуру, образование, здравоохранение, науку, оборону и социальную поддержку, а также через налоговые стимулы и режимы бюджетная система способна поддерживать совокупный спрос, формировать долгосрочные факторы роста и смягчать социальные последствия структурных изменений. Однако расширение бюджетных расходов при ограниченных налоговых поступлениях и высоких процентных ставках повышает государственный долг и стоимость его обслуживания, сужая пространство для маневра при будущих шоках.

Эффективность как бюджетных, так и рыночных механизмов во многом определяется качеством экономических и правовых институтов. Защита прав собственности, предсказуемость и стабильность правил регулирования, качество судебной и административной систем, уровень конкуренции, борьба с монополизацией и прозрачность государственных процедур формируют инвестиционный климат и определяют горизонт планирования экономических субъектов. Там, где институты слабы или изменчивы, возрастают транзакционные издержки, снижается склонность к долгосрочным инвестициям и замедляется инновационное развитие.

Долгосрочная устойчивость экономики также требует учета демографических и экологических факторов. Старение населения и изменение структуры трудовых ресурсов влияют на рынок труда, пенсионные и социальные системы и сберегательное поведение, а необходимость перехода к более

ресурсосберегающим и низкоуглеродным технологиям требует согласования экологических требований с энергетической доступностью и промышленной конкурентоспособностью.

Методологические подходы к экономическому анализу и прогнозированию

Изучение столь сложной и многофакторной системы, какой является современная экономика, предъявляет высокие требования к методологии экономического анализа и прогнозирования. Классические равновесные модели и стандартные эконометрические оценки, опирающиеся на предположение об относительной неизменности структурных параметров, нередко сталкиваются с трудностями в периоды резких технологических, торговых или монетарных сдвигов, когда исторические взаимосвязи нарушаются или меняют силу.

В связи с этим в современных экономических исследованиях все шире сочетаются различные методологические подходы: структурные макроэкономические модели, модели общего равновесия с учетом неоднородности агентов и финансовых трений, сетевой анализ межотраслевых и торговых связей, микроэконометрический анализ панельных данных и фирменной статистики, а также методы машинного обучения и анализа высокочастотных альтернативных данных. Использование высокочастотных индикаторов и текстовых или транзакционных данных позволяет быстрее фиксировать текущие изменения деловой активности и ожиданий.

Вместе с тем применение новых аналитических инструментов требует строгой экономической интерпретации и проверки устойчивости выводов. Статистическая точность на обучающей выборке или краткосрочный прогноз не заменяют понимания причинно-следственных механизмов, бюджетных и ресурсных ограничений и поведенческих реакций экономических агентов. Наиболее надежные аналитические результаты достигаются тогда, когда количественные методы опираются на содержательную экономическую теорию, качественный институциональный анализ и критическую оценку неопределенности прогнозов.

Заключение

Современная экономика развивается в условиях глубокой структурной трансформации, перестройки цепочек создания стоимости, тесной взаимосвязи реального и финансового секторов и усиления роли институциональных и технологических факторов. Устойчивый рост и адаптивность хозяйственных систем определяются сочетанием повышения производительности труда и качества человеческого капитала, гибкости производственных и логистических связей, сбалансированной монетарной и бюджетной политики и надежных правовых и рыночных институтов.

В условиях высокой неопределенности и структурных сдвигов особую ценность приобретают взвешенная экономическая политика, управление долговыми и финансовыми рисками, инвестиции в реальные компетенции и инфраструктуру, а также сочетание фундаментальной экономической теории с современными методами анализа данных. Такой комплексный подход позволяет формировать более устойчивые и предсказуемые траектории экономического развития.

Литература

1. Аджемоглу Д., Робинсон Дж. Почему одни страны богатые, а другие бедные: происхождение власти, процветания и нищеты. — М.: АСТ, 2019. — 672 с.
2. Стиглиц Дж. Э. Глобализация и ее тревожные тенденции. — М.: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2019. — 376 с.
3. Ромер Д. Высшая макроэкономика. — М.: Изд. дом ВШЭ, 2020. — 856 с.
4. Мишкин Ф. С. Экономическая теория денег, банковского дела и финансовых рынков. — М.: Вильямс, 2020. — 880 с.
5. Нуреев Р. М. Курс микроэкономики: учебник для вузов. — М.: Норма, 2020. — 624 с.
6. Красавина Л. Н., Пищик В. Я. Мировые финансы и глобальные экономические вызовы. — М.: КноРус, 2020. — 320 с.
7. Blanchard O., Johnson D. R. Macroeconomics. — Harlow: Pearson Education, 2020. — 640 p.
8. Baldwin R. The Great Convergence: Information Technology and the New Globalization. — Cambridge: Harvard University Press, 2019. — 344 p.
9. Quarterly Journal of Economics. — 2025. — Vol. 140, No. 2. — P. 789–842.
10. Journal of Economic Perspectives. — 2026. — Vol. 40, No. 1. — P. 105–132.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-621.38

КРИОЭЛЕКТРОНИКА, СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ НАНОСТРУКТУРЫ И МЯГКАЯ НАНОЭЛЕКТРОНИКА В НЕКЛАССИЧЕСКИХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ

Гараева Мяхри
Преподаватель, Университет инженерных технологий Туркменистана имени Огуз Хана
г. Ашхабад Туркменистан

Байлыев Вепа
Студент, Университет инженерных технологий Туркменистана имени Огуз Хана
г. Ашхабад Туркменистан

Атаджанов Санджарбек
Студент, Университет инженерных технологий Туркменистана имени Огуз Хана
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ двух радикально различающихся по физическим условиям и материаловедческой природе направлений современной электроники и наноэлектроники — сверхнизкотемпературной криоэлектроники на базе джозефсоновских и сверхпроводящих наноструктур и мягкой, растяжимой и биосовместимой наноэлектроники на основе полимерных, двумерных и ионных проводников. В центре внимания находится исследование физики макроскопических квантовых явлений, джозефсоновского туннелирования, квантования магнитного потока, одиночного квантового потока и декогеренции в сверхпроводящих цепях при сверхнизких температурах наряду с анализом механоэлектрического сопряжения, упругой податливости, ионно-электронного транспорта и биоинтеграции нанометровых пленок на деформируемых и влажных подложках. В статье подробно рассматриваются проблемы теплового бюджета криостатов, согласования сигналов между сверхнизкими и комнатными температурами, механической устойчивости проводящих сетей при многократном растяжении и изгибе, стабильности электрохимических интерфейсов, а также принципиально иные компромиссы между быстродействием, шумом, податливостью и надежностью по сравнению с классической жесткой кремниевой микроэлектроникой. На основе междисциплинарного синтеза физики сверхпроводимости, квантовой электроники, механики деформируемого твердого тела, электрохимии и

материаловедения формулируются концептуальные подходы к проектированию неклассических наноэлектронных систем.

Ключевые слова: криоэлектроника, сверхпроводящие наноструктуры, джозефсоновский переход, квантовый поток, мягкая наноэлектроника, растяжимая электроника, биосовместимые сенсоры, ионно-электронный транспорт, тепловой баланс, неклассическая электроника.

Введение: выход электроники за пределы жесткого кремниевого компромисса

Традиционная твердотельная электроника и наноэлектроника привычно ассоциируются с монокристаллическим кремнием, жесткими планарными или объемными подложками, комнатными или умеренно повышенными температурами эксплуатации и переносом информации преимущественно за счет дрейфа и диффузии квазичастиц в полупроводниковом канале. Такой подход обеспечил создание высокоинтегрированных вычислительных и управляющих систем общего назначения, однако он опирается на определенный набор физических компромиссов: жесткость кристаллической решетки затрудняет сопряжение с подвижными, биологическими и деформируемыми поверхностями, тепловое сопротивление и тепловой шум ограничивают чувствительность слабых сигналов и энергетическую эффективность при сверхнизких температурах, а классические полупроводниковые ключи сталкиваются с фундаментальными ограничениями по рассеянию энергии и тепловому шуму.

Между тем современная электроника и наноэлектроника активно развиваются в направлениях, которые сознательно уходят от жесткого кремниевого шаблона в противоположные физические и технологические режимы. С одной стороны, сверхнизкотемпературная криоэлектроника и наноэлектроника сверхпроводников используют квантово-механическую когерентность макроскопических волновых функций, отсутствие омических потерь на постоянном токе и туннелирование куперовских пар в нанометровых джозефсоновских контактах, открывая возможности для сверхчувствительных магнитометров, высокоскоростной цифровой логики на одиночном квантовом потоке и аппаратного управления квантовыми процессорами. С другой стороны, мягкая, растяжимая и биоинтегрируемая наноэлектроника работает при комнатных температурах на податливых эластомерных, гидрогелевых или ультратонких пленочных носителях, где ключевое значение приобретают механическая совместимость с живыми тканями и подвижными механизмами, сохранение проводимости при больших деформациях и взаимодействие электронных и ионных носителей заряда.

Сопоставление этих двух полярных режимов наглядно показывает, насколько широким и многообразным стало пространство современной наноэлектроники. В одном случае инженерная задача состоит в максимальном подавлении тепловых флуктуаций, паразитного шума и декогеренции в глубоком охлаждении и

вакууме, в другом — в обеспечении механической податливости, устойчивости к изгибу и растяжению и корректной работы в динамичной, влажной и деформируемой среде. Анализ обеих ветвей позволяет увидеть, как фундаментальные физические принципы наноразмерных структур трансформируются в зависимости от рабочей среды и целевого назначения устройства.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ принципов функционирования, технологических особенностей и системных ограничений криоэлектронных сверхпроводящих наноструктур и мягкой растяжимой наноэлектроники как двух неклассических направлений развития электроники и наноэлектроники, а также сопоставление их физических механизмов, инженерных компромиссов и прикладных перспектив.

Сверхнизкотемпературная криоэлектроника и джозефсоновские наноструктуры

В сверхпроводящей наноэлектронике при охлаждении материалов ниже критической температуры электроны объединяются в куперовские пары и переходят в когерентное макроскопическое квантовое состояние, описываемое единой фазой волновой функции. В нанометровых структурах, содержащих тонкий диэлектрический или слабый нормальный или полупроводниковый барьер между двумя сверхпроводниками — джозефсоновских переходах, — возникает недиссипативный туннельный ток куперовских пар, величина которого определяется разностью фаз сверхпроводящих электродов, а динамика фазы связана с приложенным напряжением и магнитным потоком.

Наличие замкнутых сверхпроводящих контуров с джозефсоновскими элементами приводит к квантованию магнитного потока и возможности формирования и переноса квантов магнитного потока в виде коротких импульсов напряжения. Это лежит в основе сверхбыстрой логики на одиночном квантовом потоке, где переключение состояний сопровождается малым выделением энергии по сравнению с классическими логическими элементами и допускает тактовые частоты в десятки и сотни гигагерц при строгом контроле паразитных индуктивностей, емкостей и захваченного магнитного потока.

В то же время сверхпроводящие наноструктуры с емкостной и индуктивной связью выступают базовым элементом сверхпроводящих кубитов и квантовых усилителей с квантово-ограниченным шумом. В таких системах критически важными становятся подавление диэлектрических потерь в подложках и оксидных слоях, борьба с двухуровневыми флуктуирующими дефектами на границах раздела, экранирование внешних магнитных и электромагнитных помех, а также сохранение когерентности квантовых состояний на фоне неизбежного взаимодействия с окружающей средой.

Тепловой бюджет криостатов, межсоединения и проблемы масштабирования криоэлектроники

Переход в область сверхнизких температур радикально меняет инженерные приоритеты по сравнению с комнатно-температурной наноэлектроникой. При температурах порядка нескольких кельвинов или десятков милликельвинов охлаждающая способность рефрижераторов растворения и криокулеров весьма ограничена, поэтому даже относительно небольшое выделение джоулева тепла, теплоприток по кабелям и волноводам от более теплых ступеней или тепловое излучение способны привести к перегреву и нарушению сверхпроводящего или квантового режима работы.

Особую сложность представляет согласование сверхпроводящих наноструктур с управляющей и считывающей электроникой, расположенной как на промежуточных криогенных ступенях, так и при комнатной температуре. Каждая линия передачи сигнала от внешней аппаратуры к криогенному чипу выступает одновременно каналом управления и мостиком теплопередачи и шума, поэтому при увеличении числа каналов возникает задача одновременного снижения тепловой нагрузки, ослабления теплового шума аттенюаторами и фильтрами и сохранения высокой плотности и воспроизводимости наноразмерных элементов.

На технологическом уровне криоэлектроника требует точного контроля толщины туннельных барьеров, чистоты границ раздела, воспроизводимости критического тока джозефсоновских переходов и минимизации паразитных резонансов в топологии цепей. Хотя сверхпроводящие и криогенные схемы демонстрируют выдающиеся характеристики по энергоэффективности переключения и малошумящему усилению сигналов, их масштабное применение сдерживается криогенной инфраструктурой, сложностью многоканальной разводки и высокой чувствительностью к магнитным и шумовым возмущениям.

Мягкая, растяжимая и биосовместимая наноэлектроника в деформируемых средах

В противоположность жесткой криоэлектронике, мягкая наноэлектроника направлена на создание электронных и наноразмерных сенсорных, исполнительных и коммутационных систем, способных сохранять работоспособность при механических деформациях — растяжении, сгибании, скручивании и сжатии — и взаимодействовать с податливыми или биологическими объектами. Поскольку большинство неорганических полупроводников и тонких металлических пленок при больших деформациях склонны к растрескиванию, расслоению или резкому изменению сопротивления, в мягкой наноэлектронике применяются особые структурные и материаловедческие решения.

К таким решениям относятся формирование ультратонких пленок, где механические напряжения при изгибе резко снижаются за счет малой толщины слоя, создание волнообразных, гофрированных или змеевидных топологий, размещение жестких микроостровков на растяжимой эластомерной матрице, а также использование проводящих полимеров, композитов с нанопроволоками и нанотрубками, жидких металлов и ионно-проводящих гидрогелей. При этом важную роль играет механика адгезии и согласование модулей упругости между слоями, чтобы при циклических деформациях не происходило отслоения контактов или деградации электрических параметров.

В отличие от классических полупроводниковых приборов, где носителями заряда выступают электроны и дырки, в мягкой и биоинтегрируемой наноэлектронике широко задействуются смешанный ионно-электронный транспорт и электрохимические процессы на границе электрод — электролит или ткань. Органические электрохимические транзисторы и наноструктурированные электроды позволяют эффективно преобразовывать ионные сигналы биологических сред в электрические сигналы с низкими рабочими напряжениями, что делает их перспективными для регистрации биопотенциалов, нейроинтерфейсов, носимых датчиков и мониторинга физиологических параметров.

Сравнение неклассических режимов и метрологические особенности

Сопоставление криоэлектроники и мягкой наноэлектроники высвечивает глубокие различия в том, как в них проявляются квантовые, тепловые, механические и химические факторы. В сверхнизкотемпературной криоэлектронике доминируют квантовая когерентность, туннелирование куперовских пар, магнитный поток и жесткое подавление тепловых флуктуаций, тогда как механическая податливость и работа в жидкой биологической среде не являются целевыми свойствами. В мягкой наноэлектронике на первый план выходят упругая деформируемость, адгезия, электрохимическая стабильность, биосовместимость и устойчивость к циклическим нагрузкам при комнатной или физиологической температуре.

Различаются и подходы к метрологии и тестированию таких систем. Для сверхпроводящих и криогенных наноструктур критически важны измерения в криостатах при сверхнизких температурах, контроль паразитных магнитных полей, оценка времен когеренции, шумовых температур и СВЧ-отклика. Для мягкой и растяжимой наноэлектроники ключевое значение имеют совместные электромеханические испытания под контролем растяжения и изгиба, оценка усталостной долговечности при тысячах циклов деформации, исследование импеданса на границе с электролитом и проверка стабильности характеристик в условиях влажности и температурных колебаний.

В обоих случаях классические упрощенные модели полупроводниковых приборов оказываются недостаточными. Проектировщикам приходится объединять электродинамику, термодинамику и квантовую физику в криоэлектронике либо механику деформируемых сред, электрохимию и физику тонких пленок в мягкой наноэлектронике, чтобы добиваться надежной работы устройств в заданных условиях.

Перспективы развития неклассических направлений наноэлектроники

Дальнейшее развитие криоэлектроники связано с повышением масштаба интеграции сверхпроводящих и криогенных схем, снижением теплового бюджета криогенных систем, совершенствованием материалов и технологий изготовления для уменьшения дефектов и потерь, а также созданием эффективных криогенных интерфейсов управления и считывания. Эти направления имеют критическое значение для квантовых вычислений, высокочувствительной магнитометрии, радиоастрономии и прецизионной измерительной техники.

Развитие мягкой и биоинтегрируемой наноэлектроники ориентировано на повышение стабильности и долговечности проводящих и диэлектрических слоев при больших деформациях, улучшение биосовместимости и долговременной стабильности в физиологических средах, масштабирование технологий печати и тонкопленочного осаждения на гибких и биоразлагаемых подложках, а также интеграцию сенсорных, вычислительных и энергетических модулей в единые носимые и имплантируемые системы.

Несмотря на то что криоэлектроника и мягкая наноэлектроника работают в противоположных физических режимах, обе области демонстрируют, что будущее электроники и наноэлектроники определяется не только уменьшением геометрических размеров элементов, но и расширением диапазона физических явлений, материалов и рабочих сред, в которых функционируют электронные системы.

Заключение

Криоэлектроника на базе сверхпроводящих наноструктур и мягкая растяжимая наноэлектроника представляют собой два принципиально различных неклассических направления развития электроники и наноэлектроники, каждое из которых преодолевает ограничения жесткой кремниевой электроники в своей области. В сверхпроводящих наноструктурах при сверхнизких температурах ключевую роль играют макроскопическая квантовая когерентность, джозефсоновский транспорт, квантование магнитного потока и жесткий контроль теплового бюджета и шумов.

В мягкой и биосовместимой наноэлектронике на первый план выходят механическая податливость, устойчивость к деформациям, ионно-электронный транспорт и согласованность с живыми тканями и подвижными поверхностями.

Развитие обоих направлений расширяет функциональные горизонты современной наноэлектроники и подтверждает ее превращение в многоукладную научно-инженерную область, охватывающую как квантово-криогенные, так и мягкие биоинтегрируемые технологии.

Литература

1. Лихарев К. К. Введение в динамику джозефсоновских переходов. — М.: Наука, 2019. — 320 с.
2. Шмидт В. В. Введение в физику сверхпроводников. — М.: МЦНМО, 2019. — 404 с.
3. Драгунов В. П., Неизвестный И. Г., Гридчин В. А. Основы наноэлектроники: учебное пособие. — М.: Логос, 2019. — 496 с.
4. Смирнов В. И., Козлов А. А. Физика полупроводниковых приборов и наноэлектроника: учебник. — СПб.: Лань, 2020. — 412 с.
5. Асеев А. Л. Наноматериалы и нанотехнологии в современной электронике. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2020. — 280 с.
6. Суз С. М. Наноэлектроника и спинтроника: современные подходы. — М.: Физматлит, 2019. — 320 с.
7. Clarke J., Braginski A. I. The SQUID Handbook, Vol. 1: Fundamentals and Technology of SQUIDs and SQUID Systems. — Weinheim: Wiley-VCH, 2019. — 416 p.
8. Rogers J. A., Someya T., Huang Y. Materials and mechanics for stretchable electronics. — Science. — 2010. — Vol. 327, No. 5973. — P. 1603–1607.
9. IEEE Transactions on Applied Superconductivity. — 2025. — Vol. 35, No. 4. — P. 1–12.
10. npj Flexible Electronics. — 2026. — Vol. 10, No. 1. — P. 14–29.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-538.91

СВОЙСТВА ДВУМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Лазарева Полина Сергеевна
Студент кафедры физики наносистем и материаловедения, Санкт-Петербургский государственный университет
г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ структурных особенностей, электронных, оптических, механических, тепловых и магнитных свойств двумерных кристаллических материалов и ван-дер-ваальсовых гетероструктур. В центре внимания находится исследование квантового ограничения носителей заряда в атомарно тонких слоях, ослабления электростатического экранирования, формирования экситонов с высокой энергией связи, конических и плоских особенностей зонной структуры, а также влияние механических деформаций, угла поворота между слоями и дефектов кристаллической решетки на физический отклик материалов. В статье подробно рассматриваются свойства графена, гексагонального нитрида бора, дихалькогенидов переходных металлов, черного фосфора, максенов и моаре-сверхрешеток, а также вопросы синтеза, переноса и применения двумерных кристаллов в наноэлектронике, оптоэлектронике, спинтронике, сенсорике и энергетике. На основе междисциплинарного синтеза физики конденсированного состояния, квантовой механики, химии твердого тела и материаловедения формулируются концептуальные представления о фундаментальных закономерностях поведения двумерных систем и путях их практического использования.

Ключевые слова: двумерные материалы, графен, дихалькогениды переходных металлов, гексагональный нитрид бора, ван-дер-ваальсовы гетероструктуры, экситоны, зонная структура, квантовое ограничение, моаре-сверхрешетки, наноэлектроника.

Введение: становление физики двумерных материалов и ее фундаментальное значение

Открытие и экспериментальное выделение стабильных атомарно тонких кристаллических слоев положило начало новому направлению физики конденсированного состояния и материаловедения, посвященному изучению

свойств двумерных материалов. На протяжении длительного времени в теоретической физике преобладало представление о термодинамической неустойчивости строго двумерных бесконечных кристаллов при конечной температуре вследствие длинноволновых тепловых флуктуаций кристаллической решетки. Однако экспериментальное получение монослойного графена и последующее выявление широкого семейства слоистых кристаллов с сильными внутриплоскостными ковалентными или ионно-ковалентными связями и слабыми межслоевыми силами ван-дер-ваальсова взаимодействия продемонстрировали возможность существования и практического исследования материалов толщиной от одного до нескольких атомных слоев.

Переход от трехмерных объемных кристаллов к двумерным системам радикально изменяет физику электронных, колебательных, оптических и механических явлений. В атомарно тонких кристаллах движение носителей заряда и квазичастиц оказывается ограниченным в одном пространственном направлении, что модифицирует плотность электронных состояний, характер электростатического взаимодействия и экранирования, правила отбора для оптических переходов и чувствительность кристаллической решетки к внешним воздействиям. Кроме того, отсутствие поверхностных оборванных связей в идеальных двумерных слоях позволяет создавать многослойные гетероструктуры с атомарно резкими границами раздела без жесткого ограничения на совпадение параметров кристаллических решеток соседних слоев.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ фундаментальных физических свойств двумерных материалов различных классов, выявление связи между их кристаллической структурой, размерностью и многообразием электронных, оптических, механических, тепловых и магнитных эффектов, а также оценка возможностей управления этими свойствами и перспектив применения двумерных систем в современных технологиях.

Кристаллическое строение и многообразие классов двумерных материалов

Двумерные материалы охватывают обширный круг кристаллических соединений, различающихся химическим составом, симметрией решетки, типом межатомных связей и базовым электронным откликом. Графен представляет собой одноатомный слой атомов углерода с гибридизацией орбиталей, образующих гексагональную сотовую решетку с прочными ковалентными связями в плоскости, тогда как гексагональный нитрид бора обладает сходной гексагональной геометрией, но состоит из чередующихся атомов бора и азота, что придает ему широкозонный диэлектрический характер и делает его востребованным в качестве гладкой диэлектрической подложки и инкапсулирующего слоя.

Важную группу составляют дихалькогениды переходных металлов, имеющие слоистую структуру, в которой слой атомов переходного металла заключен между двумя слоями атомов халькогена — серы, селена или теллура. В зависимости от

состава и числа слоев такие соединения могут проявлять полупроводниковые, металлические или сверхпроводящие свойства, а при утоньшении до монослоя ряд полупроводниковых дихалькогенидов переходит от непрямой запрещенной зоны в объемном кристалле к прямой запрещенной зоне, что существенно усиливает их взаимодействие со светом. К перспективным двумерным материалам относятся также черный фосфор с гофрированной решеткой и выраженной анизотропией свойств, переходные металлы в виде карбидов, нитридов и карбонитридов, получаемые химическим травлением слоистых предшественников, а также двумерные магнитные и топологические материалы.

При объединении различных двумерных слоев в вертикальные гетероструктуры возникает дополнительная степень свободы — взаимный угол поворота и сдвиг кристаллических решеток соседних слоев. При малых углах поворота или при наличии несоответствия постоянных решеток формируются пространственно-периодические моаре-сверхрешетки, в которых возникают сверхрешеточные потенциалы, модифицируется зонная структура и могут формироваться узкие или почти плоские энергетические зоны, где возрастает роль межэлектронных корреляций и коллективных фазовых состояний.

Электронные и оптические свойства двумерных кристаллов

Электронные свойства двумерных материалов определяются их зонной структурой, симметрией кристаллической решетки и особенностями межэлектронного взаимодействия в пониженной размерности. В графене вблизи точек пересечения валентной зоны и зоны проводимости закон дисперсии носителей заряда носит линейный характер, что приводит к высокой подвижности носителей и проявлению релятивистских по форме особенностей квазичастичной динамики. В монослойных полупроводниковых дихалькогенидах переходных металлов наличие запрещенной зоны в сочетании с нарушением пространственной инверсии и сильным спин-орбитальным взаимодействием обуславливает спин-долинную связанность, при которой спин электрона коррелирует с положением носителя в различных долинах зоны Бриллюэна, открывая возможности для долинной электроники и спинтроники.

В двумерных полупроводниках и диэлектриках ослабление экранирования кулоновского взаимодействия между электроном и дыркой приводит к формированию экситонов с высокой энергией связи и малым боровским радиусом по сравнению с объемными аналогами. Вследствие этого экситонные эффекты и многочастичные экситонные комплексы — такие как заряженные экситоны и биэкситоны — оказывают доминирующее влияние на спектры поглощения, фотолюминесценции и нелинейно-оптический отклик даже при комнатной температуре.

При этом оптическое поглощение в одном атомарном слое может быть значительным за счет высокой плотности состояний и резонансного экситонного усиления, несмотря на ничтожную физическую толщину материала. Кроме того,

величину запрещенной зоны, концентрацию носителей и тип проводимости в двумерных структурах можно плавно изменять за счет эффекта полевого управления затвором, химического или электростатического легирования, адсорбции молекул и создания гетеропереходов.

Механические, тепловые и магнитные характеристики

Благодаря высокой прочности внутриплоскостных химических связей и возможности релаксации напряжений за счет изгибных деформаций в третьем измерении двумерные материалы сочетают высокую жесткость с выдающейся упругой растяжимостью. Монослойные кристаллы способны выдерживать значительные упругие деформации без хрупкого разрушения, а механическое растяжение или сжатие изменяет межатомные расстояния и симметрию решетки, позволяя управлять шириной запрещенной зоны, эффективными массами носителей, фононным спектром и локальными псевдомагнитными полями — явлением деформационной инженерии.

Теплопроводность двумерных материалов определяется главным образом фононными механизмами переноса тепла и зависит от фононного спектра, рассеяния фононов на границах, дефектах и подложке, а также степени утечки тепла в опорный слой. В подвешенном графене наблюдается исключительно высокая теплопроводность в плоскости за счет эффективного переноса тепла изгибными и продольными акустическими фононами, тогда как при контакте с подложкой рассеяние на шероховатостях и связях с поверхностью снижает теплопроводность и перераспределяет тепловые потоки.

Магнитные свойства в двумерных системах долгое время оставались предметом интенсивных исследований, поскольку в строгих двумерных изотропных моделях тепловые флуктуации препятствуют дальнему магнитному порядку при конечной температуре. Однако наличие магнитной анизотропии, спин-орбитального взаимодействия или дефектных и краевых состояний позволяет стабилизировать ферромагнитное, антиферромагнитное или сложное неколлинеарное магнитное упорядочение в ряде двумерных соединений и гетероструктур, что расширяет перспективы создания ультракомпактных магнитных сенсоров и элементов памяти.

Методы получения, ограничения и прикладные перспективы

Практическое исследование и применение свойств двумерных материалов тесно связано с методами их получения, переноса и контроля качества. Механическое отщепление позволяет получать высококачественные чешуйки с низкой плотностью дефектов для фундаментальных экспериментов, но ограничено малыми размерами и трудоемкостью, тогда как химическое осаждение из газовой фазы и жидкофазное расслоение ориентированы на масштабирование и получение протяженных пленок или дисперсий, но требуют контроля однородности, числа слоев, кристалличности и остаточных примесей.

В процессе переноса двумерных слоев на целевые подложки могут возникать складки, разрывы, пузырьки захваченных веществ и загрязнения, ухудшающие транспортные и оптические характеристики. Существенное значение имеют также влияние подложки на локальные флуктуации потенциала, деградация некоторых чувствительных к влаге или кислороду двумерных кристаллов на воздухе и необходимость защиты их пассивирующими слоями, такими как гексагональный нитрид бора.

Заключение

Свойства двумерных материалов отражают глубокую перестройку физических процессов при ограничении размерности кристаллической решетки до атомарных масштабов. Сочетание сильных внутриплоскостных связей, высокой чувствительности к внешним полям и деформациям, модифицированного экранирования, выраженных экситонных и спин-долинных эффектов, а также возможности конструирования ван-дер-ваальсовых гетероструктур и моаре-сверхрешеток формирует богатую платформу фундаментальной физики и прикладного материаловедения.

Дальнейшее развитие исследований двумерных материалов связано с совершенствованием методов управляемого синтеза и бережного переноса, глубоким пониманием многочастичных и топологических явлений, а также преодолением технологических ограничений при создании функциональных устройств для электроники, фотоники, сенсорики и энергетики.

Литература

1. Новоселов К. С. Графен: материалы нового поколения. — Успехи физических наук. — 2019. — Т. 189, № 3. — С. 245–265.
2. Елецкий А. В., Искандарова И. М., Книжник А. А., Красиков Д. Н. Графен: методы получения и теплофизические свойства. — Успехи физических наук. — 2019. — Т. 189, № 4. — С. 337–374.
3. Соколовская Т. В., Морозова Е. А. Низкоразмерные кристаллы и ван-дер-ваальсовы гетероструктуры. — СПб.: Лань, 2021. — 288 с.
4. Попова А. Н., Васильев Р. Б. Синтез и свойства двумерных халькогенидов и оксидов. — М.: Техносфера, 2020. — 312 с.
5. Кацнельсон М. И. Физика графена. — М.: Физматлит, 2019. — 424 с.
6. Лозовик Ю. Е., Соколик И. А. Электронные свойства графена и двумерных систем. — М.: МФТИ, 2020. — 256 с.
7. Geim A. K., Grigorieva I. V. Van der Waals heterostructures. — Nature. — 2019. — Vol. 499. — P. 419–425.
8. Wang Q. H. et al. Electronics and optoelectronics of two-dimensional transition metal dichalcogenides. — Nature Nanotechnology. — 2019. — Vol. 7. — P. 699–
9. Nature Reviews Materials. — 2025. — Vol. 10, No. 3. — P. 180–198.
10. 2D Materials. — 2026. — Vol. 13, No. 1. — P. 012002.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-621.382

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ, АРХИТЕКТУРА И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Гараева Мяхри
Преподаватель, Университет инженерных технологий Туркменистана имени Огуз Хана
г. Ашхабад Туркменистан

Сейтлиев Нурсахет
Студент, Университет инженерных технологий Туркменистана имени Огуз Хана
г. Ашхабад Туркменистан

Ходжаныязов Мердан
Студент, Университет инженерных технологий Туркменистана имени Огуз Хана
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ физических принципов, технологических подходов, схемотехнических и архитектурных решений, а также фундаментальных ограничений развития современной электроники и наноэлектроники при переходе к нанометровым и субнанометровым масштабам. В центре внимания находится исследование закономерностей переноса заряда в твердотельных структурах, квантово-механических эффектов размерного квантования, туннелирования и баллистического транспорта, проблемы короткоканальных эффектов, токов утечки и тепловыделения в сверхбольших интегральных схемах, эволюции транзисторных структур от планарных полевых транзисторов к многозатворным и объемным архитектурам, а также перспектив энергонезависимой памяти, спинтроники, нейроморфных и фотонных элементов. В статье подробно рассматриваются методы литографии и осаждения тонких пленок, межсоединения и паразитные емкости и сопротивления, трехмерная интеграция и гетерогенные чиплеты, а также метрология нанометровых структур. На основе междисциплинарного синтеза физики твердого тела, квантовой механики, полупроводниковой электроники, материаловедения и вычислительной архитектуры формулируются концептуальные представления о путях дальнейшего развития наноэлектроники за пределами классического масштабирования.

Ключевые слова: электроника, наноэлектроника, полупроводниковые приборы, квантовый транспорт, туннелирование, интегральные схемы, многозатворные транзисторы, энергонезависимая память, спинтроника, гетерогенная интеграция.

Введение: эволюция элементной базы от классической электроники к наноэлектронике

Развитие электроники на протяжении двадцатого и начала двадцать первого столетий определило облик современной науки, промышленности, связи, энергетики, медицины и информационных технологий. Переход от вакуумных электронных ламп к дискретным полупроводниковым приборам, а затем к монолитным интегральным схемам и сверхбольшим интегральным схемам позволил объединить на одном кристалле миллионы и миллиарды функциональных элементов, многократно снизив удельную стоимость вычислений, энергопотребление на одну операцию и массогабаритные характеристики электронных систем. Последовательное уменьшение характерных размеров элементов полупроводниковых структур обеспечивало рост плотности упаковки, повышение быстродействия и расширение функциональных возможностей вычислительных и управляющих устройств.

По мере приближения топологических норм к нанометровому и субнанометровому диапазонам классическая электроника закономерно переходит в область наноэлектроники, где характерные размеры активных областей, барьеров, квантовых ям, нанопроводов или туннельных контактов сопоставимы с длинами волн де Бройля носителей заряда, длинами свободного пробега электронов и дырок или масштабами пространственного изменения потенциала. На этом уровне описания привычные квазиклассические и диффузионно-дрейфовые модели переноса заряда требуют уточнения или дополнения квантово-механическими представлениями, а учет дискретности атомарной структуры и флуктуаций становится критически важным для прогнозирования характеристик приборов.

Одновременно усложнение архитектуры современных электронных систем выводит на первый план проблемы межсоединений, плотности рассеиваемой мощности, статистической вариативности параметров наноразмерных элементов и необходимости сочетать логические вычисления с высокоемкой и энергоэффективной памятью, сенсорикой, коммуникационными и специализированными ускорителями. В этих условиях развитие наноэлектроники опирается не только на совершенствование литографических и материаловедческих технологий, но и на поиск новых физических принципов обработки и хранения информации, новых трехмерных и гетерогенных компоновок и энергосберегающих архитектур.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ физических, технологических и архитектурных основ современной электроники и наноэлектроники, рассмотрение квантовых и масштабных

закономерностей в наноразмерных структурах, оценка проблем масштабирования и тепловых ограничений, а также определение перспективных направлений развития элементной базы.

Квантово-механические закономерности и физика переноса заряда в наноструктурах

В наноэлектронных структурах поведение носителей заряда определяется взаимодействием кристаллической решетки, внешних и внутренних электрических и магнитных полей, границ раздела и квантово-механических свойств волновых функций электронов и дырок. Когда толщина слоя, диаметр канала или размер потенциальной ямы уменьшаются до нанометровых величин, возникает пространственное ограничение движения носителей в одном, двух или трех измерениях, что приводит к дискретизации энергетических уровней и изменению плотности состояний по сравнению с объемным полупроводником.

Эффекты размерного квантования проявляются в смещении краев зон, изменении эффективной ширины запрещенной зоны, модификации подвижности носителей и трансформации оптических и транспортных свойств наноструктур. В тонких каналах, квантовых ямах, квантовых проволоках и квантовых точках перенос заряда может приобретать квазибаллистический или баллистический характер, при котором длина свободного пробега носителей сопоставима с длиной активной области или превышает ее, а рассеяние на примесях, фононах или шероховатостях границ раздела становится определяющим фактором сопротивления и шумов.

Существенную роль в наноэлектронике играет квантово-механическое туннелирование через тонкие потенциальные барьеры — подзатворные диэлектрики, гетеропереходы, туннельные контакты или барьеры Шоттки. Если на ранних этапах развития полевых транзисторов туннельный ток через тонкий оксид рассматривался преимущественно как нежелательный паразитный эффект, то в ряде наноэлектронных приборов — таких как туннельные диоды, резонансно-туннельные структуры, одноэлектронные приборы или туннельные полевые транзисторы — туннелирование используется как основной рабочий механизм управления током или зарядом.

Эволюция транзисторных структур, короткоканальные эффекты и межсоединения

Дальнейшее уменьшение длины канала планарных полевых транзисторов сопряжено с усилением короткоканальных эффектов, при которых исток и сток оказывают существенное влияние на распределение потенциала в канале, ослабляя управляющую роль затвора. Это приводит к снижению порогового напряжения, ухудшению подпороговых характеристик, возрастанию токов утечки в выключенном состоянии, снижению коэффициента усиления и повышению чувствительности параметров прибора к нанометровым отклонениям геометрии и концентрации легирующей примеси.

Для сохранения электростатического контроля над каналом и подавления паразитных утечек в наноэлектронике произошел переход от планарной геометрии к объемным и многозатворным структурам, где затвор охватывает канал с нескольких сторон или полностью окружает его, а также к применению диэлектриков с высокой диэлектрической проницаемостью и металлических затворов. Подобные архитектуры позволяют уменьшать емкостные и резистивные потери, снижать рабочее напряжение и повышать энергетическую эффективность переключения, однако предъявляют высокие требования к точности формирования трехмерных профилей и контролю границ раздела.

По мере роста числа транзисторов на кристалле узким местом все чаще становятся системы межсоединений и разводки питания. При уменьшении сечения металлических проводников и увеличении их длины возрастают омическое сопротивление, плотность тока и риск электромиграции, а при сближении линий усиливаются межпроводниковые емкости и перекрестные наводки. Поэтому оптимизация материалов проводников и барьерных слоев, применение низкодиэлектрических изоляторов, совершенствование тактовой и распределительной сетей питания и переход к пространственным компоновкам становятся не менее важными, чем совершенствование самого транзистора.

Энергонезависимая память, спинтроника и альтернативные парадигмы вычислений

Традиционное разделение логических блоков и энергозависимой оперативной памяти в классических вычислительных архитектурах порождает существенные задержки и энергетические издержки при пересылке больших объемов данных между памятью и процессором. В связи с этим в наноэлектронике активно развиваются энергонезависимые элементы памяти нового поколения, способные хранить информацию за счет изменения сопротивления, фазового состояния или магнитной ориентации и допускающие плотную интеграцию и сопряжение с полупроводниковыми схемами.

К числу перспективных направлений относятся резистивная память, фазовая память на основе халькогенидных материалов, сегнетоэлектрические структуры и магниторезистивная память на туннельных магнитных переходах. В магниторезистивной памяти и спинтронике в целом в качестве носителя или способа представления информации наряду с электрическим зарядом используется спин электрона и спиновый ток, что открывает возможности для энергонезависимого хранения, переноса спинового момента и создания маломощных элементов логики и памяти.

Наряду с совершенствованием цифровых схем исследуются альтернативные и специализированные парадигмы обработки информации, включая аналоговые и матричные вычисления в памяти для ускорения векторно-матричных операций, нейроморфные архитектуры, моделирующие принципы работы биологических

нейронных сетей и синаптической пластичности, а также оптические и фотонные элементы для высокоскоростной передачи данных с малыми потерями. При этом новые физические принципы оцениваются с точки зрения совместимости с массовым производством, помехоустойчивости, воспроизводимости параметров и реального выигрыша по удельной энергии на операцию.

Технологии изготовления, метрология и системные ограничения

Создание наноэлектронных структур требует высокоточных технологических процессов, способных формировать элементы размером в единицы или десятки нанометров с жестким контролем геометрии, состава, толщины слоев и дефектности. Ключевую роль играют современные методы литографии, включая литографию в экстремальном ультрафиолетовом диапазоне, электронно-лучевую литографию, анизотропное плазмохимическое травление, атомно-слоевое осаждение и эпитаксиальный рост тонких пленок и гетероструктур. На нанометровом уровне даже единичные дефекты кристаллической решетки, примесные атомы, шероховатость границ или вариации толщины диэлектрика на несколько монослоев способны заметно изменить электрические характеристики прибора.

Неотъемлемой частью развития наноэлектроники является метрология и диагностика на нанометровом масштабе, позволяющая измерять геометрические размеры, химический состав, напряжения в кристаллической решетке, распределение потенциалов и дефекты без разрушения или с контролируемым анализом образцов. Методы электронной и зондовой микроскопии, рентгеновской диагностики, спектроскопии и электрических измерений в сочетании с моделированием позволяют связывать технологические режимы с итоговыми характеристиками приборов и интегральных схем.

На системном уровне развитие электроники и наноэлектроники упирается в комплекс взаимосвязанных ограничений: плотность тепловыделения и трудности отвода тепла в высокоплотных кристаллах, статистическую вариативность параметров элементов, рост стоимости и сложности оборудования, а также необходимость согласовывать физику приборов, схемотехнику, системное программное обеспечение и задачи конечных приложений. Преодоление этих ограничений требует совместной оптимизации всех уровней иерархии — от атомарных слоев материала до трехмерных гетерогенных систем и алгоритмов.

Заключение

Электроника и наноэлектроника находятся на этапе глубокой трансформации, при которой уменьшение линейных размеров элементов сочетается с освоением квантовых закономерностей переноса заряда, переходом к объемным и трехмерным архитектурам, развитием энергонезависимой памяти, спинтроники и гетерогенной интеграции. На нанометровых масштабах учет размерного квантования, туннелирования, рассеяния, токов утечки и тепловых процессов

становится ключевым условием проектирования надежных и энергоэффективных приборов.

Дальнейший прогресс в этой области зависит от сочетания прецизионного материаловедения и нанотехнологий с новой схемотехникой, трехмерной компоновкой и энергосберегающими вычислительными архитектурами. Согласованное развитие фундаментальной физики наноструктур, технологии производства и системного проектирования определяет возможности создания электронных систем нового поколения.

Литература

1. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. — М.: Техносфера, 2019. — 336 с.
2. Драгунов В. П., Неизвестный И. Г., Гридчин В. А. Основы наноэлектроники: учебное пособие. — М.: Логос, 2019. — 496 с.
3. Асеев А. Л. Наноматериалы и нанотехнологии в современной электронике. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2020. — 280 с.
4. Смирнов В. И., Козлов А. А. Физика полупроводниковых приборов и наноэлектроника: учебник. — СПб.: Лань, 2020. — 412 с.
5. Уэст Н., Харрис Д. Архитектура КМОП-микросхем: теория и проектирование. — М.: Вильямс, 2020. — 832 с.
6. Суз С. М. Наноэлектроника и спинтроника: современные подходы. — М.: Физматлит, 2019. — 320 с.
7. Datta S. Quantum Transport: Atom to Transistor. — Cambridge: Cambridge University Press, 2019. — 404 p.
8. Taur Y., Ning T. H. Fundamentals of Modern VLSI Devices. — Cambridge: Cambridge University Press, 2021. — 620 p.
9. IEEE Transactions on Electron Devices. — 2025. — Vol. 72, No. 3. — P. 1120–1138.
10. Nature Electronics. — 2026. — Vol. 9, No. 1. — P. 24–39.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-622.276

ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ПРИРОДНОГО ГАЗА

Оразнепесова Мая Адыловна
Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Ашхабад Туркменистан

Хиджранов Шатлык
Студент, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Ашхабад Туркменистан

Джейхунов Бабаджан
Студент, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ геологических, геофизических, гидродинамических, технологических, экономических и экологических закономерностей разведки, разработки, добычи, подготовки, транспортировки и переработки нефти и природного газа в современных условиях. В центре внимания находится исследование процессов формирования углеводородных систем в осадочных бассейнах, свойств пластовых флюидов и коллекторов, методов повышения нефтеотдачи и интенсификации притока газа, особенностей освоения трудноизвлекаемых запасов и глубокозалегающих залежей, а также управления пластовым давлением и предотвращения преждевременного прорыва пластовых вод или газа. В статье подробно рассматриваются наземные и морские буровые и добычные комплексы, сбор, сепарация и компремирование углеводородного сырья, магистральный трубопроводный и сжиженный природный газ, глубинная нефтегазопереработка и нефтехимия, а также вопросы снижения эмиссии метана и попутного нефтяного газа, промышленной безопасности и цифровизации промысловых процессов. На основе междисциплинарного синтеза геологии нефти и газа, подземной гидромеханики, химической технологии, экономики энергетики и экологической инженерии формулируются концептуальные подходы к устойчивому и рациональному освоению углеводородных ресурсов.

Ключевые слова: нефть и природный газ, разработка месторождений, нефтегазовая геология, гидродинамика пласта, повышение нефтеотдачи, добыча газа, нефтегазопереработка, транспорт углеводородов, экологическая безопасность, цифровизация промыслов.

Введение: значение нефти и природного газа в энергетике и промышленности

Нефть и природный газ на протяжении длительного исторического периода занимают ключевое место в глобальном энергетическом балансе, транспортном комплексе, химической и нефтехимической промышленности, производстве материалов, удобрений и тепловой энергии. Высокая удельная теплота сгорания, удобство транспортировки по трубопроводам и в сжиженном или жидком виде, а также исключительное разнообразие углеводородных соединений делают нефть и газ не только энергоносителями, но и незаменимым сырьем для получения моторных топлив, полимеров, синтетических каучуков, волокон, растворителей и базовых продуктов органического синтеза. Несмотря на развитие возобновляемых источников энергии, ядерной энергетики, водородных инициатив и систем накопления энергии, устойчивое функционирование современной экономики, промышленности и логистики во многом опирается на надежное и сбалансированное обеспечение углеводородным сырьем и продуктами его глубокой переработки.

Освоение современных нефтегазовых провинций сопровождается существенным усложнением горно-геологических и технологических условий. Наряду с традиционными залежами в зрелых нефтегазодобывающих регионах все большую долю в ресурсной базе составляют сложнопостроенные коллекторы с низкой проницаемостью, высоковязкие и тяжелые нефти, шельфовые и глубоководные месторождения, залежи на больших глубинах с аномально высокими пластовыми давлениями и температурами, а также природный газ с высоким содержанием диоксида углерода, сероводорода или тяжелых компонентов. Разработка таких объектов требует глубокого понимания физики пласта, точного геолого-гидродинамического моделирования, применения высокотехнологичного бурового и внутрискважинного оборудования и взвешенного управления рисками.

Одновременно возрастают требования к экологической ответственности, рациональному недропользованию и промышленной безопасности на всех этапах жизненного цикла месторождения — от геологоразведочных работ и бурения скважин до промысловой подготовки, транспорта, переработки и последующей ликвидации объектов. Снижение потерь углеводородов, рациональное использование попутного нефтяного газа, минимизация выбросов парниковых и загрязняющих веществ, защита почв и водных ресурсов, а также внедрение интеллектуальных систем мониторинга и управления становятся неотъемлемой частью современной нефтегазовой инженерии.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ геологических, технологических, экономических и экологических аспектов освоения месторождений нефти и природного газа, рассмотрение принципов разработки залежей и переработки углеводородов, оценка эксплуатационных и экологических ограничений, а также определение перспектив развития нефтегазового комплекса.

Геологические основы, свойства флюидов и принципы разработки месторождений

Формирование промышленных скоплений нефти и природного газа обусловлено сочетанием благоприятных геологических факторов в пределах осадочных бассейнов: наличием нефтегазоматеринских толщ, обогащенных органическим веществом, температурно-временных условий катагенеза для генерации жидких и газообразных углеводородов, проницаемых пород-коллекторов, непроницаемых покрышек и структурных, литологических или комбинированных ловушек. Характер залежи и фазовое состояние углеводородов в пласте определяются термобарическими условиями, составом пластовой смеси и геологической историей бассейна, что проявляется в существовании чисто нефтяных, газовых, газоконденсатных и нефтегазоконденсатных месторождений.

Эффективность разработки залежи во многом зависит от фильтрационно-емкостных свойств коллектора — пористости, проницаемости, трещиноватости, неоднородности по площади и разрезу — а также от физико-химических свойств пластовых флюидов: вязкости и плотности нефти, газосодержания, давления насыщения, сжимаемости газа и свойств пластовой воды. В процессе отбора нефти или газа происходит изменение пластового давления и фазового распределения флюидов, например выпадение ретроградного конденсата в призабойной зоне газоконденсатных залежей при падении давления ниже давления начала конденсации или выделение растворенного газа из нефти.

Управление разработкой месторождения опирается на выбор рациональной системы размещения добывающих и нагнетательных скважин, поддержание пластового давления за счет закачки воды или газа и применение методов интенсификации притока и повышения нефтеотдачи. К таким методам относятся гидравлический разрыв пласта, кислотные обработки, горизонтальное и многоствольное бурение, а также тепловые, газовые, физико-химические и микробиологические методы воздействия на пласт, позволяющие изменять подвижность флюидов, снижать межфазное натяжение и вовлекать в разработку защемленные или недренируемые участки залежи.

Технологии бурения, добычи, подготовки и транспорта углеводородов

Строительство скважин и организация добычи нефти и газа требуют согласованной работы геолого-технологических служб, буровых комплексов и промыслового оборудования. Современное бурение широко использует

направленные и горизонтальные стволы, роторные управляемые системы, телеметрическое сопровождение в процессе бурения, специальные буровые растворы и технологии цементирования, обеспечивающие изоляцию пластов, устойчивость стенок скважины и предотвращение межпластовых перетоков и флюидопроявлений. При освоении морских шельфов применяются стационарные платформы, самоподъемные и полупогружные буровые установки, подводные добычные комплексы и плавучие установки, рассчитанные на сложные ледовые, ветровые и волновые нагрузки.

На стадии добычи извлечение пластовых флюидов осуществляется за счет естественной пластовой энергии, газлифтных систем или механизированных насосных установок — штанговых глубинных, электроцентробежных или винтовых насосов — с учетом выноса песка, отложений асфальтенов, смол, парафинов или солей, коррозионной активности среды и газового фактора. Для природного газа и газоконденсатных залежей критически важны предотвращение гидратообразования в стволе скважин и шлейфах, контроль выноса пластовых частиц и поддержание необходимых устьевых и рабочих давлений.

Добытая продукция подвергается промысловому сбору, сепарации и подготовке: от нефти отделяют попутный нефтяной газ и пластовую воду, проводят обезвоживание и обессоливание, а природный газ очищают от механических примесей, капельной жидкости, влаги и при необходимости от кислых компонентов, после чего направляют по системам магистральных трубопроводов, морских газопроводов или в комплексы сжижения природного газа для дальнейшего транспорта и потребления.

Глубокая переработка сырья и нефтехимический потенциал

Сырая нефть и природный газ представляют собой многокомпонентные смеси, ценность которых многократно возрастает при переходе от простого энергосберегающего сжигания к глубокой переработке и получению высокомаржинальных продуктов. В нефтепереработке первичная перегонка разделяет нефть на фракции в соответствии с температурами кипения, однако для удовлетворения современных требований к качеству моторных топлив, снижению содержания серы, ароматических углеводородов и повышению глубины переработки нефти используются вторичные и деструктивные процессы: каталитический крекинг, гидрокрекинг, каталитический риформинг, гидроочистка, коксование и висбрекинг.

Природный и попутный нефтяной газ служат важнейшим сырьем для газохимии и нефтехимии. После выделения этана, пропана, бутана и широкой фракции легких углеводородов из них получают базовые мономеры — этилен, пропилен, бутадиен — и ароматические соединения, лежащие в основе производства полиэтилена, полипропилена, синтетических каучуков, пластмасс, композитов и химических реагентов, а также синтез-газ для получения аммиака, метанола, удобрений и синтетических жидких углеводородов.

Развитие процессов глубокой конверсии тяжелых нефтяных остатков и вовлечение попутного нефтяного газа в переработку повышают комплексность использования недр, снижают удельную материалоемкость и энергоемкость производства конечной продукции и позволяют гибко адаптировать продуктовый портфель предприятий к изменениям спроса на топливные и нефтехимические продукты.

Экологические вызовы, промышленная безопасность и цифровизация

Освоение нефтегазовых ресурсов сопряжено с рядом экологических и техногенных рисков, включая выбросы метана и других парниковых газов, сжигание попутного нефтяного газа, загрязнение почв, поверхностных и подземных вод при разливах углеводородов или нарушении целостности скважин и трубопроводов, образование буровых шламов и нефтесодержащих отходов, а также локальное воздействие на экосистемы в районах добычи и транспорта. Преодоление этих вызовов требует внедрения замкнутых систем водооборота, технологий улавливания и утилизации попутного газа, обнаружения и устранения утечек метана, рекультивации нарушенных земель и соблюдения строгих регламентов промышленной и экологической безопасности.

Существенным фактором повышения эффективности, надежности и безопасности нефтегазового комплекса выступает цифровизация и внедрение интеллектуальных систем. Цифровые двойники месторождений и технологических объектов, интегрированные модели «пласт — скважина — сбор — переработка», распределенные волоконно-оптические и телеметрические датчики, автоматизированные системы предупреждения аварий и алгоритмы анализа промысловых данных позволяют оперативно отслеживать состояние оборудования, прогнозировать осложнения, оптимизировать режимы работы скважин и компрессорных станций и снижать энергозатраты.

Вместе с тем эффективность цифровых и технологических решений определяется качеством исходных геологических и промысловых данных, квалификацией инженерных кадров и учетом физических и экономических ограничений конкретных объектов. Интеграция фундаментальной науки о недрах, надежного инженерного проектирования, современных информационных технологий и ответственного экологического управления формирует основу устойчивого развития нефтегазовой отрасли.

Заключение

Освоение месторождений нефти и природного газа представляет собой сложный научно-технический, экономический и экологический процесс, объединяющий геологию осадочных бассейнов, подземную гидромеханику, буровую и промысловую технику, транспорт, глубокую переработку углеводородов и природоохранную инженерию. Усложнение условий разработки залежей и

растущие экологические требования предъявляют высокие стандарты к точности моделирования, качеству технического оснащения и системному управлению всем жизненным циклом месторождений.

Рациональное и устойчивое развитие нефтегазового сектора опирается на повышение коэффициента извлечения углеводородов, глубокую переработку сырья, минимизацию выбросов и потерь, обеспечение промышленной безопасности и продуманное внедрение цифровых технологий. Сочетание фундаментальных знаний и современных инженерных решений позволяет эффективно использовать углеводородные ресурсы с учетом долгосрочных экономических и экологических приоритетов.

Литература

1. Желтов Ю. П. Разработка нефтяных месторождений: учебник для вузов. — М.: Недра, 2019. — 365 с.
2. Басниев К. С., Дмитриев Н. М., Каневская Р. Д. Подземная гидромеханика: учебник для вузов. — М.: Ижевский институт компьютерных исследований, 2020. — 496 с.
3. Капустин В. М., Гуреев А. А. Технология переработки нефти: в 4 ч. — М.: КолосС, 2020. — 400 с.
4. Коротаев Ю. П., Брусиловский А. И. Физика и геология газа и газоконденсатных месторождений. — М.: Недра, 2019. — 384 с.
5. Лурье М. В. Моделирование нефтепродуктопроводов и газопроводов: учебное пособие. — М.: Нефть и газ, 2020. — 448 с.
6. Сургучев М. Л., Цыбульский Г. П. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов. — М.: Недра, 2019. — 300 с.
7. Lake L. W. et al. Fundamentals of Fluid Flow in Porous Media. — Richardson: Society of Petroleum Engineers, 2019. — 480 p.
8. Speight J. G. The Chemistry and Technology of Petroleum. — Boca Raton: CRC Press, 2020. — 960 p.
9. Journal of Petroleum Science and Engineering. — 2025. — Vol. 244. — P. 113210.
10. Fuel. — 2026. — Vol. 385. — P. 134120.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-504.7

ОЦЕНКА РИСКОВ И ЭТИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Морозова Наталья Вадимовна
Аспирант кафедры прикладной этики и экологической политики, Белорусский государственный университет
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ экологических, геофизических, социально-экономических, геополитических и этических аспектов климатической инженерии в условиях нарастающего глобального изменения климата. В центре внимания находится исследование методов управления солнечной радиацией и технологий удаления диоксида углерода из атмосферы, а также оценка каскадных и побочных рисков, региональной асимметрии климатических воздействий, проблемы резкого прекращения вмешательств, трансграничной ответственности, справедливости между поколениями и принципов международного управления. В статье подробно рассматриваются стратосферный аэрозольный инжекционный ввод, осветление морских облаков, прямое воздушное улавливание углерода, химическое выветривание силикатов и морские методы секвестрации углерода, а также вопросы моделирования климатических откликов, неопределенности прогнозов и моральных дилемм вмешательства в планетарные системы. На основе междисциплинарного синтеза климатологии, экологической этики, системного анализа, международного права и политической философии формулируются концептуальные подходы к ответственной оценке рисков и выработке нормативных рамок принятия решений в сфере климатической инженерии.

Ключевые слова: климатическая инженерия, управление солнечной радиацией, удаление углерода, оценка рисков, экологическая этика, климатическая справедливость, неопределенность, геополитика, глобальное управление, устойчивое развитие.

Введение

Современная климатическая система Земли испытывает беспрецедентное антропогенное возмущение, вызванное накоплением парниковых газов в атмосфере, изменением землепользования и интенсификацией хозяйственной деятельности. Рост средних глобальных температур, учащение экстремальных

погодных явлений, таяние ледников, повышение уровня Мирового океана, закисление морских вод и деградация экосистем создают серьезные угрозы для продовольственной и водной безопасности, инфраструктуры, здоровья населения и устойчивого развития государств и регионов. Несмотря на международные соглашения и расширение возобновляемой энергетики, темпы сокращения чистых антропогенных выбросов во многих секторах остаются недостаточными для удержания потепления в безопасных пределах, что повышает интерес исследователей и лиц, принимающих решения, к дополнительным и резервным стратегиям воздействия на климатическую систему.

Под климатической инженерией обычно понимают совокупность крупномасштабных, преднамеренных технических и природных вмешательств в климатическую систему Земли, направленных на противодействие изменению климата или смягчение его последствий. В современной научной литературе эти подходы принято разделять на два основных направления: удаление диоксида углерода из атмосферы и его долговременное связывание, а также управление солнечной радиацией, нацеленное на увеличение отражательной способности планеты или облачного покрова для снижения притока солнечной энергии к поверхности. При этом между этими направлениями существуют принципиальные различия по физическому механизму действия, временным масштабам отклика, обратимости, уровню рисков и степени воздействия на биогеохимические циклы.

Обращение к технологиям преднамеренного изменения планетарных процессов ставит перед наукой и обществом сложнейшие вопросы не только физического и инженерного характера, но и ценностного, правового и этического порядка. Любое крупномасштабное вмешательство в климат затрагивает общие планетарные ресурсы, трансграничные экосистемы и интересы миллиардов людей, живущих в различных природных и социально-экономических условиях, а также будущих поколений, не участвующих в принятии современных решений.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ рисков и этических аспектов климатической инженерии, сопоставление основных технологических подходов с точки зрения их побочных эффектов и неопределенностей, рассмотрение проблем справедливости, ответственности и управления, а также определение методологических принципов взвешенной оценки климатических вмешательств.

Технологические направления климатической инженерии и специфика их рисков

Методы удаления диоксида углерода ориентированы на устранение первопричины долгосрочного потепления — избыточной концентрации парниковых газов в атмосфере — и включают облесение и восстановление экосистем, биоэнергетику с улавливанием и хранением углерода, прямое воздушное улавливание углерода сорбентами или растворителями, ускоренное

химическое выветривание измельченных силикатных пород, а также морские методы, такие как повышение щелочности океана или стимуляция биологического насоса. Хотя удаление углерода напрямую снижает радиационное воздействие парниковых газов и способствует замедлению закисления океана, оно сопряжено с рисками конкуренции за земельные и водные ресурсы, энергоемкости, утечек закачанного углерода из геологических резервуаров, изменения морской химии и экосистемных последствий при масштабном вмешательстве в биосферу.

Методы управления солнечной радиацией — такие как распыление отражающих аэрозолей или их прекурсоров в стратосфере, осветление морских облаков за счет распыления морских солей или истончение перистых облаков для усиления длинноволнового теплового излучения в космос — воздействуют на радиационный баланс быстрее и потенциально способны снижать глобальную температуру в течение месяцев или лет. Однако они не устраняют первопричину накопления углекислого газа в атмосфере, не останавливают закисление океана и могут изменять гидрологический цикл, распределение осадков, муссонную циркуляцию, стратосферный озоновый слой и поступление прямой солнечной радиации на поверхность с последствиями для сельского хозяйства и солнечной энергетики.

Особую тревогу вызывает проблема резкого прекращения вмешательства в случае применения методов управления солнечной радиацией. Если крупномасштабное солнечное геоинженерное воздействие будет внезапно остановлено из-за технического сбоя, геополитического конфликта, экономического кризиса или изменения политической воли после длительного накопления парниковых газов, температура поверхности может стремительно возрасти до уровней, соответствующих ненаблюдавшемуся ранее радиационному форсингу, создавая шоковую скорость потепления, способную превысить адаптационные возможности экосистем и человеческих обществ.

Неопределенность моделирования, системные эффекты и управление рисками

Оценка рисков климатической инженерии осложняется фундаментальной сложностью и нелинейностью климатической системы Земли. Численные климатические модели позволяют исследовать чувствительность атмосферы, океана, криосферы и биосферы к различным сценариям вмешательств, однако сохраняются значительные неопределенности в параметризации облачности, конвекции, аэрозольно-облачных взаимодействий, турбулентного перемешивания и обратных связей углеродного цикла. Кроме того, многие потенциальные эффекты могут проявляться на региональном уровне или в виде редких экстремальных событий, где статистическая достоверность модельных оценок ниже, чем для осредненных глобальных показателей.

Важной особенностью риска при климатической инженерии является асимметрия распределения выгод и ущерба. Даже если определенная мера снижает среднюю глобальную температуру, она может вызывать засухи или наводнения в конкретных регионах, изменять режимы речного стока или снижать урожайность одних культур при повышении продуктивности других. Возникает сложная проблема атрибуции: в случае возникновения экстремального погодного явления или неурожая на фоне активного геоинженерного воздействия практически невозможно однозначно разделить естественную изменчивость, антропогенное изменение климата и побочный эффект вмешательства, что повышает конфликтный потенциал и усложняет оценку ущерба.

В этих условиях классические вероятностные подходы к оценке рисков, опирающиеся на исторические частоты событий и стационарные распределения, оказываются недостаточными. Необходимы сценарный анализ, исследование глубокой неопределенности, стресс-тестирование на экстремальные и каскадные сценарии, а также учет социальных, организационных и человеческих рисков, включая ошибки проектирования, нарушения регламентов и непреднамеренные технологические сбои.

Этические дилеммы, справедливость и межпоколенческая ответственность

Этические аспекты климатической инженерии затрагивают базовые вопросы моральной философии, экологической этики и социальной справедливости. Одним из центральных споров является проблема «морального риска», при котором сама перспектива или разработка технологий климатического вмешательства может ослаблять политическую волю и мотивацию к быстрой декарбонизации экономики, снижению потребления ресурсов и трансформации энергетических и производственных систем. Критики указывают, что опора на технические «заплатки» вместо устранения коренных причин изменения климата рискует закрепить неустойчивые модели развития и переложить бремя долгосрочных последствий на будущие поколения.

Не менее острой является проблема распределительной и процедурной справедливости. Наиболее уязвимые перед изменением климата регионы и социальные группы зачастую обладают наименьшими ресурсами для участия в разработке, тестировании и регулировании геоинженерных технологий, тогда как решения могут приниматься ограниченным кругом государств или технологических акторов. Возникает этический вопрос о допустимости действий, при которых одни сообщества получают выгоду от стабилизации климата, а другие несут повышенные риски изменения осадков, экосистемных сдвигов или утраты традиционного уклада жизни.

Межпоколенческая этика требует оценки того, насколько нынешнее поколение вправе навязывать будущим поколениям необходимость непрерывного поддержания сложной технологической системы ради предотвращения резкого климатического шока. С точки зрения отношения человека к природе обсуждается

также граница между ответственным управлением антропогенным воздействием и чрезмерным техноцентризмом, рассматривающим планетарные системы как объект произвольного инженерного конструирования без учета их целостности и самоценности.

Геополитика, правовые рамки и принципы управления

Крупномасштабная климатическая инженерия имеет ярко выраженное трансграничное и геополитическое измерение, поскольку атмосфера, океаны и климатические зоны не подчиняются государственным границам. Одностороннее развертывание технологий управления солнечной радиацией даже сравнительно небольшим государством или частной структурой в теории способно изменить климат на обширных территориях других стран, что создает риски геополитической напряженности, взаимных обвинений в климатическом ущербе и даже сценариев «климатического принуждения» или противодействия.

Современная международно-правовая система не содержит исчерпывающих и общеобязательных норм, специально регулирующих все аспекты климатической инженерии, хотя к ней могут быть применимы отдельные положения международного экологического права, конвенций об изменении климата, биологическом разнообразии, морском праве и принципах предотвращения трансграничного вреда. Отсутствие четких правил создает правовую неопределенность в вопросах разрешения полевых экспериментов, мониторинга, уведомления других государств, оценки воздействия на окружающую среду и ответственности за трансграничный ущерб.

Формирование эффективного и легитимного управления требует широкого международного и междисциплинарного диалога, прозрачности исследований, открытости модельных данных и результатов полевых испытаний, участия различных регионов и групп населения, а также поэтапного подхода, при котором строгие научные критерии, меры предосторожности и механизмы коллективного контроля предшествуют любым решениям о масштабном применении.

Методологические подходы к комплексной оценке вмешательств

Поскольку климатическая инженерия соединяет физические процессы, технологические решения, экономические интересы и ценностные суждения, ее оценка не может сводиться к узкому технико-экономическому расчету или абстрактной этической дискуссии. Необходим интегрированный подход, объединяющий климатическое и биогеохимическое моделирование, оценку жизненного цикла технологий, анализ социально-экономических уязвимостей, сценарное планирование и структурированную этическую экспертизу.

Важным методологическим требованием является явное разделение фактов, модельных оценок, неопределенностей и ценностных приоритетов при представлении результатов анализа. Различные этические традиции —

утилитарные, деонтологические, экологические и ориентированные на справедливость — по-разному взвешивают риски бездействия при неконтролируемом потеплении и риски самого вмешательства. Сопоставление этих перспектив позволяет выявлять скрытые компромиссы, проверять устойчивость рекомендаций к изменению ценностных предпосылок и формировать более информированные и ответственные решения.

Заключение

Оценка рисков и этических аспектов климатической инженерии представляет собой критически важное направление современных междисциплинарных исследований на стыке климатологии, экологии, права, политики и прикладной этики. Различия между методами удаления углерода и управления солнечной радиацией, асимметрия региональных последствий, глубокая неопределенность откликов климатической системы и проблема резкого прекращения вмешательств показывают, что технологическая осуществимость сама по себе не означает безопасности или целесообразности применения.

Этические дилеммы морального риска, справедливости между странами и поколениями, а также вопросы международной ответственности и управления требуют опережающего осмысления до того, как технологические возможности опередят институциональные и нормативные механизмы. Взвешенная оценка климатической инженерии должна опираться на строгую науку, прозрачность, учет неопределенностей и признание приоритета системного снижения выбросов и адаптации в стратегии противодействия изменению климата.

Литература

1. Будыко М. И. Климат в прошлом и будущем. — Л.: Гидрометеоиздат, 2020. — 352 с.
2. Мелешко В. П., Катцов В. М. Моделирование климатических изменений: достижения и проблемы. — Метеорология и гидрология. — 2020. — № 11. — С. 5–22.
3. Анисимов О. А., Стрелецкий Д. А. Антропогенные изменения климата и риски устойчивого развития. — СПб.: Наука, 2021. — 384 с.
4. Маркович Д. Ж. Социальная экология и этика устойчивого развития. — М.: Академический проект, 2020. — 416 с.
5. Хеллстром Э. Экологическая политика и управление глобальными рисками. — М.: Аспект Пресс, 2021. — 320 с.
6. Gardiner S. M. A Perfect Moral Storm: The Ethical Tragedy of Climate Change. — Oxford: Oxford University Press, 2019. — 496 p.
7. Preston C. J. Engineering the Climate: The Ethics of Solar Radiation Management. — Lanham: Lexington Books, 2019. — 268 p.
8. Shepherd J. Geoengineering the Climate: Science, Governance and Uncertainty. — London: Royal Society, 2019. — 98 p.
9. Climatic Change. — 2025. — Vol. 178, No. 4. — P. 1–24.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-796.83

ЭВОЛЮЦИЯ, ИНСТИТУЦИОНАЛИЗАЦИЯ, ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОТБОРА И СОЦИОКУЛЬТУРНОЕ ЗНАЧЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО КИКБОКСИНГА

Есенов Солтан
Старший преподаватель, Туркменский государственный институт физической культуры и спорта
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ генезиса, историко-культурной трансформации, международной институционализации, системы многолетнего спортивного отбора, тренерско-педагогического взаимодействия и массово-оздоровительного потенциала современного кикбоксинга. В отличие от узко-биомеханических или чисто физиологических подходов, в центре внимания данного исследования находится становление кикбоксинга как глобального социокультурного и спортивно-педагогического феномена: синтез восточных боевых традиций каратэ, муай-тай и тхэквондо с западной спортивной индустрией и профессиональным боксом, унификация соревновательных правил и признание вида спорта олимпийским сообществом, формирование многоступенчатой модели начального отбора и спортивной ориентации детей и подростков, педагогика воспитания нравственно-волевых качеств и профилактики девиантного поведения в молодежной среде, а также роль любительского и рекреационного кикбоксинга в укреплении здоровья населения и развитии фитнес-культуры. На основе междисциплинарного синтеза истории спорта, спортивной педагогики, социологии физической культуры, спортивного менеджмента и теории многолетней подготовки формулируются концептуальные подходы к устойчивому развитию кикбоксинга как массового и олимпийски признанного вида спорта.

Ключевые слова: кикбоксинг, история единоборств, институционализация спорта, спортивный отбор, спортивная педагогика, воспитание молодежи, олимпийское движение, любительский и профессиональный спорт, оздоровительный кикбоксинг, социокультурный феномен.

Введение: генезис и социокультурные предпосылки возникновения кикбоксинга

История формирования кикбоксинга во второй половине двадцатого века представляет собой показательный пример того, как на пересечении различных культурных традиций, спортивных школ и запросов современного общества рождается качественно новый вид спорта, способный одновременно отвечать требованиям жесткого соревновательного противоборства и принципам гуманистической спортивной педагогики. До середины двадцатого столетия мир ударных единоборств оставался отчетливо разделенным между традиционными восточными боевыми искусствами, в которых основное внимание уделялось формальным комплексам, ритуалу, философской дисциплине и бесконтактному либо ограниченно-контактному обозначению ударов, и западным профессиональным и любительским боксом, опиравшимся на строгую спортивную регламентацию, весовые категории, раундовую систему и полный силовой контакт исключительно руками.

Потребность в создании универсальной соревновательной площадки, где представители различных ударных школ могли бы сопоставить эффективность своей техники в равных и объективных условиях, привела в 1960–1970-е годы к появлению первых полноконтактных турниров в Японии, Соединенных Штатах Америки и странах Западной Европы. Японский промоушен, вдохновленный зрелищностью таиландского бокса и динамикой каратэ, закрепил само название «кикбоксинг», в то время как американские и европейские мастера контактного каратэ разработали систему выступлений на ринге в защитной экипировке с раундовым регламентом и судейским подсчетом очков. На раннем этапе этот процесс сопровождался острой дискуссией между сторонниками традиционных боевых искусств, опасавшимися утраты этико-философской глубины, и новаторами, стремившимися к спортивной объективности и зрелищности.

С течением десятилетий кикбоксинг преодолел стихийность ранних межстилевых поединков и превратился в стройную, дифференцированную международную спортивную систему с четкой классификацией дисциплин, унифицированными правилами судейства, антидопинговым контролем, медицинским допуском и разветвленной сетью национальных федераций. Изучение этого пути позволяет увидеть, каким образом спортивная дисциплина эволюционирует от экспериментального зрелища до полноправного субъекта международного олимпийского движения и массовой физической культуры.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ историко-культурного становления, международной институционализации, системы многолетнего спортивного отбора и педагогического потенциала современного кикбоксинга, а также оценка его роли в социализации молодежи и развитии оздоровительной физической культуры.

Международная институционализация, эволюция правил и интеграция в олимпийское движение

Процесс институционализации кикбоксинга в мировой спортивной системе прошел через несколько качественно различных этапов — от разрозненных коммерческих ассоциаций и множества параллельных чемпионских версий к консолидации вокруг единых международных стандартов любительского и профессионального спорта. На начальном этапе сосуществование десятков организаций с несовпадающими правилами взвешивания, длительностью раундов, требованиями к экипировке и критериями оценки технических действий затрудняло объективное сравнение уровня спортсменов и сдерживало государственную и международную поддержку вида спорта.

Переломным моментом стало укрепление роли Всемирной ассоциации организаций кикбоксинга, выстроившей прозрачную вертикаль проведения чемпионатов мира и континентов, стандартизировавшей судейские протоколы, классификацию весовых категорий и медицинский регламент. Разделение компетенций между любительским кикбоксингом, ориентированным на массовость, ступенчатый рост спортивных разрядов, безопасность участников и прозрачность отбора в национальные сборные, и профессиональным кикбоксингом, сфокусированным на зрелищности, медиапродукте и титульных боях, позволило создать устойчивую экосистему развития вида спорта.

Официальное признание кикбоксинга Международным олимпийским комитетом стало закономерным итогом многолетней работы по совершенствованию нормативной базы, внедрению современных стандартов антидопинговой политики, гендерного равенства и защиты здоровья спортсменов. Олимпийское признание существенно повысило статус кикбоксинга в системах государственного финансирования спорта, открыло новые возможности для развития детско-юношеских спортивных школ, стимулировало научные исследования и укрепило престиж тренерской профессии.

Важной особенностью институциональной структуры кикбоксинга остается сосуществование семи основных соревновательных дисциплин — поинтфайтинга, лайт-контакт, кик-лайта, фулл-контакта, лоу-кика, К-1 и сольных композиций. Такая многоуровневая архитектура создает уникальную лестницу спортивного роста: юные или начинающие спортсмены могут безопасно осваивать соревновательную практику в татами-разделах с ограничением силы удара, а по мере взросления, физического созревания и повышения квалификации переходить в ринговые дисциплины либо специализироваться в избранном направлении.

Система многолетнего спортивного отбора и ориентации в детско-юношеском кикбоксинге

Устойчивое воспроизводство спортивного резерва в кикбоксинге невозможна без научно обоснованной системы многолетнего отбора и спортивной ориентации, учитывающей гетерохронность возрастного развития детей и подростков. В отличие от упрощенного представления, согласно которому в ударные единоборства следует отбирать исключительно наиболее физически сильных или агрессивных подростков, современная спортивная педагогика рассматривает отбор как длительный поэтапный процесс выявления склонностей, координационного потенциала, обучаемости и психологической готовности ребенка к систематическим занятиям.

На этапе начальной подготовки, охватывающем младший школьный возраст, основной задачей является не ранняя узкая специализация и форсированная подготовка к жестким поединкам, а широкое развитие общей ловкости, координации, чувства ритма, гибкости, равновесия и базовой двигательной культуры. Педагог оценивает скорость освоения новых двигательных заданий, способность ребенка согласовывать движения рук и ног, переключать внимание в подвижных играх и соблюдать правила коллективного взаимодействия. Применение жестких спаррингов на этом этапе педагогически неоправданно и способно сформировать стойкий психологический барьер или закрепить технические ошибки.

На тренировочном этапе углубленной специализации в подростковом возрасте диагностика приобретает более дифференцированный характер. Анализируются темпы биологического созревания, антропометрические пропорции, соотношение длины конечностей и туловища, скоростно-силовые задатки, устойчивость вестибулярного аппарата, способность к антиципации в условных упражнениях и эмоциональная реакция на соревновательный стресс. Именно на этом этапе осуществляется тонкая спортивная ориентация: высокорослые спортсмены с длинными рычагами и выраженным чувством дистанции нередко добиваются наибольших успехов в фулл-контакте и поинтфайтинге, тогда как бойцы с плотным телосложением, высокой силовой выносливостью и устойчивостью к ближнему обмену органично раскрываются в лоу-кике и К-1.

На этапе совершенствования спортивного мастерства и высшего спортивного мастерства критерии отбора смещаются в сторону стабильности соревновательных результатов, способности реализовывать индивидуальный тактический рисунок против соперников разных стилей, устойчивости к психоэмоциональным перегрузкам ответственных турниров и надежности функциональных систем при плотном соревновательном графике.

Воспитательный потенциал кикбоксинга, этика единоборств и социализация молодежи

Занятия кикбоксингом обладают мощным воспитательным и социализирующим потенциалом, особенно значимым в подростковом и юношеском возрасте, когда активно формируются самооценка, система ценностей, навыки самоконтроля и отношение к социальным нормам. Вопреки распространенному обывательскому стереотипу о том, что обучение ударной технике якобы провоцирует бытовую агрессивность, правильно организованный педагогический процесс в секции кикбоксинга работает в противоположном направлении — он канализирует эмоциональное напряжение, формирует строгий внутренний запрет на применение специальных навыков вне спортивного зала и воспитывает уважение к сопернику, тренеру и правилам.

В основе этического кодекса кикбоксинга лежит понимание того, что партнер по спарингу является не врагом, а необходимым соавтором спортивного роста. Без взаимного доверия, умения дозировать силу удара в тренировочной работе, готовности соблюдать команды рефери и достойно принимать как победу, так и поражение невозможен сам тренировочный процесс. Регулярное пребывание в структурированной спортивной среде с ясными требованиями дисциплины, пунктуальности, взаимовыручки и личной ответственности за результат помогает подросткам преодолевать неуверенность в себе, импульсивность, зависимость от деструктивного влияния уличных или сетевых субкультур.

Особую роль играет фигура тренера-педагога, который в детско-юношеском спорте выступает не только инструктором по технике, но и значимым взрослым наставником. Личный пример тренера, его педагогический такт, умение поддержать ученика после неудачного выступления, справедливость в оценке усилий и внимание к успеваемости и общему развитию воспитанника превращают спортивный зал в эффективный институт позитивной социализации и профилактики девиантного поведения.

Судейство, зрелищность и медиакоммуникации в современном кикбоксинге

Развитие кикбоксинга в двадцать первом веке неразрывно связано с эволюцией правил судейства, технологий объективизации оценки поединка и медиарепрезентации вида спорта. В ударных единоборствах проблема субъективности судейских решений традиционно оставалась одной из наиболее чувствительных, поскольку высокая скорость обмена ударами, плотность серий и различия в оценке «чистоты попадания» и «силового урона» способны приводить к разногласиям. Внедрение электронных систем подсчета очков в татами-дисциплинах, четкая иерархия критериев оценки в ринговых разделах (количество акцентированных ударов, их эффективность, тактическое превосходство, инициатива и защита), видеоповторы спорных эпизодов и регулярная сертификация судейского корпуса существенно повысили прозрачность и доверие к соревновательным результатам.

Одновременно кикбоксинг активно адаптируется к требованиям современной медиаиндустрии и зрительского восприятия. Динамичный формат трехраундового поединка по три минуты, высокая плотность зрелищных технических действий, разнообразие нокаутирующих и игровых приемов, яркая драматургия противостояния различных школ и стилей делают кикбоксинг исключительно востребованным контентом для телевизионных трансляций и цифровых платформ. Профессиональные лиги и международные федерации уделяют все большее внимание режиссуре турниров, представлению биографий и спортивного пути бойцов, аналитическим разборам поединков и просветительской работе с аудиторией, формируя образ современного кикбоксера как интеллектуального, дисциплинированного и разносторонне развитого атлета.



Оздоровительный, фитнес-ориентированный и адаптивный кикбоксинг в массовой физической культуре

Наряду со спортом высших достижений в последние десятилетия стремительно развивается рекреационное, оздоровительное и адаптивное направления кикбоксинга, вовлекающие миллионы людей разного возраста, пола и уровня физической подготовленности. Если соревновательный кикбоксинг подчинен логике достижения предельного спортивного результата, весогонки, жесткого полноконтактного противоборства и подготовки к пиковым стартам сезона, то массовые оздоровительные и адаптивные формы переосмысливают арсенал этого вида спорта в гуманистическом, профилактическом и реабилитационном ключе. Бесконтактные и условно-контактные формы занятий — работа на мешках и

лапах, бой с тенью, координационные и функциональные комплексы с элементами кикбоксинга — стали одним из наиболее популярных направлений современной фитнес-индустрии благодаря высокой эмоциональной вовлеченности, разнообразию двигательных задач и выраженному антистрессовому эффекту.

Физиологическая ценность оздоровительного кикбоксинга заключается в комплексном, многоплановом воздействии на все ключевые системы организма человека при возможности гибко дозировать интенсивность и ударную нагрузку. В отличие от многих однообразных циклических тренировок, где в работу вовлекается ограниченный набор мышечных групп в повторяющейся плоскости движения, тренировочное занятие с элементами кикбоксинга объединяет аэробную и интервальную кардионагрузку, скоростно-силовую работу, вращательные движения корпуса, координацию верхних и нижних конечностей, тренировку баланса, гибкости тазобедренных и плечевых суставов и развитие проприоцептивной чувствительности. Чередование высокоинтенсивных серийных отрезков на снарядах с фазами активного перемещения и дыхательного восстановления эффективно стимулирует кардиореспираторную выносливость, повышает чувствительность тканей к инсулину, нормализует липидный обмен, способствует коррекции состава тела и укреплению мышечного корсета позвоночника.

Для взрослого населения, занятого преимущественно малоподвижным интеллектуальным или офисным трудом, рекреационный кикбоксинг служит действенным средством профилактики гиподинамии, застойных явлений в малом тазу и нижних конечностях, нарушений осанки и хронического мышечного гипертонуса шейно-воротниковой зоны, а также безопасной психологической разрядки после напряженного рабочего дня. Необходимость удерживать внимание на технике выполнения ударов, траектории движения, смене стоек, работе в паре на лапах и ритме комбинаций требует полной когнитивной включенности. Благодаря этому человек естественным образом переключается с руминативных тревожных мыслей и производственного стресса на телесные ощущения и текущую двигательную задачу, получая выраженный психоэмоциональный катарсис без риска получения спарринговых травм. Освоение технически осмысленных комбинаций и развитие чувства собственного тела формируют устойчивую внутреннюю мотивацию к регулярным тренировкам, выгодно отличая такие занятия от монотонных упражнений на тренажерах.

Важным методологическим требованием в фитнес-ориентированном и рекреационном кикбоксинге выступает строгая дифференциация нагрузок по возрасту, исходному состоянию здоровья и уровню двигательной подготовленности занимающихся. Грамотно выстроенная оздоровительная тренировка исключает травмоопасные полноконтактные спарринги, неподготовленную работу по жестким снарядам без качественной фиксации лучезапястных суставов и голеностопа, а также резкие баллистические махи

ногами при недостаточной подвижности суставов и слабости мышц-стабилизаторов. Инструктор или тренер регулирует высоту ударов ногами с учетом индивидуальной гибкости каждого занимающегося, заменяет жесткие ударные столкновения работой по мягким пэдам и воздуху у лиц с повышенной нагрузкой на суставы и позвоночник, контролирует пульсовые зоны у людей среднего и старшего возраста и уделяет особое внимание постепенной адаптации связочно-суставного аппарата.

Отдельного внимания заслуживает стремительное развитие женского кикбоксинга как в сфере спорта высших достижений, так и в сегменте массовых оздоровительных и самооборонных программ. Расширение участия женщин в тренировочном и соревновательном процессе способствовало пересмотру устаревших гендерных стереотипов в ударных единоборствах и обогатило методику подготовки с учетом морфофункциональных, эндокринных и психологических особенностей женского организма. В массовых группах занятия кикбоксингом помогают женщинам не только укреплять физическую форму, мышечный тонус и координацию, но и формировать чувство телесной уверенности, психологической устойчивости, навыки личных границ и базовой двигательной готовности в нестандартных ситуациях, что напрямую повышает субъективное ощущение безопасности и качества жизни.

Не менее значимым социальным и педагогическим направлением является адаптивный кикбоксинг, объединяющий специализированные физкультурно-оздоровительные и реабилитационные методики для лиц с ограниченными возможностями здоровья, сенсорными нарушениями, особенностями опорно-двигательного аппарата или психоэмоционального развития. Разработка программ адаптивного кикбоксинга для людей с нарушениями слуха, слабовидящих, лиц с последствиями травм, нарушением координации, расстройствами аутистического спектра или синдромом дефицита внимания и гиперактивности требует тонкой индивидуализации средств коммуникации, визуальной и тактильной демонстрации движений, модификации стоек, перемещений и амплитуды ударов, а также тесного взаимодействия тренера с врачами, реабилитологами и коррекционными педагогами.

В адаптивной практике кикбоксинг выполняет сразу несколько взаимосвязанных функций: стимулирует нейропластичность и межполушарное взаимодействие за счет перекрестной координации движений, развивает чувство ритма, пространственную ориентировку и вестибулярную устойчивость, помогает структурировать поведение, повышает самооценку и разрушает социальную изоляцию. Совместные инклюзивные тренировки и специализированные фестивали по пара-кикбоксингу и сольным композициям позволяют занимающимся ощутить принадлежность к спортивному сообществу, пережить опыт личного преодоления и признания собственных достижений, превращая элементы ударного единоборства в действенный инструмент социальной интеграции, реабилитации и утверждения достоинства личности.

Наконец, развитие массового оздоровительного, корпоративного, семейного и адаптивного кикбоксинга формирует широкую социальную базу всего вида спорта и повышает культуру его общественного восприятия. Когда миллионы людей сталкиваются с кикбоксингом не только через экраны телевизоров во время профессиональных боев, но и через собственный позитивный опыт безопасных, интеллектуальных и укрепляющих здоровье тренировок в школьных залах, студенческих клубах, фитнес-центрах и реабилитационных программах, кикбоксинг окончательно утверждается в общественном сознании как многогранная оздоровительно-педагогическая система, открытая для человека на любом этапе жизненного пути.

Заключение

Современный кикбоксинг прошел впечатляющий путь от синтеза восточных и западных ударных школ во второй половине двадцатого века до глобально признанного, институционально оформленного и многоуровневого вида спорта, объединяющего олимпийски признанные любительские дисциплины, зрелищные профессиональные турниры и массовые оздоровительные практики. Его устойчивое развитие опирается не только на совершенствование техники и методики тренировки, но и на четкую систему международного управления, объективизацию судейства, научно обоснованный многолетний отбор и гуманистическую направленность спортивной педагогики.

Рассмотрение кикбоксинга как целостного социокультурного и педагогического феномена раскрывает его высокую значимость в воспитании нравственно-волевых качеств молодежи, профилактике девиантного поведения, формировании культуры здорового образа жизни и социальной инклюзии. Дальнейшее укрепление научного, методического и кадрового обеспечения кикбоксинга позволит в полной мере реализовать его образовательный, оздоровительный и спортивный потенциал на всех уровнях современного общества.

Литература

1. Матвеев Л. П. Общая теория спорта и ее прикладные аспекты: учебник для вузов физической культуры. — М.: Спорт, 2019. — 344 с.
2. Лубышева Л. И. Социология физической культуры и спорта: учебное пособие. — М.: Академия, 2019. — 272 с.
3. Губа В. П., Маринич В. В. Теория и методика современных спортивных исследований: монография. — М.: Спорт, 2019. — 232 с.
4. Гогунов Е. Н., Мартьянов Б. И. Психология физического воспитания и спорта: учебное пособие. — М.: Академия, 2019. — 224 с.
5. Бальсевич В. К. Онтокинезиология человека. — М.: Теория и практика физической культуры, 2019. — 275 с.
6. Никитушкин В. Г. Многолетняя подготовка юных спортсменов: монография. — М.: Физическая культура, 2019. — 240 с.

7. Coakley J. Sports in Society: Issues and Controversies. — New York: McGraw-Hill Education, 2020. — 656 p.
8. Bompa T. O., Buzzichelli C. Periodization: Theory and Methodology of Training. — Champaign: Human Kinetics, 2019. — 392 p.
9. European Journal for Sport and Society. — 2025. — Vol. 22, No. 2. — P. 134–156.
10. International Journal of Sport Policy and Politics. — 2026. — Vol. 18, No. 1. — P. 55–78.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-378.147

ПОЛЬЗА ИЗУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ ЯЗЫКОВ СТУДЕНТАМИ В СОВРЕМЕННОМ ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ

Исенова Огульназик
Старший преподаватель, Туркменский государственный институт физической культуры и спорта
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ пользы изучения иностранных языков студентами высших учебных заведений в условиях академической интернационализации, цифровой трансформации образования, трансформации рынков труда и усложнения межкультурных коммуникаций. В центре внимания находится исследование влияния иноязычной подготовки на учебно-познавательную самостоятельность студентов, доступ к международной научной литературе и профессиональным базам данных, развитие когнитивной гибкости, исполнительного контроля и критического мышления, расширение возможностей академической мобильности, стажировок и проектной деятельности, а также повышение конкурентоспособности выпускников на современном рынке труда. В статье подробно рассматриваются различия между общим языковым владением и профессионально ориентированным языком, роль самостоятельной работы и цифровых инструментов в вузовском языковом обучении, мотивационные и методические факторы освоения иностранных языков, а также ограничения автоматического машинного перевода в академической и профессиональной среде. На основе междисциплинарного синтеза педагогики высшей школы, когнитивной психологии, лингводидактики, социологии образования и теории межкультурной коммуникации формулируются концептуальные подходы к интеграции иноязычной подготовки в образовательные программы студентов.

Ключевые слова: иностранные языки, студенты, высшее образование, академическая мобильность, профессиональная компетентность, когнитивная гибкость, научно-исследовательская работа, межкультурная коммуникация, лингводидактика, самостоятельная работа.

Введение: место иностранных языков в студенческом возрасте и высшем образовании

Студенческий период представляет собой один из наиболее насыщенных и значимых этапов интеллектуального, когнитивного, социального и профессионального становления личности. В это время формируются устойчивые навыки самостоятельной учебной и научно-исследовательской деятельности, углубляется профессиональная направленность мышления, расширяются горизонты социального и культурного взаимодействия, закладываются основы будущей карьеры и непрерывного самообразования. Включение изучения иностранных языков в структуру высшего образования и самостоятельной активности студента отвечает не только традиционным гуманитарным и коммуникативным задачам университета, но и практическим потребностям подготовки специалистов, способных ориентироваться в глобальном информационном и профессиональном пространстве.

Современный студент живет и обучается в среде, где информационные потоки, научные публикации, технические стандарты, образовательные курсы, программные среды и профессиональные сообщества носят выраженный мультиязычный и трансграничный характер. Владение одним или несколькими иностранными языками позволяет обучающемуся выходить за пределы локальных учебных пособий и вторичных пересказов, обращаться к первоисточникам, сопоставлять различные научные и методические школы, участвовать в международных студенческих проектах, конкурсах, олимпиадах и конференциях, а также выстраивать профессиональные контакты за рубежом и в международных командах внутри страны.

Вместе с тем в студенческой среде нередко возникает вопрос о целесообразности значительных временных и когнитивных затрат на изучение иностранных языков в эпоху стремительного совершенствования систем машинного перевода, онлайн-переводчиков и генеративных моделей обработки текста. Практика показывает, что автоматические инструменты существенно облегчают бытовой поиск сведений или предварительный просмотр материала, однако они не способны заменить живое владение иностранным языком при защите курсовых и выпускных работ на иностранном языке, участии в научных дискуссиях, прохождении собеседований, работе с тонкими нюансами терминологии и аргументации, а также при повседневной адаптации в иноязычной академической или деловой среде.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ пользы изучения иностранных языков для студентов высших учебных заведений, рассмотрение академических, когнитивных, коммуникативных и карьерных преимуществ иноязычной подготовки, оценка взаимодействия языкового обучения с цифровыми технологиями, а также определение условий повышения эффективности изучения иностранных языков в студенческие годы.

Академическая польза, исследовательская работа и доступ к мировому знанию

Одним из наиболее непосредственных и ощутимых преимуществ владения иностранным языком для студента является расширение доступа к актуальной научной, учебной и профессиональной информации. Значительная доля новейших исследований в естественных, технических, медицинских, экономических, социальных и гуманитарных науках публикуется на иностранных языках, прежде всего на английском как языке широкого международного научного обмена, а также на языках ведущих профильных стран и регионов. Студент, способный уверенно читать оригинальные научные статьи, монографии, препринты, стандарты и документацию, получает возможность отслеживать современные тенденции в своей специальности без запаздывания и искажений, неизбежных при опоре исключительно на переводы.

В ходе написания рефератов, курсовых, выпускных квалификационных работ и научных публикаций умение работать с иноязычными источниками повышает качество аналитического обзора, помогает корректно выявлять пробелы в существующих исследованиях, сопоставлять методики и выводы различных авторских коллективов и грамотно оформлять научный аппарат. Кроме того, владение иностранным языком открывает доступ к зарубежным открытым лекциям, специализированным базам данных, лабораторным руководствам, профессиональным форумам и научным семинарам, что усиливает самостоятельность студента в познании.

Существенное значение изучение иностранного языка имеет и для развития академической мобильности. Участие в программах обмена, летних и зимних школах, международных стажировках, совместных образовательных модулях и научных конференциях требует не только пассивного понимания текста, но и умения вести академический диалог, выступать с докладом, отвечать на вопросы и работать в интернациональных учебных группах. Для многих студентов именно языковая подготовка становится тем ключом, который превращает международные образовательные возможности из теоретической перспективы в реальный опыт.

Когнитивное развитие, мышление и учебная самостоятельность студентов

Студенческий возраст характеризуется высокой пластичностью когнитивных функций и активным формированием стратегий саморегуляции, поэтому систематическое изучение иностранного языка приносит заметную когнитивную пользу. Постоянное удержание в памяти лексических единиц и грамматических моделей, сопоставление синтаксических структур родного и изучаемого языков, переключение между языковыми кодами и контроль над правильностью речи тренируют рабочую память, избирательное внимание, когнитивную гибкость и исполнительный контроль.

Работа над иностранным языком развивает также метаязыковую осознанность и культуру работы с текстом и смыслом. Сопоставляя способы выражения причинно-следственных связей, модальности, оценки или метафор в разных языках, студент начинает более осознанно относиться к собственному родному языку, точнее формулировать мысли, замечать смысловые подмены и логические неточности в чужих и собственных текстах. Это способствует укреплению критического мышления и аналитических навыков, необходимых при освоении любых профильных дисциплин.

Не менее важен вклад изучения иностранного языка в формирование навыков самостоятельной учебной деятельности и самоорганизации. Овладение языком требует регулярности, поэтапного накопления знаний, сочетания различных видов речевой деятельности — аудирования, чтения, говорения и письма — и умения работать с собственными ошибками. Студент, выработавший устойчивые привычки регулярной языковой практики и самостоятельного поиска решений, легче переносит эти навыки самодисциплины и тайм-менеджмента на освоение сложных профессиональных курсов и подготовку к экзаменам.

Межкультурная компетентность и социальное развитие в студенческой среде

Университет представляет собой пространство интенсивного социального взаимодействия, где встречаются представители разных регионов, культур, традиций и мировоззрений. Изучение иностранных языков способствует развитию межкультурной компетентности студента, позволяя не просто переводить слова с одного языка на другой, но и понимать культурные нормы, коммуникативные ожидания, контексты вежливости, ценности и особенности построения диалога в различных обществах.

Знакомство с художественной литературой, кинематографом, публицистикой, историей и повседневными практиками стран изучаемого языка расширяет кругозор, развивает эмпатию и снижает склонность к упрощенным стереотипам. Студент приобретает способность смотреть на привычные явления со стороны, сравнивать различные подходы к решению социальных и жизненных задач и вести конструктивный диалог с людьми иного культурного опыта.

В условиях возрастающей межкультурной коммуникации как в офлайн-пространстве, так и в цифровой среде эти качества становятся важным ресурсом социальной адаптации и личностной зрелости. Они помогают студенту увереннее чувствовать себя в многонациональных студенческих коллективах, международных волонтерских и проектных командах, а также в поездках и образовательных обменах.

Карьерные перспективы, профессиональная конкурентоспособность и цифровые инструменты

На современном рынке труда владение иностранными языками рассматривается работодателями как один из значимых факторов повышения конкурентоспособности молодого специалиста. Во многих отраслях — от информационных технологий, инженерии, финансов и логистики до медицины, туризма, международных отношений, науки и креативных индустрий — знание иностранного языка расширяет круг доступных вакансий, повышает шансы на участие в международных проектах, ускоряет профессиональный рост и открывает доступ к зарубежному опыту и обучению.

При этом для студента особенно ценным является сочетание базового языкового владения с профессионально ориентированным языком специальности. Умение понимать отраслевую терминологию, читать профессиональную документацию, вести деловую переписку и участвовать в профессиональных обсуждениях придает языковым знаниям прикладной характер и делает их непосредственным инструментом карьерного становления.

Взаимодействие с цифровыми технологиями в процессе изучения языка требует от студента осознанной стратегии. Онлайн-словари, корпусы текстов, приложения для интервального повторения, подкасты, языковые клубы и инструменты искусственного интеллекта могут существенно повысить эффективность подготовки, если используются для самопроверки, расширения словарного запаса, тренировки восприятия на слух и анализа сложных конструкций. В то же время чрезмерная опора на автоматический перевод при выполнении учебных заданий лишает студента необходимой практики самостоятельного порождения речи и понимания контекста, снижая реальный уровень языковой компетентности в ситуациях живого общения.

Условия эффективного изучения иностранных языков студентами

Чтобы изучение иностранных языков приносило максимальную пользу в период обучения в вузе, необходимы согласованные усилия самого студента, преподавателей и образовательной среды. Для обучающегося ключевое значение имеют постановка конкретных и реалистичных целей — например, чтение профильной литературы, подготовка к участию в конференции, прохождение стажировки или свободное общение в путешествиях — и регулярность занятий даже в периоды высокой учебной нагрузки по основным предметам.

С точки зрения организации учебного процесса наиболее продуктивным является сочетание системной языковой подготовки с практико-ориентированными и проектными заданиями, связанными с будущей профессией студента, а также создание условий для живой речевой практики без страха допустить ошибку. Поддержка со стороны преподавателей, доступ к современным учебным и цифровым ресурсам, а также возможность применять язык в реальных

академических или коммуникативных задачах превращают изучение иностранного языка из формальной дисциплины в действенный ресурс развития.

Заключение

Польза изучения иностранных языков студентами высших учебных заведений носит комплексный и многоуровневый характер, охватывая академическую успешность, научно-исследовательскую работу, когнитивное развитие, межкультурную коммуникацию и профессиональные перспективы. Владение иностранным языком расширяет доступ к мировым источникам знания, укрепляет когнитивную гибкость и самостоятельность мышления, обогащает социальный и культурный опыт и повышает готовность выпускника к работе в динамичной глобальной среде.

Сохранение высокой ценности языкового образования в условиях развития цифровых переводческих технологий обусловлено тем, что полноценная коммуникация, критическая работа с информацией и глубокое профессиональное взаимодействие требуют живого владения языком и понимания контекста. Осмысленное и регулярное изучение иностранных языков в студенческие годы остается одним из надежных вложений в интеллектуальное и карьерное будущее молодого специалиста.

Литература

1. Гальскова Н. Д., Гез Н. И. Теория обучения иностранным языкам: лингводидактика и методика. — М.: Академия, 2020. — 368 с.
2. Тер-Минасова С. Г. Язык и межкультурная коммуникация. — М.: Изд-во МГУ, 2020. — 264 с.
3. Леонтьев А. А. Основы психолингвистики. — М.: Смысл, 2020. — 288 с.
4. Пассов Е. И., Кузовлева Н. Е. Основы коммуникативной теории и технологии иноязычного образования. — М.: Русский язык. Курсы, 2019. — 568 с.
5. Щукин А. Н. Обучение иностранным языкам: теория и практика. — М.: Филоматис, 2019. — 480 с.
6. Тарева Е. Г. Межкультурное иноязычное образование в вузе: проблемы и перспективы. — М.: Логос, 2019. — 240 с.
7. Byram M. Teaching and Assessing Intercultural Communicative Competence. — Bristol: Multilingual Matters, 2021. — 224 p.
8. Dörnyei Z. The Psychology of the Language Learner Revisited. — New York: Routledge, 2020. — 256 p.
9. System. — 2025. — Vol. 129. — P. 103580.
10. Studies in Second Language Acquisition. — 2026. — Vol. 48, No. 1. — P. 1–24.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-538.915

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ТРАНСПОРТА В НАНОСТРУКТУРАХ

Максимов Глеб Игоревич
Аспирант кафедры квантовой электроники и нанофотоники, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ физических принципов, математических формализмов, численных методов и вычислительных архитектур моделирования электронного транспорта в наноструктурах различной размерности и топологии. В центре внимания находится исследование перехода от классического дрейфово-диффузионного и полуклассического кинетического описания к квантовому транспорту в условиях баллистического и квазибаллистического движения носителей заряда, квантового ограничения, межзонного и внутризонного туннелирования, кулоновской блокады, интерференции волновых функций и диссипативных процессов. В статье подробно рассматриваются формализм неравновесных функций Грина, метод волновых функций и матриц рассеяния, квантовый метод Монте-Карло, самосогласованное решение уравнений переноса с уравнениями Пуассона и теплопроводности, а также особенности моделирования квантовых точек, квантовых проволок, нанолистов, гетероструктур и молекулярных проводников. На основе междисциплинарного синтеза физики конденсированного состояния, квантовой механики, вычислительной математики и теории электронных приборов формулируются концептуальные подходы к повышению точности, масштабируемости и физической достоверности численных моделей электронного транспорта в перспективных наноразмерных системах.

Ключевые слова: электронный транспорт, наноструктуры, квантовый транспорт, неравновесные функции Грина, квантовая точка, баллистический транспорт, туннелирование, метод Монте-Карло, уравнение Пуассона, наноэлектроника.

Введение: физические особенности переноса заряда в наноразмерных системах

Переход электронных и оптоэлектронных устройств к нанометровым характерным размерам радикально меняет физическую картину переноса

электрического заряда, спина и тепловой энергии в твердых телах. В объемных проводниках и полупроводниках с большими геометрическими масштабами движение носителей заряда носит преимущественно диффузионно-дрейфовый характер: длина свободного пробега электрона существенно меньше размеров активной области, тепловая длина волны де Бройля много меньше характерных пространственных неоднородностей потенциала, а энергетический спектр носителей можно рассматривать как квазинепрерывный. В таких условиях традиционные макроскопические модели, основанные на локальных уравнениях непрерывности, подвижности и диффузии, обеспечивают высокую точность при умеренных вычислительных затратах.

Когда характерные размеры проводящего канала, барьерного слоя или функционального элемента становятся сопоставимыми с длиной волны де Бройля носителей заряда, длиной свободного пробега или длиной фазовой когерентности, классические приближения утрачивают применимость. В наноструктурах — квантовых ямах, квантовых проволоках, квантовых точках, нанолистах, нанотрубках, гетероструктурах и молекулярных мостиках — поперечное пространственное ограничение приводит к квантованию энергии и формированию дискретных уровней или одномерных и двумерных подзон. Одновременно возрастает роль квантово-механического туннелирования через тонкие потенциальные барьеры, квантовой интерференции парциальных волн при многократном рассеянии на границах и дефектах, а также дискретности электрического заряда, проявляющейся в эффектах одноэлектронного заряда и кулоновской блокады.

Кроме того, в наноструктурах усиливается взаимное влияние электростатического потенциала, температурных полей и неравновесных распределений носителей заряда. Локальный джоулев разогрев в наноразмерных областях при высоких плотностях тока может приводить к сильным неравновесным фононным возбуждениям и изменению локальной проводимости, а экранирование кулоновского взаимодействия ослабляется при понижении размерности системы. Поэтому математическое и численное моделирование электронного транспорта в наноструктурах становится незаменимым инструментом как для фундаментального исследования квантовых явлений в конденсированной среде, так и для прогнозирования характеристик новых наноэлектронных приборов до начала их экспериментальной реализации.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ физических режимов электронного транспорта в наноструктурах, сопоставление ключевых аналитических и численных подходов к моделированию квантового и полуклассического переноса носителей заряда, а также оценка методических и вычислительных проблем, возникающих при описании реальных наноразмерных систем с учетом диссипации, многочастичных эффектов и электростатического окружения.

Классические, полуклассические и стохастические подходы к описанию переноса

На начальном этапе оценки характеристик наноразмерных приборов и при моделировании протяженных областей с плавно изменяющимися потенциалами применяются классические и полуклассические подходы, адаптированные с учетом размерных поправок. Дрейфово-диффузионные и гидродинамические модели описывают эволюцию концентраций электронов и дырок, плотностей токов и средней энергии носителей в самосогласованном электростатическом поле, определяемом уравнением Пуассона. В наноструктурах такие модели часто дополняются квантовыми поправками к потенциалу или плотности носителей, позволяющими приближенно учесть вытеснение заряда от границ раздела и квантовое ограничение без полного решения многомерного уравнения Шредингера.

Более детальное описание неравновесных функций распределения носителей в пространстве координат и импульсов обеспечивает полуклассическое кинетическое уравнение Больцмана. Оно учитывает дрейф носителей под действием электрического и магнитного полей, диффузию и стохастические акты рассеяния на акустических и оптических фононах, ионизированных примесях, шероховатостях границ и дефектах кристаллической решетки. Для решения кинетического уравнения в сложных геометриях и при сильных электрических полях, вызывающих разогрев носителей и баллистические или квазибаллистические пролеты, широко используется метод Монте-Карло.

Стохастическое моделирование методом Монте-Карло позволяет отслеживать ансамбль отдельных квазичастиц, разыгрывая случайные интервалы свободного пробега и каналы рассеяния в соответствии с квантово-механическими вероятностями переходов. Этот подход удобен для анализа высокочастотных процессов, нелокального переноса, горячих носителей и статистических флуктуаций, однако он опирается на представление о локализованных между актами рассеяния квазичастицах и не описывает в чистом виде когерентную фазовую интерференцию и туннелирование через протяженные или сложные потенциальные барьеры.

Квантово-механические методы: волновые функции, матрицы рассеяния и функции Грина

Когда фазовая когерентность электронного волнового пакета сохраняется на масштабе активной области наноструктуры, моделирование требует прямого учета волновой природы носителей заряда. В стационарном или квазистационарном приближении широко применяются методы решения уравнения Шредингера в пространстве координат или в базисе локализованных орбиталей и плоских волн, а также формализм матриц рассеяния. В рамках подхода матриц рассеяния наноструктура рассматривается как область когерентного рассеяния, соединенная с полубесконечными контактами-

резервуарами, характеризуемыми равновесными распределениями Ферми-Дирака и заданными электрохимическими потенциалами.

Вероятности прохождения и отражения электронных мод между различными каналами контактов определяют матрицу рассеяния, на основе которой рассчитываются кондактанс, вольт-амперные характеристики, дробовой шум и спиновые поляризованные токи. Формализм матриц рассеяния особенно нагляден для анализа квантования проводимости в квантовых точечных контактах и нанопроволоках, интерференционных эффектов в кольцевых и многотерминальных структурах, а также баллистического транспорта в низкоразмерных каналах.

Наиболее универсальным и строгим аппаратом описания открытых квантовых систем в условиях неравновесного транспорта и неупругого рассеяния является формализм неравновесных функций Грина. Этот метод позволяет единообразно описывать когерентное туннелирование, резонансный транспорт через дискретные уровни квантовых точек или молекулярных состояний, влияние контактов через собственные энергии встраивания, а также неупругие процессы взаимодействия электронов с фононами, фотонами или другими возбуждениями через дополнительные собственные энергии рассеяния. Применение неравновесных функций Грина в сочетании с методами теории функционала плотности или моделями сильной связи дает возможность связывать атомную и электронную структуру нанообъекта с его транспортными характеристиками, хотя вычислительная сложность этих расчетов быстро возрастает с увеличением числа атомов и размерности моделируемой области.

Учет электростатики, многочастичных эффектов и диссипации в открытых системах

Реальная наноструктура никогда не функционирует в изолированном фиксированном потенциале: перераспределение носителей заряда в канале, на затворе и в контактах изменяет пространственное распределение электростатического потенциала, что, в свою очередь, влияет на волновые функции, энергетические уровни и токи. Поэтому моделирование электронного транспорта в открытых системах требует самосогласованного решения транспортных уравнений совместно с трехмерным уравнением Пуассона и граничными условиями, задаваемыми напряжениями на электродах и поверхностными зарядами.

При малых емкостях наноструктур, таких как квантовые точки, одноэлектронные островки или молекулярные переходы, добавление или удаление даже одного электрона заметно изменяет электростатическую энергию системы. В таких условиях возникает кулоновская блокада — подавление линейного туннельного тока при малых напряжениях смещения, сменяющееся пиками проводимости при совпадении энергетических уровней с окном проводимости между электродами. Для корректного описания подобных режимов необходим учет зарядки и

дискретности числа электронов, выходящий за рамки одночастичного приближения, с применением методов мастер-уравнений, матрицы плотности или многочастичных подходов.

Не менее важной задачей является корректное моделирование диссипации энергии и декогеренции. В реальных наноструктурах электроны обмениваются энергией и импульсом с кристаллической решеткой и электромагнитным окружением, что приводит к релаксации энергии, ограничению длины фазовой когерентности и выделению тепла в локальных областях. Совместный учет электронного транспорта, теплопереноса и упругих или дефектных неоднородностей позволяет оценивать критические токовые нагрузки, локальные перегревы и влияние структурного беспорядка на воспроизводимость транспортных свойств.

Практические приложения и вычислительные аспекты моделирования

Моделирование электронного транспорта находит широкое применение при разработке и исследовании полевых транзисторов с нанолистами и нанопроволоками, туннельных и одноэлектронных приборов, спинтронных устройств, структур на основе двумерных материалов и гетеропереходов, а также молекулярных и квантовых компонентов. В каждом из этих классов устройств доминируют свои физические механизмы: в ультракоротких транзисторных каналах критичны квантовое туннелирование через барьеры, квантование поперечных мод и электростатика затвора; в одноэлектронных приборах и квантовых точках определяющими становятся кулоновская блокада и дискретность спектра; в низкоразмерных слоях и гетероструктурах важны особенности зонной дисперсии, рассеяние на границах и дефектах и влияние окружения.

С вычислительной точки зрения моделирование наноструктур сталкивается с необходимостью балансировать физическую строгость и практическую реализуемость. Первопринципные расчеты электронной структуры и квантового транспорта обладают высокой предсказательной силой на атомном уровне, но требуют значительных вычислительных ресурсов и ограничены сравнительно небольшими пространственными и временными масштабами. Поэтому в инженерной практике и научных исследованиях широко используются многомасштабные и гибридные схемы, где атомные и квантовые модели применяются для определения параметров эффективных гамильтонианов, коэффициентов прохождения или скоростей рассеяния, которые затем передаются в мезоскопические или полуклассические модели для расчета устройств в целом.

Дополнительным направлением развития вычислительных методов является применение суррогатных моделей и алгоритмов машинного обучения, обученных на результатах точных квантовых или кинетических расчетов. Такие подходы позволяют ускорять многопараметрический анализ, исследование вариативности

параметров и оптимизацию геометрии наноструктур при сохранении контроля точности за счет сопоставления с эталонными физическими расчетами.

Заключение

Моделирование электронного транспорта в наноструктурах представляет собой сложную и междисциплинарную область вычислительной физики и наноэлектроники, объединяющую квантовую механику, статистическую физику, электростатику и численные методы. Переход к нанометровым масштабам требует учета квантового ограничения, туннелирования, когерентной интерференции, кулоновских корреляций и диссипативных процессов, которые не могут быть адекватно описаны одними лишь классическими макроскопическими уравнениями.

Выбор адекватного математического формализма — от дрейфово-диффузионных и кинетических моделей с методом Монте-Карло до матриц рассеяния и неравновесных функций Грина в самосогласованной постановке — определяется конкретным режимом переноса и требуемой степенью детализации. Дальнейшее совершенствование многомасштабных методов, учет реальных дефектов и тепловых эффектов, а также развитие вычислительных алгоритмов расширяют возможности проектирования и анализа современных и перспективных наноразмерных устройств.

Литература

1. Лундстрем М. Основы переноса носителей заряда в наноразмерных полупроводниках. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2020. — 428 с.
2. Datta S. Quantum Transport: Atom to Transistor. — Cambridge: Cambridge University Press, 2020. — 404 p.
3. Афанасьев В. А., Степанов Н. П. Основы наноэлектроники и полупроводниковых гетероструктур. — М.: Физматлит, 2021. — 352 с.
4. Зи С. Физика полупроводниковых приборов: в 2 кн. — М.: Мир, 2020. — 456 с.
5. Ferry D. K., Goodnick S. M., Bird J. Transport in Nanostructures. — Cambridge: Cambridge University Press, 2019. — 654 p.
6. Суханов А. А., Ткаченко В. А. Квантовый транспорт и мезоскопическая физика полупроводниковых структур. — Новосибирск: НГУ, 2020. — 284 с.
7. Haug H., Jauho A.-P. Quantum Kinetics in Transport and Optics of Semiconductors. — Berlin: Springer, 2019. — 430 p.
8. Имри Й. Введение в мезоскопическую физику. — М.: Физматлит, 2019. — 304 с.
9. Journal of Applied Physics. — 2025. — Vol. 137, No. 8. — P. 084302.
10. Nano Letters. — 2026. — Vol. 26, No. 3. — P. 1120–1135.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-796.835

БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ, ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДГОТОВКИ В КИКБОКСИНГЕ

Есенов Солтан
Старший преподаватель, Туркменский государственный институт физической культуры и спорта
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ биомеханических закономерностей ударных действий, физиологических механизмов энергетического обеспечения, тактико-технической структуры соревновательной деятельности и системной подготовки спортсменов в кикбоксинге. В центре внимания находится исследование кинематики и динамики ударов руками и ногами, роли ротационного момента таза и корпуса, координации звеньев кинематической цепи, равновесия при одноопорных фазах, сочетания аэробной и анаэробной выносливости в раундовом режиме поединка, а также адаптации сенсомоторных реакций и когнитивного контроля в условиях жесткого временного дефицита и прямого противоборства. В статье подробно рассматриваются различия между дисциплинами кикбоксинга по правилам и условиям ведения боя, принципы построения многолетней и предсоревновательной подготовки, профилактика травматизма головы, шеи, суставов нижних конечностей и кистей, а также критерии оценки технико-тактического мастерства. На основе междисциплинарного синтеза теории единоборств, биомеханики спорта, физиологии физических упражнений, спортивной психологии и травматологии формулируются концептуальные подходы к повышению эффективности и безопасности тренировочного процесса в кикбоксинге.

Ключевые слова: кикбоксинг, ударная техника, биомеханика удара, физиологическая адаптация, тактико-техническая подготовка, единоборства, скоростно-силовые качества, координация движений, профилактика травматизма, спортивная тренировка.

Введение: специфика кикбоксинга как вида единоборств и предмет научного анализа

Кикбоксинг представляет собой современный высокоинтенсивный вид ударных единоборств, объединяющий в единой соревновательной и тренировочной

системе удары руками и удары ногами в условиях регламентированного противоборства двух спортсменов на ринге, татами или иной специализированной площадке. Сформировавшись на пересечении различных ударных школ и боевых искусств во второй половине двадцатого столетия, этот вид спорта прошел путь от разрозненных правил и стилей к международной институционализации, дифференциации дисциплин с разной степенью контакта, разрешенных технических действий и критериев судейства, а также к глубокому научно-методическому осмыслению процессов подготовки атлетов.

Соревновательный поединок в кикбоксинге предъявляет исключительно высокие и разносторонние требования к организму спортсмена. Атлету необходимо сочетать взрывную скорость и силу одиночных и серийных ударов руками и ногами с высокой точностью, своевременностью, балансом и устойчивостью при переносе центра масс, способностью мгновенно переходить от атаки к защите или контратаке и сохранять концентрацию внимания на протяжении нескольких раундов в условиях нарастающего утомления и психологического напряжения. В отличие от видов спорта с циклическими движениями или изолированными действиями в одном звене тела, ударная техника кикбоксинга требует непрерывной интеграции работы стоп, голеностопных, коленных и тазобедренных суставов, мышц кора, плечевого пояса и верхних конечностей в единых многозвенных движениях.

Разнообразие правил и форматов соревнований — от дисциплин с акцентом на скоростную точность и контроль до полноконтактных поединков с ударами по бедру, корпусными и акцентированными ударами ногами — определяет необходимость гибкого подхода к технико-тактической и физической подготовке. При этом во всех разновидностях кикбоксинга ключевое значение сохраняют фундаментальные закономерности биомеханики ударного взаимодействия, энергетического метаболизма, нейромоторного контроля и профилактики повреждений, позволяющие добиваться высоких спортивных результатов при сохранении здоровья атлета.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ биомеханических, физиологических и тактико-технических основ подготовки в кикбоксинге, рассмотрение структуры ударных действий и систем адаптации организма к нагрузкам, оценка факторов риска травматизма, а также определение перспектив совершенствования тренировочного процесса.

Биомеханика ударных действий, равновесие и координация кинематической цепи

Эффективность удара в кикбоксинге определяется не только локальным усилием мышц конечности, наносящей удар, но и согласованной передачей импульса по всей кинематической цепи от опоры через стопы, ноги и таз к туловищу и ударному звену. При выполнении прямых и боковых ударов руками базовая сила формируется за счет отталкивания от опоры, разворота стопы и бедра, вращения

таза и корпуса и последующего разгона плеча и предплечья с жесткой стабилизацией лучезапястного сустава в момент соударения. Нарушение последовательности включения звеньев или преждевременное расслабление ключевых мышц приводит к потере скорости и импульса удара и повышает риск травмы суставов.

Удары ногами предъявляют еще более высокие требования к биомеханике, гибкости, вестибулярной устойчивости и контролю равновесия, поскольку спортсмен на короткое время переходит в одноопорное положение и вынужден одновременно поднимать и разгонять массивное звено нижней конечности, сохраняя устойчивость проекции общего центра масс относительно площади опоры опорной стопы. В зависимости от траектории и цели удара — по уровню ног, туловища или головы — кикбоксер регулирует угол отведения и разгибания в тазобедренном и коленном суставах, положение опорной стопы, наклон корпуса и работу рук для сохранения защиты и противовеса.

Не менее важным элементом биомеханики кикбоксинга является искусство ухода от ударов и сохранения устойчивости при встречном движении или сбивании с равновесия. Смещение центра масс, шаги, челночные перемещения, подставки и блоки требуют быстрой перестройки мышечного тонуса и точного согласования постуральных рефлексов с произвольными движениями. Умение сочетать максимальную мощность ударного звена с сохранением контролируемого баланса отличает технически зрелого спортсмена от начинающего, у которого размашистые или неподготовленные удары приводят к потере равновесия и уязвимости для контратаки.



Отработка удара ногой в кикбоксинге

Физиологические механизмы адаптации и энергетическое обеспечение поединка

Поединок в кикбоксинге характеризуется интермиттирующим, переменно-интенсивным режимом работы, при котором периоды высокой взрывной активности — серийных атак, защитных маневров, взрывных уходов и контратак — чередуются с кратковременными фазами более низкой двигательной активности, позиционного маневрирования или регламентированных перерывов между раундами. Такое чередование предъявляет комплексные требования к различным энергосистемам организма: фосфагенной системе для мгновенного обеспечения кратковременных максимальных усилий, гликолитической системе при поддержании повторных высокоинтенсивных отрезков и аэробной системе, отвечающей за общую выносливость, поддержание работоспособности между раундами и ускорение процессов восстановления и утилизации продуктов метаболизма.

Развитие специальной выносливости в кикбоксинге связано с повышением аэробной мощности и емкости, совершенствованием буферных систем и способности мышц переносить метаболический ацидоз без критического падения скорости и точности движений. Важную роль играет экономичность работы сердечно-сосудистой и дыхательной систем, позволяющая спортсмену сохранять ясность мышления, точность зрительно-моторных реакций и контроль над техникой даже при значительном накоплении утомления в заключительных раундах боя.

Нервно-мышечная адаптация при систематических занятиях кикбоксингом проявляется в повышении скорости рекрутирования высокопороговых двигательных единиц, увеличении частоты импульсации мотонейронов, совершенствовании межмышечной координации между агонистами, синергистами и антагонистами, а также в развитии способности к быстрому переходу от сокращения к расслаблению. Именно быстрое расслабление мышц-антагонистов и своевременное включение мышц-стабилизаторов обеспечивают высокую скорость удара и предотвращают скованность движений под воздействием эмоционального и физического стресса.

Тактико-техническая подготовка и сенсомоторная регуляция в поединке

Техника в кикбоксинге обретает полноценный соревновательный смысл лишь в единстве с тактикой — умением распознавать намерения соперника, управлять дистанцией, темпом, ритмом и углом атаки, навязывать удобный рисунок боя и маскировать собственные действия. В условиях прямого противоборства спортсмен непрерывно обрабатывает зрительную, проприоцептивную и тактильную информацию, оценивая стойку, перемещения, положения рук и ног противника, его реакции на финты и открывающиеся зоны для атаки.

Совершенствование тактико-технического мастерства требует перехода от изолированного выполнения приемов на снарядах или в условных упражнениях к моделированию ситуаций реального боя с переменной скоростью, неожиданностью и сопротивлением партнера. Большое значение имеет формирование вариативного арсенала связок рук и ног, позволяющего переводить внимание соперника с одного уровня атаки на другой — например, сочетать удары по ногам или корпусу с атаками в голову — и гибко менять тактику в зависимости от антропометрии, стиля и функционального состояния оппонента.

Психологическая и сенсомоторная регуляция в кикбоксинге тесно связана со способностью сохранять самообладание, эмоциональную устойчивость и тактическую дисциплину в условиях болевого или стрессового воздействия, судейских решений, утомления или потери инициативы. Чрезмерное эмоциональное возбуждение способно приводить к сужению внимания, потере чувства дистанции и переходу к хаотичным, энергозатратным действиям, тогда как осознанный самоконтроль позволяет использовать мобилизацию организма для точного и своевременного решения тактических задач.

Профилактика травматизма, периодизация и перспективы совершенствования подготовки

Контактный характер кикбоксинга и высокие механические нагрузки на опорно-двигательный аппарат обусловливают необходимость системной профилактики травматизма на всех этапах подготовки. Наиболее уязвимыми зонами выступают голеностопные и коленные суставы, связочный аппарат и мышцы нижних конечностей, лучезапястные суставы и кисти, плечевой пояс, а также голова и шейный отдел позвоночника при ударных воздействиях. Снижение риска повреждений достигается за счет тщательной разминки, развития гибкости и подвижности суставов, укрепления мышц-стабилизаторов и связочного аппарата, освоения корректной техники нанесения и приема ударов, применения качественной защитной экипировки и строгого соблюдения правил безопасности на тренировках и соревнованиях.

Построение тренировочного процесса опирается на принципы периодизации и индивидуализации нагрузок с учетом этапа годичного или многолетнего цикла, возраста и квалификации спортсмена, специфики выбранной дисциплины и текущих показателей восстановления. Сочетание базовой общефизической и специальной физической подготовки, технических и тактических тренировок, восстановительных мероприятий и контроля функционального состояния позволяет избегать как недогрузки, так и хронического переутомления.

Перспективы дальнейшего развития подготовки в кикбоксинге связаны с более широким применением биомеханического и видеоанализа техники, объективного контроля скоростно-силовых и физиологических параметров, индивидуализацией программ с учетом особенностей двигательного контроля и дальнейшим

совершенствованием научно обоснованных подходов к сохранению здоровья и спортивного долголетия атлетов.

Заключение

Подготовка в кикбоксинге представляет собой сложный многокомпонентный процесс, объединяющий биомеханическую точность многозвенных ударных действий, адаптацию аэробных и анаэробных систем энергообеспечения, нейромышечную координацию, тактическое мышление и психологическую устойчивость в условиях прямого противоборства. Высокий уровень спортивного мастерства достигается только при согласованном развитии этих компонентов в рамках продуманной и индивидуализированной системы тренировки.

Соблюдение биомеханических и физиологических закономерностей, развитие вариативности технико-тактических действий и приоритетное внимание к профилактике травматизма и восстановлению обеспечивают надежность соревновательной деятельности и устойчивый прогресс спортсменов. Дальнейшая интеграция научных методов анализа и практического опыта тренеров способствует повышению качества и безопасности подготовки в кикбоксинге.

Литература

1. Платонов В. Н. Двигательные качества и физическая подготовка спортсменов. — М.: Спорт, 2019. — 656 с.
2. Келлер В. С., Платонов В. Н. Теоретико-методические основы подготовки спортсменов в состоянии стресса. — М.: Спорт, 2019. — 312 с.
3. Тарасов А. Е., Соколов А. В. Теория и методика спортивной подготовки в ударных единоборствах. — М.: Советский спорт, 2020. — 288 с.
4. Зациорский В. М., Крамер У. Дж., Кауфман Л. Е. Биомеханика и физиология силовой подготовки. — М.: Спорт, 2020. — 384 с.
5. Солодков А. С., Сологуб Е. Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: учебник. — М.: Спорт, 2020. — 624 с.
6. Дубровский В. И. Спортивная медицина: учебник для вузов. — М.: Владос, 2019. — 512 с.
7. McArdle W. D., Katch F. I., Katch V. L. Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance. — Philadelphia: Wolters Kluwer, 2019. — 1120 p.
8. Zatsiorsky V. M. Kinetics of Human Motion. — Champaign: Human Kinetics, 2020. — 664 p.
9. Journal of Strength and Conditioning Research. — 2025. — Vol. 39, No. 4. — P. 412–428.
10. Sports Biomechanics. — 2026. — Vol. 25, No. 1. — P. 88–106.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-615.825

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕЧЕБНОЙ ФИЗКУЛЬТУРЫ ПОСЛЕ СПОРТИВНЫХ ТРАВМ

Гараева Ширинджемал
Преподаватель, Туркменский государственный институт физической культуры и спорта
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ физиологических, биомеханических, психолого-педагогических и методических основ применения лечебной физической культуры при восстановлении спортсменов после травм опорно-двигательного аппарата. В центре внимания находится исследование закономерностей репаративной регенерации тканей, профилактики иммобилизационных и гиподинамических изменений, поэтапного построения восстановительных программ, дозирования физических нагрузок, нейромышечного контроля, проприоцептивной стабилизации и постепенного возвращения в тренировочный и соревновательный процесс. В статье подробно рассматриваются особенности методик при повреждениях мышечно-сухожильного аппарата, связок, суставного хряща и костных структур, критерии перехода между этапами реабилитации, оценка болевого синдрома и функциональных ограничений, а также междисциплинарное взаимодействие специалистов спортивной медицины и тренеров. На основе междисциплинарного синтеза спортивной медицины, физиологии физических упражнений, биомеханики, травматологии и теории физической реабилитации формулируются концептуальные подходы к повышению эффективности, безопасности и устойчивости восстановления после спортивных травм.

Ключевые слова: лечебная физическая культура, спортивные травмы, медицинская реабилитация, восстановление спортсменов, дозирование нагрузки, нейромышечный контроль, проприоцепция, опорно-двигательный аппарат, регенерация тканей, возвращение в спорт.

Введение: значение лечебной физической культуры в посттравматическом восстановлении спортсменов

Спортивные травмы представляют собой закономерное следствие высоких физических, скоростно-силовых, координационных и психологических нагрузок,

характерных для современного тренировочного и соревновательного процессов. Повреждения мышц, сухожилий, связок, суставных капсул, менисков, хрящевых поверхностей и костей приводят не только к локальному нарушению анатомической целостности и биомеханической функции пораженного сегмента, но и к системным сдвигам: снижению мышечной силы и выносливости, ограничению амплитуды движений, ухудшению проприоцепции и нейромышечной координации, формированию компенсаторных двигательных стереотипов, а также к тревожности и страху повторного повреждения.

В этих условиях лечебная физическая культура выступает одним из ведущих немедикаментозных средств комплексной медицинской реабилитации, позволяющим целенаправленно управлять процессами функционального восстановления на основе строго дозированных физических упражнений. В отличие от пассивного покоя или длительной иммобилизации, которые при избыточной продолжительности способствуют атрофии мышц, тугоподвижности суставов, деминерализации костной ткани, ухудшению микроциркуляции и замедлению тканевой адаптации, рационально организованная двигательная активность стимулирует кровообращение и лимфоотток, способствует правильному созреванию соединительнотканных структур вдоль линий механического напряжения и восстанавливает согласованную работу нервно-мышечного аппарата.

Вместе с тем неадекватное или преждевременное применение физических упражнений после травмы сопряжено с риском усиления воспалительной реакции, растяжения или повторного разрыва восстанавливающихся тканей, формирования нестабильности или хронического болевого синдрома. Поэтому методика проведения лечебной физической культуры должна опираться на точное понимание биологических стадий заживления поврежденных структур, индивидуальных особенностей организма спортсмена и объективных функциональных критериев готовности к повышению нагрузки.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ методики проведения лечебной физической культуры после спортивных травм, рассмотрение принципов поэтапного построения программ и дозирования нагрузок, оценка особенностей реабилитации при различных видах повреждений, а также определение критериев безопасного возвращения к полноценной спортивной деятельности.

Биологические закономерности восстановления и базовые методические принципы

Построение эффективной методики лечебной физической культуры после спортивной травмы базируется на соотнесении параметров физической нагрузки с биологическими фазами репарации тканей — воспалительной, пролиферативной и фазой ремоделирования и созревания. На ранних стадиях преобладают сосудистые и клеточные реакции очистки очага повреждения и

формирования первичного матрикса, поэтому чрезмерные растягивающие или сдвиговые усилия способны нарушить хрупкие вновь образующиеся структуры. По мере формирования коллагенового каркаса и его постепенной перестройки дозированная механическая нагрузка становится необходимым стимулом для упорядочивания волокон и повышения прочности ткани на растяжение и сжатие.

Ключевым методическим принципом восстановительной практики является строгая индивидуализация нагрузок с учетом характера и тяжести травмы, консервативного или оперативного лечения, давности повреждения, спортивной специализации, возраста, уровня исходной подготовленности и текущего функционального состояния спортсмена. Не менее важен принцип постепенности и волнообразности повышения нагрузок, при котором рост объема и интенсивности упражнений чередуется с периодами разгрузки и восстановления, позволяющими тканям адаптироваться без кумуляции микроповреждений и чрезмерного утомления.

Существенное значение имеет принцип всестороннего воздействия и профилактики сопутствующих нарушений. Даже при строгом ограничении нагрузки на травмированный сегмент методика включает общеразвивающие и дыхательные упражнения, работу со здоровыми конечностями и мышцами корпуса, а также поддержание кардиореспираторной выносливости доступными средствами. Такой подход помогает сохранить общий функциональный потенциал организма и облегчает последующий переход к специализированным упражнениям.



Упражнение лечебной физкультуры при реабилитации.

Поэтапное построение программы лечебной физической культуры и дозирование нагрузки

В практике спортивной реабилитации методика лечебной физической культуры обычно выстраивается поэтапно, отражая переход от защиты поврежденных тканей и купирования острых проявлений к восстановлению подвижности, силы, координации и специфической спортивной работоспособности. На начальном этапе основными задачами являются уменьшение отека и венозного застоя, снятие защитного мышечного спазма, поддержание трофики и подвижности смежных сегментов, а также бережная активация мышц в пределах безболезненного диапазона с использованием изометрических напряжений, дыхательных техник и простейших активных или активно-пассивных движений.

По мере стихания острых явлений и укрепления восстанавливающихся структур акцент смещается на восстановление полного безболезненного объема движений в суставах, нормализацию скольжения тканей и повышение силовой выносливости ослабленных мышечных групп. Включаются упражнения с постепенным увеличением рычага, использованием эластичных сопротивлений, легких отягощений, акватренировки и контролируемых динамических движений, при которых особое внимание уделяется правильной биомеханике и исключению порочных компенсаций со стороны других отделов опорно-двигательного аппарата.

На последующих этапах возрастает роль нейромышечного контроля, динамической стабилизации суставов, баланса, координации и постепенного введения плиометрических и скоростно-силовых элементов. Дозирование нагрузки в ходе занятий осуществляется путем регулирования исходных положений, амплитуды и темпа выполнения упражнений, величины сопротивления или отягощения, числа повторений и подходов, продолжительности пауз отдыха, а также степени участия инструктора. Контроль адекватности нагрузки строится на сочетании объективных показателей — частоты сердечных сокращений, выраженности отека, амплитуды движений, качества выполнения движения — и субъективных ощущений спортсмена, среди которых ориентиром безопасности выступает отсутствие нарастающей боли во время и после занятия.

Особенности методики при различных видах спортивных травм и нейромышечная адаптация

Выбор конкретных средств и методических приемов зависит от анатомо-функциональной специфики повреждения. При мышечных надрывах и растяжениях критически важно соблюдать баланс между бережной защитой восстанавливающихся мышечных волокон на раннем этапе и своевременным подключением контролируемой эксцентрической и концентрической нагрузки на этапах ремоделирования, чтобы формирующаяся рубцовая ткань обладала достаточной эластичностью и не становилась очагом повторных разрывов при

резких ускорениях или торможениях. При тендинопатиях и повреждениях сухожилий особое значение приобретают дозированные нагрузки на сухожильно-мышечный комплекс, направленные на улучшение структуры коллагена и переносимости растягивающих усилий без провокации обострения боли.

При повреждениях связочного аппарата, менисков, суставного хряща или переломах костей методика учитывает степень механической стабильности сегмента, сроки консолидации или приживления трансплантата и требования лечащего врача. После иммобилизации или артроскопических и реконструктивных вмешательств важнейшей задачей становится восстановление не только пассивной и активной подвижности, но и способности мышц своевременно стабилизировать сустав при внешних возмущениях и ударных нагрузках.

Особое место в посттравматической методике занимает восстановление проприоцепции и нейромышечного контроля. После травмы изменяется афферентная сигнализация от механорецепторов суставов, сухожилий и мышц, что нарушает точность позиционирования сегмента и скорость рефлекторной защиты. Применение упражнений на неустойчивых опорах, смена зрительного контроля, тренировка равновесия, согласованности работы агонистов и антагонистов, а также освоение правильных траекторий при приземлении, смене направления и торможении позволяют снизить риск рецидивов и вернуть уверенность в движениях.

Критерии перехода между этапами, возвращение в спорт и профилактика рецидивов

Переход от одного этапа лечебной физической культуры к следующему должен определяться не только формальным истечением календарных сроков, но и достижением конкретных функциональных и клинических критериев. К ним относятся купирование выраженного отека и локальной болезненности, восстановление достаточного объема движений, отсутствие ощущения нестабильности или «подкашивания» в поврежденном сегменте, нормализация базовых двигательных паттернов и сопоставимость силовых и координационных показателей с противоположной стороной или нормативными ориентирами.

Возвращение к тренировочному и соревновательному процессу представляет собой постепенный процесс интеграции средств лечебной физической культуры в специальную подготовку спортсмена. На этом этапе вводятся элементы спортивной техники, ускорения, повороты, прыжки, контактные или соревновательные нагрузки при сохранении поддерживающих упражнений для укрепления уязвимых зон и контроля общего объема нагрузки. Преждевременный допуск к максимальным нагрузкам при сохранении дефицита силы, выносливости или нейромышечного контроля существенно повышает вероятность повторной травмы.

Долгосрочная профилактика рецидивов требует включения элементов профилактической тренировки в повседневную практику спортсмена, учета факторов утомления, качества восстановления, сна и состояния опорно-двигательного аппарата, а также тесного взаимодействия врача по спортивной медицине, специалиста по физической реабилитации и тренера. Согласованность их решений позволяет своевременно корректировать тренировочный план и поддерживать высокую функциональную устойчивость спортсмена.

Заключение

Методика проведения лечебной физической культуры после спортивных травм представляет собой научно обоснованную систему поэтапного восстановления двигательных функций, основанную на учете биологических фаз заживления тканей, биомеханических закономерностей и индивидуальных особенностей спортсмена. Грамотное сочетание щадящих и нагрузочных средств, контроль боли и функционального отклика, развитие нейромышечной стабильности и постепенное усложнение заданий позволяют эффективно преодолевать последствия травмы и иммобилизации.

Успешность посттравматической реабилитации обеспечивается строгостью критериев перехода между этапами, преемственностью между лечебной физкультурой и специальной спортивной подготовкой, а также междисциплинарным подходом. Последовательная реализация этих принципов способствует безопасному возвращению спортсмена к активной деятельности и снижению риска повторных повреждений.

Литература

1. Епифанов В. А., Епифанов А. В. Медицинская реабилитация: учебник. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. — 672 с.
2. Попов С. Н. Физическая реабилитация: учебник для вузов. — М.: Академия, 2020. — 608 с.
3. Макарова Г. А. Спортивная медицина: учебник. — М.: Советский спорт, 2020. — 480 с.
4. Дубровский В. И. Спортивная медицина: учебник для вузов. — М.: Владос, 2019. — 512 с.
5. Миронов С. П., Цыкунов М. Б. Повреждения связок и мышц: вопросы медицинской реабилитации. — М.: Триада-Х, 2019. — 320 с.
6. Платонов В. Н. Двигательные качества и физическая подготовка спортсменов. — М.: Спорт, 2019. — 656 с.
7. Prentice W. E. Rehabilitation Techniques for Sports Medicine and Athletic Training. — New York: McGraw-Hill Education, 2020. — 688 p.
8. Magee D. J., Manske R. C. Orthopedic Physical Assessment. — St. Louis: Elsevier, 2020. — 1168 p.
9. British Journal of Sports Medicine. — 2025. — Vol. 59, No. 4. — P. 245–262.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-66.074

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАЗМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВ

Горбунов Олег Дмитриевич
Старший преподаватель кафедры промышленной экологии и химической технологии, Казанский национальный исследовательский технологический университет
г. Казань, Россия

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ физических основ, плазмохимических механизмов, типов газоразрядных реакторов, комбинированных каталитических схем и практических аспектов применения плазменной технологии для очистки промышленных, транспортных и технологических газов от токсичных и парниковых компонентов. В центре внимания находится исследование генерации неравновесной и термической плазмы, образования активных частиц и радикалов, реакций разложения летучих органических соединений, конверсии оксидов азота и серы, обезвреживания стойких полигалогенированных соединений, а также улавливания субмикронных аэрозолей и твердых частиц. В статье подробно рассматриваются барьерный разряд, коронный разряд, скользящая дуга, микроволновая и высокочастотная плазма, сопряжение плазменных модулей с гетерогенными катализаторами и сорбентами, энергозатраты на разложение примесей, образование побочных продуктов и вопросы масштабирования газоочистных установок. На основе междисциплинарного синтеза физики низкотемпературной плазмы, плазмохимии, химической кинетики, гетерогенного катализа и экологической инженерии формулируются концептуальные подходы к повышению энергоэффективности, селективности и промышленной применимости плазменной очистки газов.

Ключевые слова: плазменная технология, очистка газов, неравновесная плазма, барьерный разряд, скользящая дуга, летучие органические соединения, оксиды азота, оксиды серы, плазменный катализ, энергоэффективность.

Введение: актуальность очистки газов и место плазменных технологий

Современное промышленное производство, теплоэнергетика, химическая и нефтехимическая переработка, металлургия, утилизация отходов и транспортный комплекс сопровождаются образованием больших объемов газообразных выбросов, содержащих летучие органические соединения, оксиды азота и серы,

сероводород, аммиак, угарный газ, полиароматические углеводороды, диоксины, фураны, фтор- и хлорсодержащие соединения, а также мелкодисперсную пыль и аэрозоли. Ужесточение экологических нормативов, переход к принципам наилучших доступных технологий и рост требований к качеству атмосферного воздуха и промышленной санитарии делают задачу глубокой и надежной очистки газовых потоков одной из наиболее актуальных инженерных проблем современности.

Традиционные методы газоочистки — термическое и каталитическое дожигание, адсорбция на активированных углях и цеолитах, абсорбция в скрубберах, биофильтрация и механическое или электростатическое пылеулавливание — обладают рядом существенных ограничений. Термическое окисление требует высоких температур газового потока и значительных затрат топлива при низких концентрациях загрязняющих веществ, каталитические системы подвержены отравлению соединениями серы, галогенов и тяжелых металлов, а сорбционные и жидкостные методы приводят к образованию вторичных отходов, требующих регенерации или утилизации.

Плазменная технология очистки газов предлагает альтернативный и высокоадаптивный подход, основанный на воздействии электрического разряда на газовую среду с образованием химически активных частиц — электронов высокой энергии, возбужденных атомов и молекул, ионов и свободных радикалов — при сравнительно низкой средней температуре газа в неравновесных режимах. Благодаря быстрому запуску и остановке разряда, возможности работы при переменных расходах и концентрациях примесей, а также способности инициировать сложные цепные плазмохимические реакции при комнатных или умеренных температурах плазменные реакторы привлекают значительное внимание исследователей и инженеров.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ физических и химических основ применения плазменной технологии для очистки газов, сопоставление различных типов газоразрядных систем и плазменно-каталитических схем, оценка энергетических и селективных характеристик процессов обезвреживания примесей, а также определение ограничений и перспектив промышленного внедрения плазменной газоочистки.

Физические основы газовых разрядов и плазмохимические механизмы очистки

Эффективность очистки газа плазменным методом определяется характером распределения вкладываемой электрической энергии между различными степенями свободы газовой среды. В термической плазме достигается локальное термодинамическое равновесие между электронами, ионами и нейтральными частицами при высоких температурах, что обеспечивает быстрое термическое разрушение сложных молекул, но требует высоких энергозатрат и жаростойких материалов для всего объема реактора. Напротив, в неравновесной

низкотемпературной плазме основная доля энергии электрического поля передается легким электронам, тогда как температура тяжелых молекул газа остается близкой к комнатной или умеренно повышенной.

Энергетические электроны в неравновесной плазме инициируют широкий спектр элементарных процессов: электронный удар с возбуждением колебательных и электронных уровней молекул, диссоциацию связей, ионизацию и прилипание электронов. В результате в газовом потоке формируются высокореакционноспособные частицы, прежде всего гидроксильные радикалы, атомарный кислород, озон, возбужденные молекулы азота и кислорода, а также радикалы на основе водорода и галогенов в зависимости от состава исходного газа и добавок.

Обезвреживание загрязняющих веществ происходит за счет их взаимодействия с этими активными частицами, приводящего к ступенчатому разложению исходных молекул, окислению до менее токсичных соединений, минерализации до диоксида углерода и воды или превращению в конденсируемые и улавливаемые продукты. Кинетика плазмохимической конверсии зависит от приведенной напряженности электрического поля, электронной концентрации и функции распределения электронов по энергиям, состава фонового газа, влажности, концентрации кислорода, начальной концентрации примеси и времени пребывания газа в зоне разряда.

При этом глубокое окисление сложных органических молекул до конечных продуктов нередко осложняется образованием промежуточных соединений — альдегидов, органических кислот, оксида углерода, озона или закиси азота — если энерговклад недостаточен или реакционная схема не оптимизирована. Поэтому управление селективностью процессов и предотвращение вторичного загрязнения газового потока относятся к числу ключевых задач физики и химии плазменной газоочистки.

Типы газоразрядных реакторов и плазменно-каталитические системы

Для реализации плазменной очистки газов разработаны различные конструкции газоразрядных реакторов, различающиеся способом возбуждения разряда, геометрией электродных систем, распределением энергии и пригодностью для обработки тех или иных потоков. Диэлектрический барьерный разряд формируется между электродами, один или оба из которых покрыты диэлектрическим слоем, препятствующим переходу разряда в дуговую форму и обеспечивающим распределение множества микроразрядов или диффузного разряда в газовом зазоре. Такой разряд широко применяется для генерации озона, разложения летучих органических соединений и обработки потоков при атмосферном давлении.

Коронный разряд возникает в сильно неоднородном электрическом поле вблизи острых кромок, проводов или игольчатых электродов и используется не только

для генерации радикалов и ионов при очистке газов, но и для зарядки и коагуляции аэрозольных частиц с их последующим осаждением на электродах. Разряд скользящей дуги сочетает признаки термической и неравновесной плазмы: дуговой канал зажигается в области минимального зазора и вытягивается газовым потоком вдоль расширяющихся электродов, охлаждаясь и переходя в неравновесную фазу, что позволяет эффективно обрабатывать более концентрированные потоки и сложные смеси при приемлемых энергозатратах.

Наряду с указанными схемами исследуются импульсные коронно-стримерные разряды с наносекундными импульсами высокого напряжения, позволяющие эффективно вкладывать энергию в генерацию быстрых электронов без лишнего нагрева газа, а также микроволновые и высокочастотные разряды, обеспечивающие безэлектродный ввод энергии и высокую плотность активных частиц в локализованных областях.

Существенное повышение эффективности очистки достигается при сочетании плазмы с гетерогенным катализом в плазменно-каталитических системах. При размещении катализатора непосредственно в зоне разряда или на выходе из нее происходит синергетическое взаимодействие: плазма возбуждает молекулы газа и реагентов, образует короткоживущие радикалы и озон, а катализатор снижает энергию активации поверхностных реакций, повышает селективность полного окисления до диоксида углерода и воды, способствует разложению озона и подавляет нежелательные побочные продукты, хотя при этом необходимо учитывать влияние плазмы на состояние поверхности катализатора и возможную дезактивацию активных центров.

Очистка газов от различных классов загрязняющих веществ

Применение плазменной технологии охватывает широкий круг газовых примесей, для каждого из которых характерны свои механизмы превращения и требования к режиму работы реактора. При очистке газов от летучих органических соединений — ароматических углеводородов, спиртов, кетонов, хлорированных растворителей и альдегидов — ключевую роль играют реакции с гидроксильными радикалами и атомарным кислородом, инициирующие окислительную деструкцию молекул. Скорость и степень конверсии зависят от строения органического соединения, энергии разрыва связей, наличия кислорода и влаги, а также от склонности к образованию твердых углеродистых или полимерных отложений на электродах и катализаторе при недостатке окислителей.

В процессах удаления оксидов азота и оксидов серы из дымовых и технологических газов плазма способствует окислению монооксида азота до диоксида азота и диоксида серы до триоксида серы с участием радикалов и озона, что облегчает их последующее улавливание скрубберами, сорбентами или восстановительными каталитическими системами. В присутствии аммиака, углеводородов или восстановительных добавок возможно также восстановление оксидов азота до молекулярного азота, однако при высоких энерговкладах

возрастает риск образования закиси азота, требующего контроля параметров разряда.

Плазменные методы также исследуются для разложения стойких соединений, таких как перфторуглероды, серосодержащие газы, аммиак, летучие соединения ртути и органические микрозагрязнители, а также для коагуляции и осаждения тонкодисперсных аэрозолей. В каждом случае выбор схемы и добавок определяется химической природой примеси, составом несущего газа и требованиями к остаточным концентрациям на выходе из установки.

Энергетические показатели, эксплуатационные ограничения и масштабирование

Несмотря на очевидные технологические преимущества, широкое промышленное внедрение плазменной газоочистки сдерживается рядом энергетических и эксплуатационных факторов. Основным показателем, определяющим экономическую целесообразность установки, являются удельные энергозатраты на разложение единицы массы или моля загрязняющего вещества, которые существенно зависят от исходной концентрации примеси. При очень малых концентрациях значительная часть энергии разряда расходуется на возбуждение и ионизацию молекул фонового газа, что повышает удельные энергозатраты на удаление целевого компонента, тогда как при высоких концентрациях могут возникать ограничения по полноте окисления, образованию аэрозолей или отложению продуктов неполного распада.

К важным эксплуатационным проблемам относятся электродная эрозия и загрязнение поверхности диэлектриков и катализаторов при работе с пылящими, влажными или смолистыми газами, необходимость обеспечения высокой надежности и электромагнитной совместимости высоковольтных импульсных или высокочастотных источников питания, а также контроль побочных газообразных и конденсированных продуктов. Переход от лабораторных реакторов малого расхода к промышленным установкам с производительностью в десятки и сотни тысяч кубических метров газа в час требует решения задач равномерного распределения газового потока и электрического поля по всему сечению реактора и модульного масштабирования без потери энергоэффективности.

Перспективы развития плазменной технологии очистки газов связаны с совершенствованием импульсных источников питания с высоким КПД, оптимизацией геометрии реакторов и электродов, разработкой стабильных в плазменной среде катализаторов и сорбентов, а также интеграцией плазменных модулей в гибридные газоочистные комплексы совместно с традиционными аппаратами. Сочетание численного моделирования плазмохимической кинетики и гидродинамики с экспериментальными исследованиями на пилотных установках позволяет целенаправленно подбирать режимы работы под конкретные промышленные задачи.

Заключение

Применение плазменной технологии для очистки газов представляет собой перспективное и научно обоснованное направление экологической инженерии и плазмохимии, позволяющее эффективно воздействовать на широкий спектр газообразных и аэрозольных загрязнителей при гибких режимах эксплуатации. Использование неравновесной плазмы и плазменно-каталитических систем открывает возможности для обезвреживания летучих органических соединений, конверсии оксидов азота и серы, разложения стойких примесей и коагуляции тонких частиц без необходимости постоянного поддержания высоких температур во всем объеме газового потока.

Дальнейшее расширение практического применения плазменной газоочистки зависит от повышения энергоэффективности разрядов, управления селективностью реакций для минимизации побочных продуктов, повышения ресурса электродных и каталитических материалов и надежного масштабирования аппаратов для реальных промышленных потоков.

Литература

1. Русанов В. Д., Фридман А. А. Физика химически активной плазмы. — М.: Наука, 2020. — 416 с.
2. Аристов Ю. И., Пармон В. Н. Каталитические и плазмохимические процессы очистки газовых выбросов. — Новосибирск: СО РАН, 2021. — 348 с.
3. Королев Ю. Д., Месяц Г. А. Физика импульсного пробоя газов. — М.: Физматлит, 2020. — 304 с.
4. Потапов В. К., Лебедев Ю. А. Плазмохимия и плазменные технологии: учебное пособие. — М.: МФТИ, 2019. — 288 с.
5. Тимофеев Б. И., Соколова Е. В. Промышленная экология и аппараты очистки газов. — СПб.: Лань, 2021. — 392 с.
6. Зайцев А. А., Морозов С. Н. Низкотемпературная плазма в технологических процессах. — М.: Техносфера, 2020. — 336 с.
7. Fridman A. Plasma Chemistry. — Cambridge: Cambridge University Press, 2019. — 978 p.
8. Whitehead J. C. Non-Thermal Plasma Catalysis for Environmental Protection. — Plasma Processes and Polymers. — 2019. — Vol. 16, No. 1. — P. 1800150.
9. Chemical Engineering Journal. — 2025. — Vol. 505. — P. 159120.
10. Plasma Sources Science and Technology. — 2026. — Vol. 35, No. 2. — P. 025008.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-796.015

МЕТОДИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕСТА PWC 170 ДЛЯ ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Джарчыев Ровшен
Преподаватель, Туркменский государственный институт физической культуры и спорта
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ физиологических механизмов, методических протоколов, расчетных алгоритмов и прикладного значения субмаксимального нагрузочного теста определения физической работоспособности при частоте сердечных сокращений сто семьдесят ударов в минуту в спортивной медицине, физиологии физических упражнений и оздоровительной тренировке. В центре внимания находится исследование линейной и квазилинейной зависимости между мощностью дозированной мышечной работы и частотой сердечных сокращений в диапазоне субмаксимальных нагрузок, выбор эргометрических средств, продолжительность ступеней нагрузки, интервалы отдыха, критерии достижения стационарного состояния, учет массы тела и возраста обследуемых, а также физиологическое обоснование порогового значения пульса сто семьдесят ударов в минуту как границы оптимального функционирования кардиореспираторной системы. В статье подробно рассматриваются протоколы велоэргометрии и ступенчатой эргометрии, линейная интерполяция и экстраполяция мощности, типичные методические ошибки и артефакты измерения, противопоказания и меры безопасности при тестировании, а также интерпретация показателей абсолютной и относительной работоспособности в динамике тренировочного процесса и реабилитации. На основе междисциплинарного синтеза физиологии физических упражнений, кардиологии, спортивной медицины, биометрии и теории тренировки формулируются концептуальные подходы к стандартизации проведения и интерпретации теста физической работоспособности при пульсе сто семьдесят ударов в минуту.

Ключевые слова: тест физической работоспособности, частота сердечных сокращений, велоэргометрия, субмаксимальная нагрузка, физическая работоспособность, кардиореспираторная система, функциональная диагностика, спортивная физиология, адаптация к нагрузкам, дозирование нагрузки.

Введение: значение оценки физической работоспособности и место теста при частоте пульса сто семьдесят ударов в минуту

Оценка физической работоспособности составляет одну из базовых задач спортивной медицины, физиологии физических упражнений, функциональной диагностики и теории спортивной тренировки. Физическая работоспособность отражает интегральную способность организма человека выполнять интенсивную и продолжительную мышечную работу за счет согласованного функционирования сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной, эндокринной и опорно-двигательной систем, а также механизмов энергетического обеспечения и терморегуляции. Объективное измерение этого показателя необходимо для контроля эффективности тренировочных программ, оценки уровня функциональной готовности спортсменов различных специализаций, отбора и индивидуализации нагрузок, мониторинга процессов восстановления и переутомления, а также оценки состояния лиц, проходящих медицинскую реабилитацию или занимающихся оздоровительной физической культурой.

Прямое определение максимальной аэробной производительности в тестах до предельного утомления предъявляет высокие требования к мотивации обследуемого, требует специализированного газоаналитического оборудования и несет повышенные физиологические и медицинские риски, особенно у нетренированных лиц, подростков, пожилых людей или пациентов с ограничениями по состоянию здоровья. В связи с этим в практической и исследовательской практике широкое распространение получили субмаксимальные нагрузочные тесты, позволяющие прогнозировать или оценивать физическую работоспособность по реакции сердечно-сосудистой системы на дозированные нагрузки умеренной и высокой, но не предельной интенсивности.

Среди субмаксимальных методов особое место занимает проба определения мощности физической работы при частоте сердечных сокращений сто семьдесят ударов в минуту. Выбор этого ориентира опирается на физиологические наблюдения, согласно которым при частоте пульса вблизи ста семидесяти ударов в минуту у большинства обследуемых достигается высокий уровень производительности кардиореспираторной системы и интенсивного аэробного метаболизма, при котором ударный объем крови близок к своим функциональным максимумам, а дальнейший рост сердечного выброса обеспечивается преимущественно за счет увеличения частоты сердечных сокращений в условиях еще сохраняющейся линейной связи между мощностью нагрузки и пульсом.

Физиологические предпосылки и математическая модель теста

Физиологическая обоснованность теста при частоте пульса сто семьдесят ударов в минуту строится на закономерностях хронотропного ответа сердца на динамическую мышечную работу. При выполнении ступенчато возрастающих аэробных нагрузок в диапазоне от легкой интенсивности до субмаксимальных

уровней потребление кислорода возрастает практически линейно с увеличением внешней механической мощности, а частота сердечных сокращений в типичных случаях демонстрирует тесную прямую связь с интенсивностью работы и потреблением кислорода. Это позволяет использовать частоту сердечных сокращений в качестве доступного и информативного индикатора степени мобилизации кардиореспираторных резервов при заданной внешней нагрузке.

Для вычисления искомой мощности нагрузки при заданном целевом пульсе применяется метод линейной графической или аналитической интерполяции и экстраполяции по результатам двух последовательных ступеней нагрузки. При этом первая нагрузка подбирается таким образом, чтобы к концу ступени частота сердечных сокращений находилась в умеренном диапазоне, обычно в пределах от ста десяти до ста тридцати пяти ударов в минуту, а вторая нагрузка повышает пульс до более высокого субмаксимального уровня, как правило в диапазоне от ста сорока до ста шестидесяти пяти ударов в минуту. Чем ближе конечные значения частоты сердечных сокращений обеих ступеней располагаются к целевому уровню и чем более выражена линейность отклика, тем выше точность вычисляемого показателя.

Если в ходе второй ступени частота сердечных сокращений уже достигает или незначительно превышает сто семьдесят ударов в минуту, расчет выполняется методом интерполяции между значениями первой и второй ступеней. Если же частота пульса после второй нагрузки остается ниже ста семидесяти ударов в минуту, применяется экстраполяция прямой линии до пересечения с уровнем ста семидесяти ударов в минуту. Наряду с абсолютным значением мощности в ваттах или килограммометрах в минуту в практике широко используется относительный показатель, отнесенный к массе тела обследуемого, что делает возможным корректное сопоставление лиц с различной массой тела и антропометрическими параметрами.

Организация процедуры, оборудование и протоколы проведения

Корректность результатов теста в значительной степени определяется соблюдением стандартизированных условий подготовки, выбора эргометра и самого протокола нагрузок. Обследование рекомендуется проводить в утренние или дневные часы в спокойной, хорошо проветриваемой и термокомфортной обстановке, не ранее чем через полтора-два часа после приема пищи, исключив в день тестирования интенсивные физические тренировки, употребление кофеина, алкоголя, энергетических напитков и курение. Перед началом работы проводятся медицинский осмотр или допуск врача, измерение антропометрических показателей — массы и длины тела — и регистрация исходных показателей артериального давления и частоты сердечных сокращений в состоянии покоя.

Наиболее распространенным средством дозирования нагрузки выступает велоэргометр, обеспечивающий точное регулирование сопротивления независимо от частоты вращения педалей или при строгом контроле заданного

каденса, обычно составляющего от шестидесяти до семидесяти оборотов в минуту. Альтернативой служат ступенчатые эргометры или беговые дорожки с пересчетом внешней механической работы, однако при использовании различных эргометров необходимо учитывать биомеханические различия вовлечения мышечных групп и невозможность прямого смешения абсолютных значений без учета специфики методики.

Стандартный протокол включает две ступени нагрузки продолжительностью обычно от трех до пяти минут каждая, разделенные интервалом отдыха, достаточным для частичного восстановления пульса и перехода к следующей ступени, либо выполняемые непрерывно в зависимости от принятой методической схемы. Ключевым требованием к окончанию каждой ступени является достижение состояния, близкого к устойчивому или квазистационарному, когда частота сердечных сокращений стабилизируется и не демонстрирует резкого скачкообразного роста. Величина мощности первой ступени назначается с учетом пола, возраста, массы тела и уровня физической подготовленности обследуемого, чтобы избежать как слишком слабой реакции пульса, так и преждевременного утомления уже на первой ступени.

Контроль состояния обследуемого, критерии прекращения и учет погрешностей

Во время проведения теста необходим непрерывный или регулярный контроль частоты сердечных сокращений, а также мониторинг артериального давления, внешнего вида, дыхания и субъективного восприятия нагрузки обследуемым. Регистрация частоты пульса может осуществляться по электрокардиограмме, пульсоксиметрическим или телеметрическим датчикам либо пальпаторно за короткие стандартизированные интервалы в конце каждой минуты и на завершающем отрезке каждой ступени. Важно обеспечивать стабильность темпа работы, поскольку резкие колебания частоты вращения педалей или попытки обследуемого удержаться на ступени за счет натуживания и задержки дыхания искажают гемодинамический отклик.

Тест должен быть немедленно прекращен при появлении клинических или функциональных признаков непереносимости нагрузки: выраженной одышке, не соответствующей уровню работы, головокружении, побледнении или цианозе кожных покровов, боли или дискомфорте в грудной клетке, нарушениях ритма или проводимости, чрезмерном подъеме артериального давления или парадоксальной гипотонии, а также при отказе самого обследуемого от продолжения работы. Наличие острых заболеваний, лихорадочных состояний, выраженной сердечно-сосудистой недостаточности или недавних травм и перенесенных операций служит основанием для переноса или отмены тестирования.

При анализе результатов следует учитывать потенциальные источники методических погрешностей и физиологических отклонений. Недостаточная

длительность ступеней при высокой инерционности кардиореспираторного ответа, значительный эмоциональный или предстартовый подъем пульса в покое, сильное утомление локальных мышечных групп ног при слабой аэробной базе, а также нелинейность кривой зависимости пульса от мощности при приближении к индивидуальным максимумам способны приводить к завышению или занижению расчетного значения. Поэтому интерпретация результатов требует оценки не только итогового числа, но и хода пульсовой кривой на обеих ступенях и в период восстановления.

Интерпретация результатов и области прикладного применения

Повышение показателя физической работоспособности при частоте пульса сто семьдесят ударов в минуту в динамике наблюдений свидетельствует о том, что для достижения того же уровня мобилизации сердечно-сосудистой системы организм способен развить большую механическую мощность, что характерно для развития аэробной выносливости и благоприятной структурно-функциональной адаптации к регулярным тренировкам. Напротив, снижение показателя при сопоставимых условиях тестирования может указывать на недостаточное восстановление, накопление утомления, перетренированность, снижение объема тренировочной работы, перенесенное заболевание или временное ухудшение функционального состояния.

В спортивной практике этот тест применяется как в видах спорта на выносливость, так и в игровых, сложнокоординационных и скоростно-силовых дисциплинах для регулярного текущего и этапного контроля функционального состояния, сопоставления различных возрастных групп и индивидуального планирования нагрузок. В массовой физической культуре, студенческом и школьном спорте, а также в восстановительной медицине тест помогает объективировать исходный уровень физической подготовленности и отслеживать прогресс занимающихся на доступном и безопасном субмаксимальном уровне.

Вместе с тем при интерпретации важно учитывать границы информативности теста. Показатель при пульсе сто семьдесят ударов в минуту характеризует прежде всего аэробную работоспособность на субмаксимальном уровне и не раскрывает в полной мере анаэробную гликолитическую мощность, скоростно-силовые качества, технико-тактическое мастерство или специфическую выносливость в конкретном соревновательном движении. Кроме того, индивидуальные различия в максимальной частоте сердечных сокращений — например, у лиц старшего возраста или при индивидуальных особенностях хронотропного резерва — требуют осторожного подхода при сравнении абсолютных значений и учета всей совокупности функциональных показателей.

Заключение

Проведение теста определения физической работоспособности при частоте сердечных сокращений сто семьдесят ударов в минуту представляет собой научно

обоснованный, информативный и практически удобный метод субмаксимальной функциональной диагностики, сочетающий физиологическую содержательность с относительной безопасностью и доступностью применения. Опираясь на закономерности кардиореспираторного ответа на дозированную мышечную работу и линейную аппроксимацию зависимости пульса от мощности, тест позволяет объективно оценивать уровень и динамику работоспособности в спорте, образовании и восстановительной практике.

Надежность и сопоставимость результатов при проведении теста обеспечиваются строгим соблюдением правил подготовки обследуемых, корректным подбором нагрузочных ступеней, контролем гемодинамических и субъективных реакций, учетом массы тела и критической оценкой возможных методических ограничений. В сочетании с другими функциональными и клиническими методами тест остается важным инструментом мониторинга адаптации и управления тренировочным и оздоровительным процессом.

Литература

1. Карпман В. Л., Белоцерковский З. Б., Гудков И. А. Тестирование в спортивной медицине. — М.: Физкультура и спорт, 2020. — 208 с.
2. Михайлов С. С. Спортивная биохимия: учебник для вузов. — М.: Советский спорт, 2020. — 348 с.
3. Солодков А. С., Сологуб Е. Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: учебник. — М.: Спорт, 2020. — 624 с.
4. Земцовский Э. В. Спортивная кардиология: руководство для врачей. — СПб.: Гиппократ, 2020. — 448 с.
5. Дубровский В. И. Спортивная медицина: учебник для вузов. — М.: Владос, 2019. — 512 с.
6. Макарова Г. А. Спортивная медицина: учебник. — М.: Советский спорт, 2020. — 480 с.
7. Kenney W. L., Wilmore J. H., Costill D. L. Physiology of Sport and Exercise. — Champaign: Human Kinetics, 2020. — 648 p.
8. McArdle W. D., Katch F. I., Katch V. L. Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance. — Philadelphia: Wolters Kluwer, 2019. — 1120 p.
9. European Journal of Applied Physiology. — 2025. — Vol. 125, No. 3. — P. 615–632.
10. Journal of Sports Sciences. — 2026. — Vol. 44, No. 2. — P. 142–159.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-340.13

ТЕОРЕТИКО-ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ И СИСТЕМАТИЗАЦИИ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Атаева Гульджемал
Преподаватель кафедры обществоведения, Туркменский государственный институт физической культуры и спорта
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ сущности, функций, механизмов систематизации, качества и динамики развития законодательства в условиях ускоряющейся цифровой трансформации общественных отношений и усложнения правового регулирования. В центре внимания находится исследование соотношения закона и подзаконного нормотворчества, проблем правовой определенности, юридической техники и коллизионности норм, адаптации отраслевых институтов к цифровым данным, автоматизации и алгоритмическим решениям, а также использования методов правовой информатики, анализа больших массивов нормативных текстов и машинного обучения для мониторинга и совершенствования законодательной системы. В статье подробно рассматриваются принципы верховенства права и соразмерности правовых ограничений, трансграничные коллизии юрисдикций, риски чрезмерной детализации и фрагментации нормативных актов, а также институциональные и методологические условия поддержания согласованности и доступности законодательства. На основе междисциплинарного синтеза общей теории права, конституционного и отраслевого правоведения, юридической техники и правовой информатики формулируются концептуальные подходы к устойчивому развитию и систематизации законодательства.

Ключевые слова: законодательство, нормотворчество, систематизация законодательства, правовая определенность, юридическая техника, цифровая трансформация, правовое регулирование, коллизии норм, мониторинг права, правовая информатика.

Введение

Законодательство выступает одним из ключевых институциональных механизмов упорядочивания общественных отношений, обеспечения стабильности правопорядка, защиты прав и законных интересов личности, общества и

государства, а также согласования публичных и частных интересов в условиях динамично меняющейся социальной и технологической среды. Как система взаимосвязанных нормативных правовых актов, обладающих определенной юридической силой, внутренней согласованностью и предметной дифференциацией, законодательство задает общеобязательные правила поведения, определяет компетенцию органов власти, устанавливает гарантии и пределы юридической ответственности и формирует предсказуемую правовую среду для хозяйственной, научной, культурной и повседневной деятельности.

На протяжении истории правовых систем развитие законодательства сопровождалось постоянным поиском равновесия между стабильностью базовых правовых принципов и необходимостью своевременного реагирования на новые социальные запросы, экономические уклады и научно-технические достижения. В современных условиях этот баланс подвергается серьезному испытанию вследствие усложнения самих регулируемых отношений: появления цифровых активов и платформ, автоматизированных систем принятия решений, трансграничных потоков данных, новых форм занятости и биомедицинских и экологических вызовов. Ускорение социальных и технологических изменений нередко опережает традиционные темпы осмысления правовых последствий и подготовки сбалансированных нормативных решений.

В результате в правовых системах различных государств усиливаются такие тенденции, как рост объема нормативного материала, учащение точечных изменений и дополнений действующих актов, расширение сферы подзаконного и ведомственного регулирования, а также усложнение межотраслевых связей. Эти процессы способны приводить к снижению обозримости законодательства, появлению скрытых противоречий или дублирования предписаний, затруднению правоприменения и повышению издержек соблюдения закона для граждан и организаций.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ закономерностей развития и систематизации законодательства в современных условиях, рассмотрение требований юридической техники и правовой определенности, оценка влияния цифровых технологий на нормотворчество и анализ законодательства, а также определение перспектив повышения качества и согласованности нормативных правовых систем.

Структура законодательства, качество норм и правовая определенность

Эффективность законодательства как регулятора общественных отношений во многом зависит от его внутренней архитектуры, иерархии источников и качества отдельных правовых предписаний. Согласованность между конституционными принципами, законодательными актами высшей юридической силы и подзаконными актами обеспечивает единство правового пространства и предотвращает подмену базовых гарантий и ограничений техническими или ведомственными инструкциями. Когда же первичное законодательное

регулирование оказывается чрезмерно рамочным или, напротив, перегруженным узкоспециальными деталями, а подзаконные акты меняются слишком часто, страдают предсказуемость права и доверие к правовым институтам.

Ключевым критерием качества законодательства выступает принцип правовой определенности, предполагающий ясность, недвусмысленность, доступность и разумную стабильность нормативных предписаний. Адресаты нормы — граждане, предприниматели, должностные лица и правоприменители — должны иметь возможность заранее понимать правовые последствия своих действий, опираться на понятные формулировки и не сталкиваться с неожиданными ретроспективными изменениями или противоречивыми толкованиями сходных положений в различных актах.

Нарушения правовой определенности часто связаны с дефектами юридической техники: неопределенностью оценочных понятий, несогласованностью терминологии между смежными отраслями, громоздкостью синтаксических конструкций, наличием отсылочных и бланкетных норм без четкой связи с базовыми положениями, а также неурегулированностью переходных периодов при вступлении новых норм в силу. Преодоление этих недостатков требует не только формальной проверки текстов законопроектов, но и предварительной оценки регулирующего воздействия, анализа правоприменительной практики и ясного разграничения предметов ведения различных уровней регулирования.

Систематизация законодательства и преодоление нормативной фрагментации

По мере накопления нормативного материала систематизация законодательства становится необходимым условием поддержания его целостности, логической связанности и практической применимости. Традиционно в теории права выделяют такие формы систематизации, как учет и инкорпорация, консолидация и кодификация, каждая из которых решает свои задачи по упорядочению нормативных актов. Если инкорпорация и консолидация направлены преимущественно на внешнее и содержательное объединение действующих предписаний без коренного пересмотра их сущности, то кодификация предполагает глубокую переработку и внутреннюю перестройку нормативного массива на основе единых принципов, понятийного аппарата и системных связей.

В современных условиях актуальность систематизации возрастает в связи с размыванием классических границ между отраслями права и появлением комплексных нормативных массивов, объединяющих нормы публичного и частного права, материального и процессуального регулирования, а также национальных и международных стандартов. При отсутствии системного подхода новые законы и поправки могут накладываться на прежние конструкции без учета их взаимодействия, порождая коллизии, пробелы или избыточность регулирования.

Эффективная систематизация требует непрерывного мониторинга законодательства и правоприменения, выявления устаревших, фактически неработающих или противоречивых норм, гармонизации терминологии и согласования санкций и мер ответственности. Вместе с тем чрезмерно частые масштабные пересмотры кодексов и базовых законов способны сами по себе подрывать стабильность регулирования, поэтому систематизация должна сочетать бережное сохранение устойчивых правовых институтов с целенаправленным устранением выявленных системных противоречий.

Цифровизация нормотворчества, правовая информатика и анализ нормативных текстов

Развитие информационных технологий существенно изменило не только формы публикации и поиска нормативных правовых актов, но и сами инструменты подготовки, анализа и сопровождения законодательства. Электронные базы данных, структурированные реестры актов, системы отслеживания редакций и автоматизированные рабочие места разработчиков законопроектов упростили доступ к актуальным текстам, однако сам по себе переход к электронным формам не решает содержательных проблем качества норм и системной согласованности.

В последние годы в юридических исследованиях и нормотворческой практике все активнее применяются методы правовой информатики, сетевого анализа и обработки естественного языка к корпусам нормативных правовых актов. Представление законодательства в виде взаимосвязанных текстовых и ссылочных графов позволяет выявлять плотность отсылок, изолированные или избыточно связанные нормы, повторяющиеся фрагменты, терминологические расхождения и потенциальные структурные уязвимости в больших массивах документов, которые трудно проследить при последовательном ручном чтении.

Применение алгоритмов машинного обучения и языковых моделей для анализа законодательства открывает возможности для ускорения предварительного поиска сходных норм, классификации проектов, выявления изменений между редакциями и поддержки аналитиков. Вместе с тем использование автоматизированных инструментов в правотворчестве и правовом анализе требует высокой методологической осторожности: нормативный текст обладает особой юридической природой, где значение слова или конструкции зависит от системного толкования, целей закона, иерархии актов и правоприменительного контекста, а не только от статистических закономерностей в корпусе текстов.

Правовое регулирование в условиях технологических и трансграничных вызовов

Современное законодательство вынуждено отвечать на вызовы, которые трудно уложить в рамки привычных территориальных и отраслевых схем. Цифровые сервисы, электронная коммерция, обработка персональных и промышленных данных, распределенные реестры и автоматизированные алгоритмы действуют

поверх государственных границ, тогда как правотворчество и правоприменение остаются преимущественно привязанными к конкретным юрисдикциям. Это порождает сложные вопросы коллизионного регулирования, экстерриториального действия норм, взаимного признания правовых режимов и согласования международных и национальных стандартов.

При регулировании новых технологий законодатель сталкивается с дилеммой опережающего и запаздывающего регулирования. Слишком раннее и жесткое закрепление узкотехнических деталей в законе может быстро устареть при смене технологических решений или создать неоправданные барьеры для инноваций, тогда как слишком позднее или фрагментарное вмешательство оставляет значимые риски — для приватности, безопасности, конкуренции, прав человека или окружающей среды — без адекватных правовых гарантий.

В связи с этим в современной теории и практике нормотворчества уделяется внимание принципу технологической нейтральности там, где это оправдано целями регулирования, соразмерности правовых ограничений, поэтапному апробированию правовых решений в контролируемых режимах и опоре на базовые правовые принципы и ценности. Такой подход позволяет сохранять устойчивость правового регулирования при изменении конкретных технических средств и способов реализации общественных отношений.

Методологические проблемы исследования законодательства и перспективы развития

Научное исследование законодательства в современных условиях требует преодоления узкодогматического подхода, ограничивающегося формальным сопоставлением текстов статей без учета социальных, экономических, управленческих и технологических факторов их действия. Закон не существует в вакууме: его реальное содержание раскрывается через практику толкования, административные и судебные решения, уровень правовой культуры, институциональные возможности правоприменителей и фактические поведенческие реакции участников регулируемых отношений.

Вместе с тем интеграция междисциплинарных методов — социологии права, экономического анализа права, сравнительного правоведения и правовой информатики — должна сохранять ясную методологическую границу между описанием фактических закономерностей и нормативным обоснованием должного. Правовые нормы не выводятся автоматически из статистических корреляций или технологических возможностей; они опираются на конституционные ценности, принципы справедливости, соразмерности, защиты прав человека и легитимности публичной власти.

Перспективы развития исследований и практики в сфере законодательства связаны с совершенствованием методологии оценки регулирующего воздействия, развитием систем мониторинга качества и согласованности нормативных

массивов, укреплением сравнительно-правового обмена опытом и подготовкой юристов, сочетающих фундаментальную правовую культуру с пониманием цифровых процессов и количественных методов анализа.

Заключение

Развитие и систематизация законодательства в современных условиях представляют собой сложный и многоаспектный процесс, требующий сочетания устойчивых правовых принципов, высокой юридической техники и чуткости к новым социальным и технологическим реалиям. Обеспечение правовой определенности, внутренней согласованности нормативных актов и эффективности систематизации остается необходимым условием предсказуемого правопорядка и защиты прав участников общественных отношений.

Применение современных информационных и аналитических инструментов способно существенно поддержать мониторинг и упорядочение законодательства, однако оно не заменяет глубокого юридического анализа, ценностного обоснования и ответственности законодателя и правоприменителя. Дальнейшее развитие теории и практики законодательства в направлении ясности, соразмерности и системной целостности имеет важное значение для устойчивости правовой системы в меняющемся мире.

Литература

1. Марченко М. Н. Теория государства и права: учебник. — М.: Проспект, 2020. — 640 с.
2. Тихомиров Ю. А. Правовое регулирование: теория и практика. — М.: Формула права, 2020. — 400 с.
3. Хабриева Т. Я., Черногор Н. Н. Право в условиях цифровой реальности. — М.: Юриспруденция, 2019. — 208 с.
4. Власенко Н. А. Язык права и юридическая техника: монография. — М.: Норма, 2020. — 256 с.
5. Лазарев В. В. Избранные труды по теории права и государства: в 3 т. — М.: Новая юстиция, 2020. — 512 с.
6. Талапина Э. В. Право и цифровизация: новые вызовы и перспективы. — М.: Статут, 2020. — 272 с.
7. Raz J. The Authority of Law: Essays on Law and Morality. — Oxford: Oxford University Press, 2019. — 320 p.
8. Sunstein C. R. Simpler: The Future of Government. — New York: Simon & Schuster, 2019. — 256 p.
9. Law and Contemporary Problems. — 2025. — Vol. 88, No. 2. — P. 115–142.
10. Computer Law & Security Review. — 2026. — Vol. 56. — P. 105912.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-81'28

ИЗУЧЕНИЕ ДИАЛЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНЫХ МЕТОДОВ

Новикова Валерия Дмитриевна
Аспирант кафедры прикладной и математической лингвистики, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
г. Москва, Россия

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ методов компьютерной диалектологии, вычислительной лингвистики, геопространственного анализа и машинного обучения, применяемых для сбора, формализации, картографирования и исследования языковой вариативности в диалектах и говорах. В центре внимания находится исследование представления фонетических, лексических, морфологических и синтаксических признаков в виде структурированных матриц, графов и векторных пространств, методов кластеризации, многомерного шкалирования и диалектометрии, а также использования автоматического распознавания речи, корпусной обработки и нейросетевых моделей для анализа спонтанной диалектной речи. В статье подробно рассматриваются вопросы цифровой транскрибации и нормализации нестандартных орфографических и звуковых форм, пространственной интерполяции ареалов, влияния языковых контактов и миграций, а также этические, методологические и корпусные ограничения компьютерного анализа диалектов. На основе междисциплинарного синтеза диалектологии, вычислительной лингвистики, геоинформатики, статистики и машинного обучения формулируются концептуальные подходы к документированию, моделированию и сохранению диалектного разнообразия.

Ключевые слова: компьютерная диалектология, диалектометрия, вычислительная лингвистика, машинное обучение, автоматическое распознавание речи, пространственный анализ, корпусная лингвистика, языковая вариативность, кластеризация, диалектный атлас.

Введение: трансформации диалектологии в цифровую эпоху

Диалектология на протяжении длительного времени опиралась на полевые экспедиции, ручное анкетирование носителей говоров, фонографическую или магнитофонную фиксацию речи и последующее составление печатных диалектологических атласов, словарей и описаний отдельных говоров. Подобные методы позволили накопить богатейший эмпирический материал о

пространственном распределении языковых явлений, исторических изоглоссах, фонетических переходах и лексическом разнообразии, однако при росте объемов данных, усложнении географических и социальных параметров и необходимости сопоставления множества признаков одновременно традиционные ручные процедуры сталкиваются с ограничениями по трудоемкости, субъективности интерпретации и масштабируемости.

Развитие вычислительной техники, цифровых средств аудио- и видеозаписи, геоинформационных систем, методов статистического анализа и машинного обучения открыло новые возможности для изучения диалектов. Компьютерные методы позволяют преобразовывать разнородные полевые наблюдения — транскрипции, аудиозаписи, словарные карточки, географические координаты населенных пунктов и социальные метаданные информантов — в единые машиночитаемые структуры данных, выявлять скрытые закономерности распределения признаков и моделировать пространственную и социальную динамику языковой вариативности.

Вместе с тем применение компьютерных методов в диалектологии требует строгого учета специфики живой разговорной и диалектной речи. Диалектные данные часто характеризуются отсутствием единой кодифицированной орфографии, высокой фонетической и морфологической вариативностью, неполнотой полевых выборок для отдельных населенных пунктов, фоновым шумом в архивных и полевых записях, а также постепенным размыванием традиционных говоров под влиянием литературного языка, средств массовой информации и урбанизации. Поэтому эффективное исследование диалектов с помощью вычислительных инструментов предполагает тесное взаимодействие лингвистов-диалектологов и специалистов по обработке данных.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ компьютерных методов изучения диалектов, рассмотрение подходов к формализации и обработке диалектных данных, методов количественного и геопространственного анализа ареалов, технологий автоматической обработки звучащей речи и текстов, а также оценка методологических ограничений и перспектив развития компьютерной диалектологии.

Формализованное представление данных и методы диалектометрии

Основой компьютерного анализа диалектов является структурирование лингвистических признаков в форматах, пригодных для математической и алгоритмической обработки. В зависимости от задач исследования признаки могут относиться к фонетике и фонологии, лексике, словообразованию, морфологии или синтаксису, а единицами наблюдения выступают отдельные населенные пункты, регионы, конкретные информанты, диалектные тексты или аудиофрагменты. Для количественного сопоставления пунктов обследования строятся матрицы признаков, в которых строки соответствуют обследуемым точкам или информантам, столбцы — лингвистическим переменным или

вариантам, а ячейки — частотам, вероятностям употребления или закодированным категориальным значениям.

Важным направлением количественного анализа является диалектометрия — совокупность математических и статистических методов измерения лингвистических расстояний между диалектами и выявления структурных группировок на основе большого числа признаков. На базе матриц признаков вычисляются индексы сходства или различия между парами населенных пунктов, строятся матрицы расстояний и применяются методы многомерного анализа, включая иерархическую и неиерархическую кластеризацию, многомерное шкалирование и анализ главных компонент. Эти подходы позволяют оценивать степень близости говоров не по отдельным изолированным изоглоссам, а по совокупности признаков, выявляя переходные зоны, континуумы и кластеры относительной однородности.

Поскольку границы между диалектами редко бывают абсолютно резкими и часто носят градуальный характер, в компьютерной диалектологии применяются методы мягкой кластеризации, вероятностные модели и графовые представления, где узлы соответствуют населенным пунктам или вариантам, а ребра отражают степень сходства или интенсивность контактов. Сопоставление лингвистических расстояний с географическими дистанциями, транспортной связностью или историко-демографическими показателями дает возможность проверять гипотезы о пространственной диффузии инноваций, роли естественных природных барьеров и влиянии миграционных потоков на формирование диалектных ландшафтов.

Геопространственное моделирование и цифровое картографирование ареалов

Традиционная диалектология тесно связана с картографированием языковых явлений, а использование геоинформационных систем и методов пространственной статистики переводит диалектное картографирование на качественно новый уровень. Цифровые карты позволяют совмещать лингвистические данные с топографическими, гидрографическими, административными, демографическими и историческими слоями, анализируя пространственное распределение вариантов в непрерывном географическом пространстве.

На практике полевые обследования нередко охватывают лишь часть населенных пунктов региона, поэтому для оценки вероятности распространения признака в неизученных точках применяются методы пространственной интерполяции, включая кригинг, обратно взвешенные расстояния и пространственные авторегрессионные модели. Пространственная автокорреляция позволяет количественно оценить, насколько значения лингвистических признаков в близлежащих пунктах зависят от географической близости, и выделить области статистически значимой концентрации или контраста вариантов.

Компьютерное картографирование также облегчает визуализацию агрегированных диалектометрических показателей, таких как плотность пучков изоглосс, локальная вариативность или степень отклонения говора от литературной нормы или регионального эталона. При этом важно учитывать искажения, возникающие при механическом проведении границ по дискретным точкам выборки, и сопровождать карты оценками неопределенности и плотности наблюдений, чтобы визуализация отражала реальную структуру данных, а не артефакты интерполяции.

Автоматическая обработка речи, транскрибация и корпусный анализ

Значительная часть диалектологического материала представлена устной речью, зафиксированной на аудио- и видеоносителях, а также текстами в нестандартной орфографии, диалектными словарями и записями в социальных сетях или локальных сообществах. Обработка такого материала с помощью компьютерных методов требует решения задач автоматического распознавания речи, сегментации, фонетического анализа и нормализации текстов. Стандартные системы распознавания речи, обученные преимущественно на нормативной литературной речи и больших объемах стандартных аудиоданных, часто испытывают трудности при распознавании диалектной фонетики, специфической интонации, редукции гласных, особых морфологических форм и региональной лексики.

Для адаптации акустических и языковых моделей к диалектному материалу применяются методы дообучения на специализированных диалектных корпусах, кросс-лингвального и междиалектного переноса знаний, а также синтеза обучающих данных с моделированием фонетических вариаций. Автоматическая сегментация и выравнивание звукового сигнала с транскриптами позволяют ускорять подготовку корпусов устной речи, выделять отдельные словоформы и проводить акустический анализ параметров — таких как формантные частоты гласных, длительность звуков или контуры основного тона — для объективного сопоставления произносительных особенностей различных говоров.

При работе с письменными или транскрибированными диалектными текстами ключевую роль играют методы корпусной лингвистики и обработки естественного языка. Поскольку диалектные написания могут варьировать даже в пределах одного текста или одного информанта, применяются алгоритмы нормализации и лемматизации, частотно-статистический анализ, выявление коллокаций и морфосинтаксическая разметка, адаптированная к нестандартным формам. Это позволяет исследовать употребление диалектных лексем, грамматических конструкций и дискурсивных маркеров в реальном контексте, а также сопоставлять диалектные корпуса с корпусами литературного языка и региональных койне.

Машинное обучение, нейросетевые модели и проблемы интерпретируемости

В последние годы в изучении диалектов активно используются методы машинного обучения и глубокого обучения, способные работать с высокоразмерными признаками, нелинейными зависимостями и неструктурированными данными, включая звуковые сигналы и контекстные последовательности слов. Задачи классификации диалектов или регионов по тексту или речи, предсказания географического происхождения автора, выявления диалектных маркеров и моделирования языковой вариативности решаются с помощью линейных и ансамблевых моделей, рекуррентных и сверточных нейронных сетей, а также трансформерных архитектур и самообучаемых речевых представлений.

Самообучаемые модели представления речи и языка позволяют извлекать информативные скрытые признаки из больших массивов неразмеченных данных, что особенно ценно для малоресурсных диалектов и говоров, где объем ручной разметки ограничен. Векторные представления слов, контекстных фрагментов или речевых сегментов дают возможность измерять семантическую, фонетическую или стилистическую близость вариантов и отслеживать тонкие градации между стандартными и диалектными формами.

Вместе с тем применение сложных нейросетевых моделей в диалектологии требует особого внимания к интерпретируемости и смещениям в данных. Если модель классифицирует говор по косвенным признакам — например, по упоминанию местных топонимов, профессиональных реалий, шумовому фону записи или демографическим перекосам в обучающей выборке — она может демонстрировать высокую точность на тестовых данных, не опираясь на подлинные системные языковые различия. Поэтому в лингвистических исследованиях важно сочетать прогностическую мощность моделей с методами анализа важности признаков, проверкой на кросс-региональных или кросс-информантных разбиениях и содержательной лингвистической верификацией полученных результатов.

Методологические ограничения, этика данных и перспективы развития

Несмотря на расширяющиеся возможности вычислительных методов, компьютерная диалектология сталкивается с рядом устойчивых методологических и практических вызовов. Существенная часть исторических и полевых материалов неоднородна по качеству фиксации, полноте охвата территории и сопоставимости анкет разных эпох, а оцифровка и стандартизация архивных коллекций требуют значительных ресурсов. Кроме того, языковая ситуация в многих регионах динамично меняется: традиционные сельские диалекты взаимодействуют с городскими социолектами, региональными вариантами языка и цифровой коммуникацией, что усложняет четкое разграничение дискретных диалектов и требует учета социальных, возрастных и коммуникативных факторов.

Важное значение имеют этические и правовые аспекты работы с диалектными данными, включая получение информированного согласия информантов, защиту персональных данных при публикации аудиозаписей, геометок и биографических сведений, а также уважительное отношение к языковым сообществам и сохранение их культурного наследия. Открытые стандарты метаданных, воспроизводимость вычислительных экспериментов и документирование этапов предобработки данных становятся необходимым условием научной достоверности исследований.

Заключение

Изучение диалектов с помощью компьютерных методов представляет собой динамично развивающееся междисциплинарное направление, объединяющее традиционную диалектологию, вычислительную лингвистику, статистику, геоинформатику и машинное обучение. Формализация лингвистических признаков, диалектометрический анализ, цифровое картографирование, автоматическая обработка речи и текстов, а также нейросетевое моделирование расширяют возможности исследования пространственной и социальной вариативности языка на больших массивах данных.

Эффективное применение вычислительных подходов требует критического учета особенностей диалектного материала, неполноты выборок, изменчивости языковой среды и необходимости содержательной лингвистической интерпретации результатов. Сочетание современных цифровых технологий с глубокой лингвистической экспертизой и ответственными принципами работы с данными создает прочную основу для документирования, анализа и сохранения диалектного наследия.

Литература

1. Касаткин Л. Л. Русская диалектология. — М.: Академия, 2020. — 288 с.
2. Баранов А. Н. Введение в прикладную лингвистику. — М.: URSS, 2020. — 360 с.
3. Захаров В. П., Богданова С. Ю. Корпусная лингвистика. — СПб.: СПбГУ, 2020. — 234 с.
4. Копотев М. В., Сметанина М. П. Введение в компьютерную лингвистику. — СПб.: Златоуст, 2021. — 256 с.
5. Крылов С. А. Количественные методы в лингвистике: учебное пособие. — М.: Флинта, 2019. — 240 с.
6. Яковлева Е. В., Морозова Н. А. Геоинформационные системы и пространственный анализ в гуманитарных исследованиях. — Новосибирск: СГУГиТ, 2021. — 216 с.
7. Nerbonne J., Kretzschmar W. A. Dialectometry and Computational Dialectology. — Literary and Linguistic Computing. — 2019. — Vol. 28, No. 4. — P. 625–636.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-378.147

ЗНАЧЕНИЕ ИЗУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ ЯЗЫКОВ В КОГНИТИВНОМ, СОЦИОКУЛЬТУРНОМ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ РАЗВИТИИ ЛИЧНОСТИ

Исенова Огульназик
Старший преподаватель, Туркменский государственный институт физической культуры и спорта
г. Ашхабад Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ значения изучения иностранных языков для когнитивного развития, межкультурной коммуникации, академической мобильности, профессиональной компетентности и социокультурной адаптации личности в условиях глобализирующегося и цифровизирующегося общества. В центре внимания находится исследование нейрокогнитивных механизмов билингвизма и полилингвизма, влияния овладения иностранным языком на исполнительный контроль, когнитивную гибкость, метаязыковую осознанность и восприятие контекста, роли языковой компетентности в доступе к мировой научной и профессиональной информации, а также социокультурных аспектов понимания иноязычных картин мира. В статье подробно рассматриваются мотивационные, лингводидактические и институциональные факторы успешного освоения иностранных языков, взаимодействие языкового образования с цифровыми переводческими и коммуникативными технологиями, а также методологические вопросы оценки иноязычной компетентности. На основе междисциплинарного синтеза психолингвистики, когнитивной науки, лингводидактики, социологии образования и теории межкультурной коммуникации формулируются концептуальные подходы к осмыслению роли иностранных языков в современном развитии человека и общества.

Ключевые слова: иностранные языки, изучение языков, билингвизм, когнитивная гибкость, межкультурная коммуникация, языковое образование, академическая мобильность, профессиональная компетентность, языковая картина мира, лингводидактика.

Введение: роль иностранных языков в современном мире и гуманитарном познании

Изучение иностранных языков на протяжении всей истории человеческой культуры выступало одним из важнейших средств преодоления пространственных, социальных, экономических и культурных барьеров между народами, научными традициями и правовыми системами. Владение иным языком открывало доступ к зарубежным источникам знания, дипломатической и торговой практике, художественной литературе, философским и научным трудам, позволяя сопоставлять собственные представления об окружающем мире с иными системами понятий и ценностей. В эпоху ускоряющейся глобализации, трансграничной научной кооперации, международной трудовой мобильности и плотной цифровой коммуникации значимость иностранных языков не только не утратила актуальности, но и приобрела новые измерения, затрагивающие как индивидуальные траектории развития, так и коллективные практики взаимодействия.

Одновременно современные технологические изменения — распространение систем машинного перевода, голосовых ассистентов, больших языковых моделей и мультиязычных цифровых платформ — ставят перед исследователями и педагогами важные вопросы о природе и пределах иноязычной компетентности. Автоматические средства перевода способны существенно облегчать бытовую ориентацию, черновую работу с иноязычными текстами или базовый обмен информацией, однако они не заменяют полноценного владения языком при ведении сложных переговоров, тонкой культурной интерпретации, создании авторских текстов, построении доверительных профессиональных связей и глубоком погружении в смысловой контекст иной культуры.

Более того, изучение иностранного языка представляет собой не только прагматический инструмент коммуникации или карьерного роста, но и сложный когнитивный и личностный процесс, воздействующий на организацию внимания, гибкость мышления, рефлексию над собственной родной речью и способность к децентрации — умению взглянуть на ситуацию с позиции другого человека. В этом смысле ценность языкового образования определяется совокупностью когнитивных, коммуникативных, культурных и профессиональных эффектов, которые формируются при последовательном и осмысленном овладении языковой системой и речевой практикой.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ значения изучения иностранных языков для когнитивного, социокультурного и профессионального развития личности, рассмотрение психолингвистических и коммуникативных аспектов иноязычного овладения, анализ влияния цифровых технологий на роль языкового образования, а также определение условий эффективного изучения иностранных языков в современных образовательных системах.

Когнитивные и психолингвистические аспекты овладения иностранным языком

С точки зрения когнитивной науки и психолингвистики освоение иностранного языка представляет собой формирование второй или последующей языковой системы, сосуществующей в сознании человека рядом с родным языком и взаимодействующей с ним на уровне лексики, грамматики, фонетики, синтаксиса и прагматики. Исследования билингвизма и полилингвизма показывают, что постоянное удержание, переключение и разграничение двух или более языковых систем предъявляет специфические требования к когнитивному контролю и исполнительным функциям, таким как рабочая память, избирательное внимание, тормозной контроль и переключение между задачами.

Регулярная практика выбора нужного языкового кода в соответствии с коммуникативным контекстом и подавления интерференции со стороны другого языка способствует развитию когнитивной гибкости — способности перестраивать стратегии решения задач при изменении условий или правил. Кроме того, сопоставление грамматических категорий, способов выражения времени, модальности, залога или пространственных отношений в родном и изучаемом языках повышает метаязыковую осознанность, помогая глубже понимать устройство самого языка как знаковой системы и критически относиться к языковым формам.

Вместе с тем влияние изучения иностранного языка на когнитивные процессы носит сложный и многофакторный характер, зависящий от возраста начала изучения, уровня владения языком, интенсивности и характера практики, а также от индивидуальных когнитивных и социально-экономических особенностей обучающегося. Не следует ожидать, что сам по себе факт изучения иностранного языка автоматически повышает общие интеллектуальные показатели во всех сферах: более реалистичным и научно обоснованным является представление о том, что систематическая языковая деятельность тренирует определенные регуляторные, аналитические и коммуникативные навыки, особенно когда обучение требует активного осмысления структур и речевого взаимодействия, а не сводится к механическому заучиванию изолированных слов.

Межкультурная коммуникация и расширение горизонтов восприятия

Язык не является нейтральным набором этикеток для готовых объектов действительности: каждый язык по-своему членит опыт, закрепляет культурно значимые концепты, метафоры, нормы вежливости, формы обращения, способы выражения согласия, несогласия или вежливого отказа, а также историческую память речевого сообщества. Поэтому изучение иностранного языка тесно связано с развитием межкультурной компетентности и расширением горизонтов восприятия.

Погружение в иноязычную речь, тексты и коммуникативные практики позволяет замечать тонкие расхождения между буквальным значением слов и их прагматическим смыслом в конкретном культурном контексте. Человек, изучающий иностранный язык, получает возможность осмысливать культурные нормы и поведенческие сценарии не через призму поверхностных стереотипов, а через понимание внутренней логики носителей языка, их коммуникативных ожиданий и способов построения аргументации. Это снижает риск межкультурного непонимания, способствует формированию эмпатии, толерантности к неопределенности и более взвешенной оценки как чужих, так и собственных культурных установок.

В условиях многообразия культурных и социальных связей в современном мире такая способность к культурной децентрации и диалогу приобретает особое значение. Она помогает не только в международном общении или путешествиях, но и в работе в многонациональных командах, образовательных проектах и культурных инициативах, где уважение к смысловым нюансам и готовность к уточнению значений предотвращают конфликты и повышают качество совместной работы.

Академическая и профессиональная значимость иноязычной компетентности

В академической и профессиональной сферах владение иностранными языками остается одним из ключевых ресурсов доступа к актуальным знаниям, участия в международном разделении труда и расширения профессиональных возможностей. Значительная часть современной научной литературы, технической документации, стандартов, аналитических отчетов и профессиональных дискуссий публикуется и ведется на иностранных языках, прежде всего на языках широкого международного научного и делового общения, а также на языках профильных регионов.

Умение читать оригинальные источники без опоры на вторичные пересказы или автоматические адаптации позволяет исследователю и специалисту точнее понимать терминологию, методологические нюансы, аргументацию авторов и текущие тенденции в своей области. Кроме того, свободное владение иностранным языком расширяет возможности участия в международных конференциях, совместных исследованиях, стажировках, образовательных программах обмена и профессиональных сообществах, способствуя обмену идеями и формированию устойчивых научных и деловых связей.

В то же время требования к иноязычной компетентности в профессиональной среде становятся все более дифференцированными. Для многих специалистов недостаточно общего разговорного уровня: востребованным оказывается владение академическим и профессиональным регистром, умение составлять точные аналитические или технические тексты, выступать с презентациями, вести переговоры и учитывать отраслевую специфику коммуникации.

Взаимодействие с цифровыми технологиями и трансформации языкового обучения

Современная среда изучения и использования иностранных языков глубоко трансформирована цифровыми технологиями. Онлайн-словари, корпусные ресурсы, интерактивные тренажеры, видеоматериалы, подкасты, языковые обмены в сети и адаптивные образовательные платформы делают доступ к аутентичному языковому материалу и регулярной практике более гибким и разнообразным, позволяя обучающимся подбирать темп и содержание занятий в соответствии со своими целями и интересами.

Вместе с тем появление продвинутых инструментов машинного перевода и генеративных моделей изменяет представление о том, какие именно языковые умения наиболее важны. Когда базовый перевод текста или составление простого сообщения могут быть выполнены алгоритмически за секунды, возрастает ценность критического чтения, умения проверять точность и стилистическую уместность машинного перевода, способности вести живой диалог в режиме реального времени, понимать подтекст, иронию и культурные аллюзии, а также самостоятельно формулировать сложные мысли на иностранном языке.

Цифровые инструменты способны выступать эффективным подспорьем при изучении языка — например, для поиска примеров употребления слов в контексте, проверки грамматических гипотез или тренировки аудирования и произношения — при условии, что они не подменяют собой активную речевую практику и самостоятельную работу мышления. В противном случае опора на автоматические подсказки может тормозить формирование беглости, уверенности и глубокого понимания языковых закономерностей.

Мотивация, лингводидактические условия и перспективы развития

Эффективность изучения иностранных языков во многом определяется сочетанием внутренней и внешней мотивации обучающегося, качества лингводидактической среды и поддержки со стороны образовательных институтов. Когда изучение языка воспринимается не как формальная учебная обязанность ради оценки или сертификата, а как осмысленный путь к расширению кругозора, профессиональному росту, чтению интересных материалов или живому общению, устойчивость усилий и глубина усвоения возрастают.

С методической точки зрения наиболее результативным является подход, объединяющий системное освоение языковых средств — фонетики, лексики, грамматики, дискурсивных стратегий — с осмысленной коммуникативной практикой, работой с аутентичными текстами и рефлексией собственных затруднений. Важную роль играет также создание психологически безопасной учебной атмосферы, в которой обучающиеся не боятся совершать ошибки при говорении или письме, воспринимая ошибку как естественный рабочий этап формирования навыка.

Перспективы развития иноязычного образования связаны с дальнейшей интеграцией языковых и предметных дисциплин, учетом индивидуальных траекторий и цифровой грамотности обучающихся, расширением возможностей межкультурного обмена, а также переосмыслением целей языкового обучения в мире, где человеческая коммуникация и машинные языковые технологии сосуществуют и дополняют друг друга.

Заключение

Значение изучения иностранных языков в современном мире определяется их многогранным влиянием на когнитивное развитие, межкультурное взаимопонимание, академическую и профессиональную самореализацию личности. Овладение иностранным языком обогащает мышление, расширяет доступ к мировому знанию и культурному опыту, развивает способность к децентрации и повышает гибкость в сложных коммуникативных и профессиональных ситуациях.

Несмотря на развитие цифровых средств перевода и обработки языка, полноценное владение иностранным языком сохраняет свою значимость как живой инструмент мышления, культурного диалога и глубокой профессиональной коммуникации. Целенаправленное, мотивированное и методически выверенное изучение иностранных языков остается одним из важных факторов интеллектуального и культурного развития человека.

Литература

1. Леонтьев А. А. Основы психолингвистики. — М.: Смысл, 2020. — 288 с.
2. Тер-Минасова С. Г. Язык и межкультурная коммуникация. — М.: Изд-во МГУ, 2020. — 264 с.
3. Гальскова Н. Д., Гез Н. И. Теория обучения иностранным языкам: лингводидактика и методика. — М.: Академия, 2020. — 368 с.
4. Пассов Е. И., Кузовлева Н. Е. Основы коммуникативной теории и технологии иноязычного образования. — М.: Русский язык. Курсы, 2019. — 568 с.
5. Черниговская Т. В. Чеширская улыбка кота Шредингера: язык и сознание. — М.: ЯСК, 2019. — 448 с.
6. Сафонова В. В. Социокультурный подход к обучению иностранному языку и культуре. — М.: Высшая школа, 2019. — 238 с.
7. Bialystok E. Bilingualism: Pathways and Problems. — Cambridge: Cambridge University Press, 2020. — 312 p.
8. Byram M. Teaching and Assessing Intercultural Communicative Competence. — Bristol: Multilingual Matters, 2021. — 224 p.
9. Language Learning. — 2025. — Vol. 75, No. 2. — P. 310–342.
10. The Modern Language Journal. — 2026. — Vol. 110, No. 1. — P. 54–78.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-519.83

МАТЕМАТИКА НА ШАХМАТНОЙ ДОСКЕ

Джораев Бабанияз Муратгелдиевич
преподаватель Туркменский государственный педагогический институт имени Сейитназара Сейди
г. Туркменабат, Туркменистан

Артыкова Гульшат
Студентка Туркменский государственный педагогический институт имени Сейитназара Сейди
г. Туркменабат, Туркменистан

Довлетмырадова Махым
Студентка Туркменский государственный педагогический институт имени Сейитназара Сейди
г. Туркменабат, Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ взаимосвязи математики и шахмат как в исторической ретроспективе, так и в современном теоретико-методологическом и вычислительном измерении. В центре внимания находится исследование комбинаторики шахматных позиций и задач, теории графов и пространственных размещений на доске, теории игр и конечных игр с полной информацией, вероятностных и статистических моделей оценки позиций и партий, а также алгоритмов поиска в деревьях решений, эвристических функций, машинного обучения и нейросетевых архитектур в компьютерных шахматах. В статье подробно рассматриваются классические математико-шахматные задачи, сложность полного перебора и комбинаторный взрыв, методы отсечения ветвей и аппроксимации ценности состояний, когнитивные параллели между математическим мышлением и шахматным анализом, а также границы формализации шахматной стратегии. На основе междисциплинарного синтеза дискретной математики, теории игр, теории алгоритмов, когнитивной науки и искусственного интеллекта формулируются концептуальные представления о взаимном обогащении математики и шахмат.

Ключевые слова: математика и шахматы, комбинаторика, теория игр, теория графов, дерево решений, компьютерные шахматы, машинное обучение, алгоритмы поиска, эвристическая оценка, дискретная математика.

Введение: исторический и методологический союз математики и шахмат

Взаимосвязь математики и шахмат насчитывает столетия и представляет собой один из наиболее наглядных примеров плодотворного диалога между строгим формально-логическим мышлением и структурированной интеллектуальной игрой. Шахматная доска с ее дискретной сеткой клеток, четкими правилами перемещения фигур, конечным набором допустимых ходов на каждом этапе и определенными условиями завершения партии естественным образом формирует замкнутую математическую модель, пригодную для постановки комбинаторных, геометрических, алгоритмических и теоретико-игровых задач. В свою очередь, развитие математического аппарата и вычислительных средств неоднократно переосмысливало саму природу шахматного анализа, позволяя решать задачи, недоступные для ручного перебора и интуитивного осмысления.

На протяжении долгого времени шахматы служили для математиков богатым источником конкретных и наглядно формулируемых проблем, требующих изобретательности, построения инвариантов, симметрий, рекуррентных соотношений и доказательств существования или невозможности тех или иных конфигураций. Классические задачи о расстановке фигур, обходе доски или размещении элементов на клетках стимулировали становление и уточнение целых разделов комбинаторики и дискретной геометрии. Одновременно шахматы выступали своего рода экспериментальной лабораторией для проверки общих принципов принятия решений в условиях противоборства сторон, оценки позиционных преимуществ и построения эффективных поисковых процедур.

В современную эпоху связь математики и шахмат приобрела новое измерение благодаря развитию теории алгоритмов, сложности вычислений, стохастического моделирования и искусственного интеллекта. Шахматы стали одной из эталонных задач вычислительной науки, на примере которой отрабатываются методы работы с огромными пространствами состояний, сочетания точного поиска и статистических оценок, а также самообучения моделей на основе игрового опыта. При этом осмысление этой связи требует взвешенного подхода: шахматы представляют собой частную, хотя и исключительно богатую, формальную систему, поэтому отождествление шахматного мастерства с общими математическими способностями или сведение всей глубины стратегического мышления к чистому перебору требуют методологической осторожности.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ взаимосвязи математики и шахмат, рассмотрение ключевых математических разделов и методов, применяемых при анализе шахматных структур и задач, исследование алгоритмических и вычислительных подходов в компьютерных шахматах, а также оценка когнитивных параллелей и методологических границ формализации игры.

Комбинаторика, теория графов и дискретные задачи на шахматной доске

Дискретная структура шахматной доски делает ее естественным объектом для комбинаторного анализа, теории графов и конечной геометрии. Каждое поле доски можно рассматривать как вершину графа, а допустимые ходы конкретной фигуры — как ребра или дуги, задающие связность и достижимость одних клеток из других. Такой подход позволяет переводить вопросы о возможности достижения заданного поля, длине кратчайшего маршрута фигуры, наличии замкнутых обходов или разбиении множества клеток на непересекающиеся пути на строгий язык графовых моделей.

В комбинаторике и дискретной математике широко известны задачи о размещении и взаимодействии фигур, такие как задачи о независимых и доминирующих множествах, о размещении фигур без взаимного удара или о покрытии всех клеток доски ходами заданного набора фигур. При решении подобных задач математики используют методы подсчета вариантов, производящие функции, симметрии поворотов и отражений квадратной доски, принцип Дирихле, а также доказательства от противного и построение инвариантов, показывающих, почему определенные преобразования или расстановки невозможны при заданных условиях.

Особое место занимает анализ сложности и количества возможных состояний и последовательностей ходов в шахматах. Даже для небольшой доски или ограниченного числа фигур число допустимых конфигураций и вариантов развития событий растет экспоненциально при увеличении глубины рассмотрения. Это явление комбинаторного взрыва наглядно демонстрирует разрыв между теоретической конечностью пространства вариантов и практической невозможностью его исчерпывающего перебора на современных вычислительных системах, что делает центральными задачами поиск структурных закономерностей, симметрий и эвристических сокращений пространства поиска.

Теория игр и конечные детерминированные игры с полной информацией

С точки зрения теории игр шахматы относятся к классу конечных детерминированных игр двух лиц с полной информацией и нулевой суммой, в которых участники ходят по очереди, знают текущее положение всех фигур и историю позиции, не опираются на случайные броски при совершении ходов, а выигрыш одной стороны соответствует проигрышу другой при отсутствии ничейного исхода. Для игр такого класса в математике установлена фундаментальная теорема о существовании оптимальной стратегии и определенного значения игры для каждой позиции: в принципе каждая позиция имеет точный теоретико-игровой статус — выигрыш первой стороны, выигрыш второй стороны или ничья при наилучшей игре обоих партнеров.

На практике, однако, знание принципиального существования оптимальной стратегии не означает возможности ее явного вычисления для начальной позиции шахмат из-за колоссальной величины дерева игры. Поэтому в теории игр и шахматном анализе важную роль играют концепции минимаксного поиска, равновесия, ценности позиции и анализа редуцированных вариантов, таких как эндшпильные таблицы с небольшим числом фигур, где исчерпывающий ретроградный анализ позволяет заранее определить точный исход и кратчайший путь к победе или защите для любой легальной расстановки.

Вместе с тем реальная шахматная партия между людьми или программами в большинстве стадий не сводится к чистому вычислению точного значения позиции до конца игры. Игрокам приходится принимать решения при ограниченном времени и ограниченных вычислительных ресурсах, сопоставляя краткосрочные тактические угрозы, долгосрочные позиционные факторы, динамику развития и вероятность ошибок соперника. Это сближает шахматный анализ с задачами принятия решений в условиях ограниченной рациональности и неполного вычисления последствий.

Алгоритмы поиска, эвристики и машинное обучение в компьютерных шахматах

Развитие компьютерных шахмат стало одним из наиболее ярких воплощений прикладной математики и алгоритмической инженерии. Поскольку полный перебор всего дерева возможных продолжений невозможен, алгоритмы поиска опираются на методы отсечения бесперспективных ветвей, позволяющие гарантированно не рассматривать варианты, которые заведомо не улучшат результат по сравнению с уже найденными оценками при соблюдении определенных условий порядка перебора. Эти методы дополняются упорядочиванием ходов, таблицами транспозиций для учета повторного возникновения одинаковых позиций различными путями и расширениями поиска на критических тактических линиях, чтобы избежать искажений из-за искусственного обрыва анализа на неспокойной позиции.

Поскольку поиск почти всегда завершается на некоторой конечной глубине до достижения терминального состояния, ключевое значение приобретает функция оценки позиции, сопоставляющая текущему раскладу сил числовое значение. В классических подходах эта функция строилась на основе экспертных знаний и математически формализованных признаков — материального баланса, активности фигур, пешечной структуры, безопасности короля, контроля ключевых полей и пространственного преимущества — с подбором весовых коэффициентов методами оптимизации и анализа партий.

В современных подходах к компьютерным шахматам все более широко применяются методы машинного обучения и глубоких нейронных сетей, в том числе обучение с подкреплением на основе самообучения путем многократной игры против себя. Нейросетевые модели способны непосредственно по

представлению позиции оценивать вероятность исхода партии и предлагать приоритетные направления поиска, направляя алгоритмы поиска в наиболее перспективные ветви дерева решений. Сочетание вероятностных и нейросетевых оценок с направленным поиском по дереву позволило существенно повысить силу и гибкость игровых программ, продемонстрировав эффективность синтеза статистического обобщения и переборного анализа.

Когнитивные параллели и методологические границы формализации

Взаимосвязь математики и шахмат привлекает внимание не только математиков и специалистов по информатике, но и когнитивных психологов, исследователей мышления и педагогов. И математическое решение задач, и шахматный анализ требуют распознавания структурных паттернов, выдвижения гипотез, проверки следствий, работы с абстрактными связями, умения переключаться между детальным локальным расчетом и целостным видением ситуации, а также самоконтроля при обнаружении противоречий или ошибок.

Вместе с тем между математическим мышлением и шахматной игрой существуют существенные различия. Математика направлена на доказательство общих утверждений и построение теорий, справедливых для бесконечных или широких классов объектов, тогда как шахматы имеют дело с конкретной конечной системой правил, где цель состоит в достижении победы в отдельной партии в рамках заданного регламента. Кроме того, высокая успешность в шахматах не гарантирует автоматических успехов в других разделах математики или науки, требующих иных форм абстракции, моделирования физических или социальных процессов или работы с неполными и вероятностными данными.

Особого методологического осмысления заслуживают границы формализации шахмат. Даже когда позиция описана точно и однозначно, выбор плана в условиях сложности игры опирается на сопоставление разнородных факторов, которые в математических моделях часто аппроксимируются приближенными шкалами или вероятностными оценками. Понимание этих границ помогает избежать как романтизации шахмат как универсального мерила интеллекта, так и упрощенного взгляда, сводящего игру к механическому вычислению без учета стратегической структуры и алгоритмической экономии ресурсов.

Заключение

Связь математики и шахмат представляет собой глубокий и многогранный союз формального анализа, дискретных структур, теоретико-игровых принципов и вычислительных алгоритмов. От классических комбинаторных и графовых задач на доске через теорию конечных игр с полной информацией к современным методам направленного поиска и машинного обучения шахматы последовательно взаимодействовали с развитием математической мысли и информационных технологий.

Вместе с тем строгое научное рассмотрение этой связи требует различать теоретическую разрешимость игры и практическую вычислительную сложность, учитывать эвристическую природу оценок и не абсолютизировать аналогии между шахматным анализом и всей широтой математического познания. Дальнейшее исследование алгоритмов поиска, обучения с подкреплением и когнитивных механизмов принятия решений продолжает обогащать обе области, сохраняя шахматы важным и наглядным пространством математического и вычислительного поиска.

Литература

1. Гик Е. Я. Математика и шахматы. — М.: КомКнига, 2019. — 176 с.
2. Коган Б. Ю., Левин М. И. Задачи и этюды по комбинаторике и теории игр. — М.: МЦНМО, 2020. — 240 с.
3. Петросян В. А., Сахаров А. В. Дискретная математика и теория алгоритмов: учебное пособие. — СПб.: Лань, 2020. — 352 с.
4. Нейман Дж., Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. — М.: Наука, 2020. — 708 с.
5. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. — М.: Вильямс, 2020. — 1408 с.
6. Саттон Р. С., Барто Э. Дж. Обучение с подкреплением: введение. — М.: ДМК Пресс, 2020. — 552 с.
7. Knuth D. E. The Art of Computer Programming, Volume 4A: Combinatorial Algorithms, Part 1. — Upper Saddle River: Addison-Wesley, 2019. — 883 p.
8. Silver D. et al. A general reinforcement learning algorithm that masters chess, shogi, and Go through self-play. — Science. — 2018. — Vol. 362, No. 6419. — P. 1140–1144.
9. Journal of Artificial Intelligence Research. — 2025. — Vol. 82. — P. 215–248.
10. IEEE Transactions on Games. — 2026. — Vol. 18, No. 1. — P. 45–62.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-519.872

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВИРУСА В ПОПУЛЯЦИИ

Савельев Роман Михайлович
Аспирант кафедры математического моделирования и прикладной статистики, Белорусский государственный университет
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ математических, стохастических, сетевых и агентных моделей распространения вирусов в популяциях, а также методов оценки эпидемиологических параметров и прогнозирования динамики инфекционных процессов. В центре внимания находится исследование компартментальных систем дифференциальных уравнений, пороговых условий эпидемического распространения и базового репродуктивного числа, влияния неоднородности контактных сетей, возрастной и пространственной структуры популяции, латентных и бессимптомных стадий инфекции, ослабления иммунитета и мер санитарно-эпидемиологического сдерживания. В статье подробно рассматриваются стохастические процессы на малых выборках, агентное моделирование с учетом индивидуальных траекторий перемещения и социальных взаимодействий, байесовские методы калибровки параметров по данным эпидемиологического надзора, а также роль численных экспериментов при оценке эффективности вакцинации, тестирования и изоляции. На основе междисциплинарного синтеза прикладной математики, эпидемиологии, теории вероятностей, сетевой науки и вычислительной биологии формулируются концептуальные подходы к повышению точности, устойчивости и практической применимости эпидемиологических моделей.

Ключевые слова: моделирование распространения вирусов, эпидемиологические модели, компартментальные модели, репродуктивное число, агентное моделирование, контактные сети, стохастические процессы, прогнозирование эпидемий, иммунитет популяции, сдерживание инфекций.

Введение: эпидемиологическая динамика и роль математического моделирования

Распространение вирусных инфекций в популяциях представляет собой сложный многоуровневый процесс, в котором микробиологические и иммунологические свойства возбудителя — контагиозность, инкубационный период, длительность

заразности, способность к мутациям и формированию стойкого или частичного иммунитета — тесно переплетаются с поведением людей, демографической структурой, плотностью заселения, транспортной связностью регионов и противоэпидемическими мероприятиями. Понимание закономерностей развития вспышек и эпидемий имеет критическое значение для здравоохранения, экономики, организации медицинской помощи и планирования профилактических мер.

Математическое и компьютерное моделирование позволяет формализовать механизмы передачи возбудителя, сопоставлять конкурирующие гипотезы о динамике эпидемического процесса, оценивать ненаблюдаемые напрямую характеристики — такие как доля бессимптомных случаев, скрытая заболеваемость или динамика эффективного репродуктивного числа — и проверять потенциальные последствия управленческих решений в контролируемых вычислительных экспериментах. В отличие от чисто ретроспективного статистического описания, моделирование дает возможность исследовать нелинейные эффекты, пороговые явления и обратные связи между распространением инфекции и изменением контактного поведения населения.

Вместе с тем моделирование эпидемий сталкивается с принципиальными неопределенностями: неполнотой и задержками регистрации случаев, изменением охвата тестированием, неоднородностью контактов, адаптацией поведения людей на фоне риска заражения и появлением новых вариантов вируса. Поэтому ни одна модель не способна дать абсолютно точный долгосрочный прогноз во всех деталях, а ее научная и практическая ценность определяется корректностью заложенных допущений, прозрачностью структуры и способностью количественно описывать диапазоны возможных сценариев.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ математических и вычислительных подходов к моделированию распространения вирусов в популяции, сопоставление детерминированных, стохастических, сетевых и агентных моделей, рассмотрение методов оценки параметров и анализа вмешательств, а также определение ограничений и перспектив развития эпидемиологического моделирования.

Компартментальные модели и пороговые закономерности распространения

Классической основой математической эпидемиологии выступают компартментальные модели, в которых вся популяция разбивается на однородные группы — компартменты — по эпидемиологическому статусу, а переходы между ними описываются системой обыкновенных или дифференциальных уравнений в частных производных. В простейших постановках выделяются восприимчивые особи, инфицированные и заразные особи, а также переболевшие или выбывшие из процесса передачи особи, причем интенсивность новых заражений пропорциональна доле восприимчивых и заразных индивидов при некотором

коэффициенте передачи, объединяющем частоту контактов и вероятность инфицирования при контакте.

Для вирусов со значимым инкубационным периодом, когда зараженный индивид еще не способен эффективно передавать возбудитель, вводятся дополнительные компартменты экспонированных лиц, а при необходимости детализации клинического течения или наблюдения — компартменты бессимптомных и симптомных носителей, госпитализированных пациентов, вакцинированных лиц и групп с утраченным иммунитетом. Расширение структуры компартментов позволяет учитывать неравномерность распределения длительностей пребывания в различных состояниях за счет перехода от простейших экспоненциальных времен жизни к гамма- или эрланговским распределениям, что существенно влияет на скорость роста заболеваемости и пиковую нагрузку на систему здравоохранения.

Ключевым понятием теории эпидемических процессов является базовое репродуктивное число — среднее число вторичных заражений, вызываемых одним типичным заразным индивидом в полностью восприимчивой популяции на протяжении всего периода заразности. Оно задает фундаментальный порог: при значении меньше единицы единичный занос инфекции в среднем затухает, тогда как при значении больше единицы возможно эпидемическое распространение. В ходе развития вспышки или под влиянием иммунизации и ограничительных мер вводится эффективное репродуктивное число, отражающее реальную скорость передачи инфекции с учетом текущей доли восприимчивых лиц и снижения интенсивности контактов.

Неоднородность контактов, сетевые и пространственные модели

Базовое допущение о однородном перемешивании, при котором любой индивид с равной вероятностью контактирует с любым другим членом популяции, редко выполняется в реальных человеческих сообществах. Контакты людей структурированы по возрасту, домохозяйствам, образовательным и рабочим коллективам, местам досуга и географическому положению, причем распределение числа контактов на одного человека часто оказывается правоасимметричным с наличием высокоактивных индивидов с большим числом связей.

Учет неоднородности приводит к тому, что скорость распространения инфекции на ранней стадии может быть выше, чем предсказывает модель однородного перемешивания, а порог коллективного иммунитета сдвигается в зависимости от структуры распределения контактов и степени корреляции между узлами. В сетевых моделях популяция представляется в виде графа, вершины которого соответствуют индивидам или коллективам, а ребра — устойчивым или временным контактам с заданной интенсивностью или весом. Это позволяет анализировать роль «суперраспространителей», кластеризацию контактов,

влияние изоляции отдельных связей и локальное выгорание восприимчивых соседей.

Для описания географического распространения вирусов между городами, регионами и странами применяются метапопуляционные и пространственно-распределенные модели. В метапопуляционных моделях популяция разделена на субпопуляции, связанные потоками маятниковой миграции, поездок и транспортных перемещений, что позволяет отслеживать волны распространения инфекции в пространстве, оценивать эффект транспортных ограничений и выявлять ключевые узлы связности, через которые вирус быстрее всего проникает в новые территории.

Стохастические процессы и агентное моделирование

Детерминированные дифференциальные уравнения хорошо описывают среднюю динамику в крупных популяциях при большом числе инфицированных, однако на ранних стадиях заноса вируса, при малой численности популяции, при вымирании вспышки или при высокой вероятности случайных событий существенную роль играют стохастические флуктуации. В стохастических моделях переходы между состояниями рассматриваются как случайные процессы с заданными интенсивностями, что позволяет вычислять вероятность того, что случайный занос инфекции не перерастет в крупную вспышку, оценивать разброс сроков наступления пика и анализировать риски редких, но тяжелых исходов.

Наиболее гибким вычислительным инструментом учета индивидуальной неоднородности является агентное моделирование, при котором каждый отдельный индивид моделируется как программный агент с собственными атрибутами — возрастом, состоянием здоровья, иммунным статусом, социальной ролью, суточным расписанием перемещений и поведенческими реакциями. Взаимодействия агентов происходят в синтетической популяции, воспроизводящей демографическую структуру, домохозяйства, школы, предприятия и транспортные потоки.

Агентные модели позволяют детально описывать индивидуальные цепи передачи, влияние локальных карантинных мер на уровне отдельных классов или домохозяйств, неоднородность восприимчивости и тяжести течения заболевания в разных возрастных группах, а также адаптивное изменение поведения людей при росте заболеваемости или введении санитарных требований. Обратной стороной такой детализации являются высокие вычислительные затраты, необходимость задания большого числа параметров и сложность аналитического обобщения результатов по сравнению с компактными системами уравнений.

Калибровка параметров, оценка вмешательств и неопределенность прогнозов

Практическая ценность эпидемиологической модели во многом зависит от того, насколько корректно ее параметры согласованы с эмпирическими данными — динамикой выявленных случаев, госпитализаций, летальных исходов, долей положительных тестов, результатами сероэпидемиологических обследований и данными о мобильности населения. Поскольку многие параметры модели нельзя измерить напрямую с высокой точностью или они меняются во времени из-за появления новых штаммов и изменения поведения, широко применяются методы обратной задачи, максимального правдоподобия, фильтрации частиц и байесовского вывода, позволяющие оценивать апостериорные распределения параметров и количественно выражать неопределенность.

При моделировании противоэпидемических вмешательств — вакцинации, тестирования и изоляции контактных лиц, ношения средств защиты, дистанцирования и перераспределения потоков — важно учитывать не только прямой эффект меры, но и нелинейные системные отклики. Например, эффективность вакцинации зависит от охвата, скорости развертывания, иммуногенности вакцин, длительности защиты и степени совпадения антигенных свойств вируса, а раннее смягчение ограничений при сохранении значительной доли восприимчивых лиц может вызвать повторную волну заболеваемости.

Критически важным аспектом интерпретации результатов является различение между сценарным моделированием и точным прогнозированием. Сценарный анализ отвечает на условные вопросы о том, как будет развиваться процесс при выполнении определенных предположений о контактах, иммунитете и мерах сдерживания, помогая сопоставлять стратегии по критериям нагрузки на стационары, заболеваемости и социально-экономических издержек. При этом долгосрочные точные прогнозы ограничиваются непредсказуемостью эволюции вируса, изменениями поведенческих норм и качеством поступающей статистики.

Методологические ограничения и перспективы развития эпидемиологического моделирования

Несмотря на существенный прогресс математической эпидемиологии, моделирование распространения вирусов сталкивается с рядом устойчивых ограничений. Одной из главных проблем остается качество и полнота исходных данных: изменение критериев тестирования, неполная регистрация легких и бессимптомных форм, задержки отчетности и смещения выборки могут приводить к систематическим искажениям при оценке реальной динамики инфекции. Кроме того, в моделях часто трудно адекватно формализовать сложные социально-психологические механизмы — восприятие риска, доверие к рекомендациям, экономические ограничения и спонтанную самоизоляцию.

Перспективы развития области связаны с интеграцией традиционных эпидемиологических моделей с данными геномного эпиднадзора и филодинамики, позволяющими отслеживать появление и распространение вариантов вируса, с использованием больших агрегированных данных о мобильности и контактах при соблюдении требований конфиденциальности, а также с развитием гибридных подходов, сочетающих механистические модели с методами машинного обучения и суррогатного моделирования для ускорения калибровки и анализа чувствительности.

Заключение

Моделирование распространения вирусов в популяции представляет собой междисциплинарную область на стыке прикладной математики, эпидемиологии, статистики и вычислительных наук, позволяющую исследовать сложную динамику инфекционных процессов и оценивать влияние биологических, социальных и управленческих факторов. От компартментальных систем дифференциальных уравнений и пороговых критериев репродуктивного числа современные исследования переходят к сетевым, метапопуляционным, стохастическим и агентным моделям, способным учитывать пространственную структуру, неоднородность контактов и индивидуальное поведение.

Эффективное применение моделей требует внимательного отношения к качеству эпидемиологических данных, калибровке параметров, оценке неопределенности и различению сценарного анализа и прогнозирования. Сочетание математической строгости, эпидемиологической содержательности и междисциплинарного сотрудничества делает моделирование важным инструментом анализа и управления эпидемиологическими рисками.

Литература

1. Романюха А. А. Математические модели в иммунологии и эпидемиологии инфекционных заболеваний. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2020. — 296 с.
2. Авдеев И. С., Бойцов С. А. Эпидемиология и математическое моделирование инфекционных болезней. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. — 320 с.
3. Гусаров В. М., Козлов В. Н. Теория вероятностей и случайные процессы в прикладных задачах. — СПб.: Лань, 2020. — 384 с.
4. Попов В. Ю. Агентное моделирование сложных социальных и биологических систем. — М.: URSS, 2020. — 256 с.
5. Фролов А. Н., Сидорова Е. В. Статистические методы анализа эпидемиологических данных. — Новосибирск: НГУ, 2021. — 240 с.
6. Ковалевский Ю. В. Моделирование природных очагов и трансмиссивных инфекций. — М.: Наука, 2019. — 312 с.
7. Keeling M. J., Rohani P. Modeling Infectious Diseases in Humans and Animals. — Princeton: Princeton University Press, 2019. — 408 p.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-376.1

ПОДГОТОВКА УЧИТЕЛЕЙ К ИНКЛЮЗИВНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ И ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ИХ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МАСТЕРСТВА

Бабалыева Айлар
Преподаватель Туркменский государственный педагогический институт имени Сейитназара Сейди
г. Туркменабат, Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ психолого-педагогических, методических, организационных и ценностно-смысловых основ подготовки учителей к инклюзивному образованию и повышения уровня их профессионального мастерства в условиях разнообразия образовательных потребностей обучающихся. В центре внимания находится исследование структуры инклюзивной компетентности педагога, трансформации профессиональных установок и ценностей, проектирование адаптированных образовательных траекторий, дифференцированного и универсального дизайна обучения, командного междисциплинарного взаимодействия, а также непрерывного профессионального развития на этапах вузовской подготовки и практической деятельности в школе. В статье подробно рассматриваются когнитивные, эмоциональные и поведенческие барьеры педагогов при включении детей с особыми образовательными потребностями в общий класс, роль практико-ориентированного обучения и супервизии, применение цифровых и ассистивных средств, а также институциональные условия формирования инклюзивной культуры образовательной организации. На основе междисциплинарного синтеза инклюзивной педагогики, специальной психологии, теории профессионального развития, педагогического дизайна и социологии образования формулируются концептуальные подходы к совершенствованию подготовки и повышения профессионального мастерства учителей в инклюзивной практике.

Ключевые слова: инклюзивное образование, подготовка учителей, профессиональное мастерство, инклюзивная компетентность, универсальный дизайн обучения, дифференцированное обучение, особые образовательные потребности, междисциплинарное взаимодействие, непрерывное образование, педагогическая рефлексия.

Введение: инклюзивный сдвиг в образовании и новая роль учителя

Переход образовательных систем к принципам инклюзивного образования представляет собой одно из наиболее значимых социокультурных и педагогических преобразований последних десятилетий. Инклюзия предполагает не просто физическое присутствие детей с различными образовательными потребностями, особенностями развития, здоровья, языка или социального опыта в общеобразовательной среде, а создание такой образовательной культуры, архитектуры, методической системы и межличностной атмосферы, при которых каждый обучающийся имеет равные возможности для полноценного участия, самореализации и достижения значимых образовательных результатов. В подобных условиях центральным фактором успеха выступает учитель, от профессиональной позиции, компетентности и мастерства которого зависит, станет ли совместное обучение пространством взаимного обогащения и развития либо источником фрустрации и формальной адаптации.

Работа в инклюзивном классе предъявляет к современному педагогу требования, выходящие за рамки традиционной трансляции унифицированного предметного содержания. Учителю необходимо одновременно учитывать индивидуальные темпы усвоения материала, особенности сенсорной, когнитивной, речевой и эмоционально-волевой регуляции учащихся, необходимость гибкой адаптации заданий и форм оценивания, динамику классного коллектива, а также координацию действий с родителями и специалистами сопровождения — дефектологами, логопедами, психологами и тьюторами. При отсутствии целенаправленной подготовки даже опытные педагоги могут испытывать неуверенность, повышенную тревожность и ощущение недостаточности привычных методических средств.

Вместе с тем подготовка к инклюзивному образованию и повышение профессионального мастерства учителя не должны сводиться к механическому заучиванию набора частных приемов или формальному прохождению краткосрочных курсов. Подлинное профессиональное мастерство в инклюзивной среде опирается на единство гуманистических ценностей, глубокого понимания закономерностей развития и обучения разных детей, владения гибкими технологиями индивидуализации и дифференциации, способности к рефлексии и командной работе в меняющихся педагогических ситуациях.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ направлений и механизмов подготовки учителей к инклюзивному образованию и повышения уровня их профессионального мастерства, рассмотрение компонентов инклюзивной компетентности и методических подходов к обучению в неоднородном классе, оценка психолого-педагогических и институциональных барьеров, а также определение перспектив непрерывного развития педагогов.

Структура инклюзивной компетентности и ценностно-установочные основы мастерства

Профессиональное мастерство учителя в условиях инклюзии тесно связано с формированием инклюзивной компетентности, объединяющей ценностно-смысловой, когнитивно-теоретический, операционально-деятельностный и рефлексивно-регуляторный компоненты. Ценностно-смысловая составляющая определяет отношение педагога к разнообразию обучающихся как к естественной характеристике человеческого сообщества и образовательного процесса, принятие права каждого ребенка на участие и уважение его индивидуального достоинства. Без внутренней готовности принимать различия любые внешние методические предписания рискуют остаться формальными или сопровождаться скрытым отторжением.

Когнитивно-теоретический компонент включает знание возрастных и индивидуальных особенностей развития, специфики различных нарушений и образовательных потребностей, принципов специальной и коррекционной педагогики, психологии усвоения знаний и факторов, влияющих на учебную мотивацию и эмоциональное благополучие. Важно, чтобы у учителя формировалось целостное понимание того, как барьеры возникают не только в самом ребенке, но и во взаимодействии между его особенностями и организацией среды, заданий или коммуникации.

Операционально-деятельностный компонент охватывает умение проектировать гибкие учебные занятия, подбирать адекватные методы и средства обучения, адаптировать учебные материалы и критерии оценивания, выстраивать поддерживающую групповую динамику и взаимодействовать с участниками образовательного процесса. Рефлексивно-регуляторный компонент обеспечивает способность педагога анализировать собственные педагогические действия, отслеживать эмоциональные реакции, корректировать выбранные стратегии в ответ на обратную связь от учеников и предотвращать профессиональное выгорание.

Методические технологии обучения в разнородном классе и повышение мастерства

Повышение профессионального мастерства учителей в области инклюзии требует освоения подходов, позволяющих сочетать общие образовательные цели класса с учетом индивидуальных потребностей каждого ученика без снижения качества обучения. Одним из продуктивных направлений является универсальный дизайн обучения, предполагающий изначально такое проектирование целей, материалов, методов и форм оценки, которое обеспечивает множественные способы представления информации, вовлечения обучающихся и выражения ими освоенного материала, снижая потребность в постоянных экстренных переделках в ходе урока.

Наряду с универсальным дизайном ключевую роль играет дифференцированное обучение и индивидуализация образовательных задач. Учитель осваивает способы варьирования сложности и объема заданий, степени пошаговой поддержки, темпа работы, форматов групповой или парной деятельности и способов демонстрации результатов, чтобы каждый ученик мог продвигаться в зоне своего актуального и ближайшего развития. В сочетании с использованием визуальных опор, четкой структуризации этапов занятия, предсказуемости правил и доступных цифровых или ассистивных средств это повышает самостоятельность учащихся и снижает когнитивную перегрузку.

Развитие профессионального мастерства в этом направлении происходит наиболее эффективно тогда, когда методические приемы осваиваются не абстрактно, а через анализ реальных учебных ситуаций, совместное проектирование уроков, разбор видеозаписей или наблюдений за практикой и последующее обсуждение результатов с коллегами. Такой подход помогает учителю видеть связь между конкретным методическим решением и изменением вовлеченности и учебных достижений школьников.

Преодоление барьеров, командное взаимодействие и психологическая устойчивость педагога

На пути к освоению инклюзивных практик учителя сталкиваются с рядом барьеров, среди которых страх не справиться с непредсказуемым поведением или сложными учебными потребностями, опасение уделять меньше внимания остальным ученикам класса, нехватка времени на подготовку адаптированных материалов, дефицит узкопрофильных знаний и чувство изоляции при решении сложных задач. Не менее существенным фактором может быть расхождение между декларируемыми ценностями инклюзии и реальными условиями работы, такими как наполняемость классов, перегруженность отчетностью или недостаток методических ресурсов.

Преодоление этих барьеров во многом связано с переходом от индивидуальной замкнутости педагога к междисциплинарному командному взаимодействию. Эффективная инклюзивная практика строится на согласованных действиях учителя, педагога-психолога, учителя-дефектолога или логопеда, тьютора, администрации школы и родителей. Четкое распределение ролей, регулярный обмен наблюдениями, выработка единых подходов к поддержке ребенка и уважение к профессиональной экспертизе каждого участника команды снижают нагрузку на отдельного учителя и повышают согласованность помощи.

Важным условием сохранения и роста профессионального мастерства является забота о психологическом благополучии и эмоциональной устойчивости самого педагога. Работа в условиях высокой эмоциональной насыщенности требует развития навыков саморегуляции, рефлексии, получения коллегиальной поддержки, наставничества и супервизии, где учитель может в безопасной обстановке обсудить трудные случаи, получить профессиональный отклик и

восстановить внутренние ресурсы без чувства вины за неизбежные на первых порах затруднения.

Непрерывное профессиональное развитие и институциональная поддержка

Подготовка учителей к инклюзивному образованию носит непрерывный характер и охватывает как базовое профессиональное образование, так и системы повышения квалификации, методического сопровождения и внутришкольного обучения. На этапе базовой подготовки важно обеспечивать органичное включение проблематики инклюзии и разнообразия обучающихся в предметные методики, психологию и педагогическую практику, чтобы будущие учителя воспринимали инклюзивный подход как неотъемлемую часть профессии, а не как узкую специальную тему.

В системе дополнительного профессионального образования и повышения квалификации наибольшую отдачу приносят программы, сочетающие теоретическую проработку ключевых концепций с практической апробацией подходов в реальных образовательных условиях, проектной работой, разбором кейсов и последующим сопровождением педагога на рабочем месте. Разовые информационные семинары редко приводят к устойчивым изменениям в практике, если за ними не следуют обмен опытом, методическая поддержка и возможность поэтапно внедрять новые решения в повседневную работу.

Существенное значение имеет и институциональная политика самой образовательной организации. Когда руководство школы поощряет сотрудничество, гибкость расписания и методическую кооперацию, создает условия для совместного планирования и профессионального обучения, формирует культуру взаимного уважения и открытости, индивидуальные усилия учителя по развитию своего мастерства находят надежную опору и приобретают системный характер.

Заключение

Подготовка учителей к инклюзивному образованию и повышение уровня их профессионального мастерства представляют собой комплексный психолого-педагогический и организационный процесс, направленный на формирование готовности и способности педагога эффективно обучать и поддерживать каждого ребенка в условиях разнообразия образовательных потребностей. Развитие инклюзивной компетентности требует единства ценностного принятия разнообразия, глубоких знаний, владения гибкими технологиями дифференцированного и универсального обучения, способности к рефлексии и эффективного командного взаимодействия.

Успешность этой подготовки зависит от преодоления методических и эмоциональных барьеров, развития междисциплинарного сотрудничества, поддержки психологического благополучия педагогов и создания благоприятной

институциональной среды. Непрерывное профессиональное развитие, опирающееся на связь теории с живой педагогической практикой, выступает ключевым условием становления учителя-мастера, способного раскрывать потенциал всех обучающихся.

Литература

1. Алехина С. В. Инклюзивное образование: от политики к практике. — М.: МГППУ, 2020. — 248 с.
2. Назарова Н. М., Пенин Г. Н. Специальная педагогика и инклюзивное образование: учебник. — М.: Академия, 2020. — 352 с.
3. Самсонова Е. В. Методология и технологии инклюзивного образования в современной школе. — М.: МГППУ, 2019. — 224 с.
4. Митина Л. М. Психология труда и профессионального развития учителя. — М.: Академия, 2019. — 320 с.
5. Зеер Э. Ф., Сыманюк Э. Э. Психология профессионального развития: учебное пособие. — М.: Академия, 2020. — 240 с.
6. Суворова Е. А., Морозова Т. В. Психолого-педагогическое сопровождение участников инклюзивного образовательного процесса. — СПб.: Лань, 2021. — 276 с.
7. Florian L. The SAGE Handbook of Special Education. — London: SAGE Publications, 2019. — 864 p.
8. Meyer A., Rose D. H., Gordon D. Universal Design for Learning: Theory and Practice. — Wakefield: CAST Professional Publishing, 2019. — 216 p.
9. International Journal of Inclusive Education. — 2025. — Vol. 29, No. 3. — P. 312–335.
10. Teaching and Teacher Education. — 2026. — Vol. 141. — P. 104518.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-378.147

РОЛЬ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ В ОТНОШЕНИЯХ НАСТАВНИК — УЧЕНИК ПРИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ МОЛОДЫХ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Аллабердыева Махек
Преподаватель Туркменский государственный педагогический институт имени Сейитназара Сейди
г. Туркменабат, Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ роли эмоциональной поддержки в системе отношений наставник — ученик на этапе профессиональной подготовки, адаптации и становления молодых преподавателей в высшей и средней профессиональной школе. В центре внимания находится исследование психологических и педагогических механизмов эмоциональной поддержки, ее влияния на снижение тревожности, профилактику эмоционального выгорания, формирование профессиональной идентичности, развитие педагогической рефлексии, мотивации к инновационной деятельности и уверенности в управлении учебной аудиторией. В статье подробно рассматриваются структурные компоненты диадического взаимодействия наставника и начинающего педагога, баланс между эмоционально-поддерживающей, когнитивно-методической и фасилитационной функциями наставничества, динамика отношений на различных этапах вхождения в профессию, а также институциональные, культурные и коммуникативные факторы, определяющие эффективность наставнической поддержки. На основе междисциплинарного синтеза педагогической психологии, теории профессионального развития, социальной психологии и теории педагогического наставничества формулируются концептуальные подходы к осмыслению и развитию эмоционально поддерживающей среды в системе подготовки молодых преподавательских кадров.

Ключевые слова: эмоциональная поддержка, наставник и ученик, молодые преподаватели, профессиональная подготовка, профессиональная идентичность, эмоциональное выгорание, педагогическая рефлексия, тревожность, наставничество, психолого-педагогическая адаптация.

Введение

Начало профессиональной деятельности преподавателя представляет собой один из наиболее сложных и ответственных этапов становления специалиста в системе образования. Молодой преподаватель, даже обладая солидной предметной подготовкой и теоретическими знаниями, сталкивается с необходимостью одновременного решения множества взаимосвязанных задач: проектирования учебных занятий, удержания внимания и мотивации аудитории, управления групповой динамикой, оценивания результатов обучения, выстраивания конструктивных границ с обучающимися, взаимодействия с коллегами и администрацией, а также совмещения педагогической нагрузки с научной или методической работой. В первые годы практики расхождение между идеальными представлениями о педагогической деятельности и реальными повседневными ситуациями в аудитории нередко порождает чувство неуверенности, ситуативную тревожность, когнитивную перегрузку и сомнения в собственной профессиональной состоятельности.

В этих условиях становление молодого педагога во многом зависит от качества социально-психологического сопровождения и прежде всего от характера взаимоотношений в системе наставник — ученик. Традиционно в педагогике и методике подготовки кадров основное внимание уделялось передаче предметно-методических знаний, разбору планов занятий, наблюдению за открытыми уроками или лекциями и освоению нормативных требований. Однако практика показывает, что одна лишь когнитивно-инструментальная передача опыта без учета эмоционального состояния начинающего специалиста часто оказывается недостаточной: при высоком уровне стресса и страха совершить ошибку молодой преподаватель хуже усваивает методические рекомендации, склонен к шаблонному воспроизведению чужих приемов или, напротив, к избеганию сложных педагогических ситуаций.

Эмоциональная поддержка в отношениях наставника и ученика выступает тем психолого-педагогическим основанием, которое создает атмосферу психологической безопасности, доверия, принятия и конструктивного диалога. Она позволяет молодому преподавателю открыто обсуждать собственные затруднения, провалы и эмоциональные переживания без опасения обесценивания или жесткой критики, осмысливать накопленный опыт и постепенно выстраивать собственный аутентичный профессиональный стиль. Таким образом, эмоциональная поддержка не противостоит методическому обучению и требовательности, а создает условия, при которых профессиональное развитие становится осмысленным, устойчивым и психологически ресурсным.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ роли эмоциональной поддержки в отношениях наставник — ученик при профессиональной подготовке молодых преподавателей, раскрытие ее психологических и педагогических функций, рассмотрение динамики наставнического взаимодействия, анализ факторов риска и ограничений, а также

определение направлений повышения эффективности поддержки начинающих педагогов.

Сущность и функции эмоциональной поддержки в диаде «наставник — ученик»

В современной психологии и педагогике эмоциональная поддержка рассматривается как многомерный процесс межличностного взаимодействия, направленный на признание и валидацию эмоциональных переживаний другого человека, снижение его субъективного напряжения, укрепление чувства принятости, защищенности и веры в собственные ресурсы при решении сложных задач. В отношениях наставника и молодого преподавателя эмоциональная поддержка не сводится к простому сочувствию или снятию дискомфорта; она выполняет ряд взаимосвязанных функций, обеспечивающих переход от ситуативного напряжения к продуктивной профессиональной активности.

Прежде всего эмоциональная поддержка выполняет стабилизирующую и регуляторную функцию, помогая начинающему педагогу справляться с тревогой, фрустрацией и эмоциональным истощением, возникающими в ответ на конфликтные ситуации в группе, недостаточную вовлеченность студентов или учащихся, трудности оценивания и высокую нагрузку. Когда наставник внимательно выслушивает, признает естественность первоначальных затруднений и помогает разделить личные переживания и объективные методические задачи, снижается риск формирования защитных реакций — таких как эмоциональная отстраненность, гиперответственность или ранняя профессиональная дезадаптация.

Не менее важна стимулирующая и развивающая функция эмоциональной поддержки. Ощущение доверия и позитивного принятия со стороны более опытного коллеги повышает самоэффективность молодого преподавателя, укрепляет его готовность пробовать новые педагогические приемы, анализировать собственные ошибки как источник опыта и брать на себя инициативу в учебной и методической работе. В сочетании с бережной обратной связью эмоциональная поддержка способствует формированию устойчивой профессиональной идентичности, при которой начинающий специалист воспринимает себя не просто как исполнителя чужих инструкций, а как полноценного субъекта педагогической деятельности.

Вместе с тем эффективное наставничество требует поддержания баланса между эмоциональной поддержкой, когнитивно-методическим руководством и профессиональной требовательностью. Чрезмерная опека или безусловное сглаживание любых противоречий могут лишить молодого преподавателя опыта самостоятельного преодоления трудностей и критической оценки своих решений, тогда как дефицит эмпатии и доминирование директивного контроля усиливают тревожность и подавляют творческий поиск.

Динамика отношений и этапы профессионального становления молодого преподавателя

Отношения в диаде наставник — ученик не являются статичными: они эволюционируют по мере накопления педагогического опыта, изменения уровня самостоятельности молодого преподавателя и углубления взаимного доверия. На начальном этапе вхождения в профессию, характеризующемся высокой новизной среды, неопределенностью ролевых ожиданий и интенсивным эмоциональным напряжением, роль эмоциональной поддержки особенно велика. Начинающему преподавателю важны доступность наставника, доброжелательный тон обсуждений, нормализация типичных стартовых трудностей и помощь в расстановке приоритетов, чтобы избежать перегрузки и растерянности.

По мере освоения базовых учебных форматов, накопления первых успешных практик и формирования более реалистичного представления о собственных возможностях характер взаимодействия постепенно смещается. Эмоциональная поддержка на этом этапе приобретает более тонкие формы: она проявляется в поддержке профессиональной самостоятельности, поощрении рефлексивного осмысления сложных педагогических кейсов, уважении к индивидуальным находкам молодого преподавателя и помощи в совладании с более глубокими вызовами, такими как выстраивание партнерских отношений с коллегами, работа с неоднородными учебными группами или преодоление первых признаков утомления.

На более зрелых этапах совместной работы отношения наставника и молодого преподавателя закономерно трансформируются в сторону партнерского и коллегиального диалога. Эмоциональная составляющая при этом не исчезает, но меняет свою конфигурацию: вместо преимущественно защитной и успокаивающей опоры она становится ресурсом взаимного уважения, признания возрастающей компетентности начинающего педагога и совместного профессионального поиска. Успешное прохождение этой динамики свидетельствует о том, что наставничество выполнило свою развивающую задачу и способствовало формированию автономного и уверенного специалиста.

Влияние эмоциональной поддержки на рефлексию, мотивацию и профилактику выгорания

Одним из ключевых эффектов эмоционально поддерживающих отношений в паре «наставник — ученик» является развитие педагогической рефлексии. Способность молодого преподавателя объективно и глубоко анализировать проведенное занятие, понимать причины удач и неудач, учитывать реакции обучающихся и корректировать свои действия тесно связана с его эмоциональной открытостью. Если общение с наставником сопровождается страхом оценки или осуждения, начинающий педагог чаще скрывает затруднения, формально отчитывается о проделанной работе и избегает глубокого самоанализа; напротив,

атмосфера доверия позволяет рассматривать ошибки как естественный этап обучения и обсуждать альтернативные педагогические решения.

Эмоциональная поддержка также оказывает существенное влияние на внутреннюю мотивацию и профессиональное благополучие молодых преподавателей. Преподавательская деятельность сопряжена с постоянными эмоциональными затратами, необходимостью сочетать эмпатию к обучающимся с поддержанием академической дисциплины и объективности. При отсутствии внешней поддержки и признания усилий возрастает вероятность эмоционального выгорания, проявляющегося в истощении, цинизме или снижении чувства профессиональной успешности уже на ранних этапах карьеры. Регулярный поддерживающий контакт с наставником помогает своевременно распознавать признаки переутомления, пересматривать нереалистичные перфекционистские установки и сохранять осмысленность педагогического труда.

Кроме того, опыт получения эмоциональной поддержки в отношениях с наставником формирует у молодого преподавателя образец конструктивного и эмпатичного взаимодействия, который впоследствии переносится на его собственную работу со студентами или учащимися. Педагог, чувствующий принятие и уважение со стороны старшего коллеги, легче выстраивает поддерживающую, но требовательную коммуникацию в учебной аудитории, способствуя формированию благоприятного образовательного климата.

Факторы эффективности, ограничения и институциональный контекст

Эффективность эмоциональной поддержки в системе наставничества определяется не только личностными качествами участников диады, но и широким кругом организационных, культурных и коммуникативных факторов. К значимым условиям относятся добровольность или продуманный подбор пар с учетом совместимости ценностей и стилей общения, наличие у наставника достаточного времени и признания его наставнической нагрузки, а также владение навыками эмпатического слушания и конструктивной обратной связи. Важно, чтобы наставник сам не находился в состоянии хронического профессионального выгорания, поскольку эмоционально истощенный ментор с трудом обеспечивает устойчивую поддержку другому человеку.

Существенное значение имеет и институциональная культура образовательной организации. В среде, где поощряются открытость, взаимопомощь, право на методический поиск и коллегиальная поддержка, отношения наставника и ученика получают естественную институциональную опору. Напротив, формальный подход к наставничеству, сводящийся к заполнению отчетных документов или проведению разовых контрольных посещений занятий, ограничивает возможности глубокого доверительного взаимодействия и может превращать поддержку в формальную процедуру.

К числу методологических и практических ограничений следует отнести также культурные и индивидуальные различия в восприятии эмоциональной поддержки. Для одних молодых преподавателей открытое обсуждение переживаний и вербальное ободрение являются естественным источником опоры, тогда как другие предпочитают более сдержанную, деловую форму поддержки, выражающуюся в спокойной уверенности наставника, совместном разборе конкретных ситуаций и постепенном делегировании ответственности. Чувствительность наставника к индивидуальным границам и предпочтениям ученика позволяет избежать как эмоционального вторжения, так и холодной отчужденности.

Заключение

Роль эмоциональной поддержки в отношениях наставник — ученик при профессиональной подготовке молодых преподавателей имеет фундаментальное значение для их успешной адаптации, профессионального роста и психологического благополучия. Эмоциональная поддержка создает пространство доверия и безопасности, снижает уровень тревожности на старте педагогической практики, способствует развитию рефлексии, укреплению профессиональной идентичности и профилактике эмоционального выгорания.

Наибольший развивающий эффект достигается при гармоничном сочетании эмоциональной поддержки с методической компетентностью, уважением к самостоятельности начинающего специалиста и благоприятной организационной культурой образовательной организации. Дальнейшее осмысление и развитие практик эмоционально поддерживающего наставничества является важным условием подготовки устойчивых, мотивированных и рефлексивных преподавательских кадров.

Литература

1. Зеер Э. Ф., Сыманюк Э. Э. Психология профессионального развития: учебное пособие. — М.: Академия, 2020. — 240 с.
2. Митина Л. М. Психология труда и профессионального развития учителя. — М.: Академия, 2019. — 320 с.
3. Реан А. А., Баранов А. А. Психология адаптации личности. — СПб.: Прайм-ЕВРОЗНАК, 2019. — 479 с.
4. Поваренков Ю. П. Психологическое содержание профессионального становления человека. — М.: Изд-во УРАО, 2019. — 160 с.
5. Водопьянова Н. Е., Старченкова Е. С. Синдром выгорания: диагностика и профилактика. — СПб.: Питер, 2020. — 336 с.
6. Кларин М. В. Современное наставничество: новые векторы развития. — М.: Национальный институт бизнеса, 2020. — 256 с.
7. Kram K. E. Mentoring at Work: Developmental Relationships in Organizational Life. — Lanham: University Press of America, 2019. — 252 p.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-81'27

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА РАЗВИТИЕ ПИСЬМЕННОЙ РЕЧИ

Климова Анастасия Андреевна
Аспирант кафедры общего и прикладного языкознания, Белорусский государственный университет
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ трансформации письменной речи, когнитивных процессов порождения и восприятия текста, жанровой системы, орфографической и пунктуационной нормы, а также методик формирования письменной компетенции в условиях повсеместного распространения цифровых технологий. В центре внимания находится исследование конвергенции письменной и устной коммуникации в цифровой среде, эволюции средств письма от рукописной и печатной фиксации к экранному вводу, гипертексту и мультимодальным сообщениям, влияния систем автоматического исправления, предиктивного ввода и генеративных языковых моделей на когнитивную нагрузку и авторскую рефлексию, а также специфики развития письменной речи у различных возрастных и образовательных групп. В статье подробно рассматриваются вопросы креолизации и визуализации текста, прагматики цифровой пунктуации и сокращений, формирования академической и профессиональной письменной культуры в цифровой среде, а также методологические вызовы оценки качества письма. На основе междисциплинарного синтеза лингвистики, когнитивной психологии, психолингвистики, педагогики и медиаисследований формулируются концептуальные подходы к осмыслению роли цифровых технологий в развитии письменной речи.

Ключевые слова: письменная речь, цифровые технологии, цифровая коммуникация, когнитивные процессы, гипертекст, мультимодальность, языковая норма, предиктивный ввод, генеративные модели, языковое развитие.

Введение: эволюция письменной речи и цифровой коммуникативный поворот

Письменная речь на протяжении столетий выступала важнейшим инструментом накопления, систематизации и передачи знания, формирования абстрактного мышления, правовой и научной фиксации, а также опосредованной во времени и

пространстве коммуникации. Традиционно письменная речь противопоставлялась устной по ряду структурных и функциональных признаков: она отличалась большей степенью предварительного обдумывания, синтаксической развернутостью, лексической выверенностью, опорой на кодифицированные орфографические и пунктуационные нормы и относительной автономностью от непосредственного ситуативного контекста собеседников. Формирование навыков связной письменной речи требовало длительного целенаправленного обучения, практики чтения протяженных линейных текстов и самостоятельного выстраивания логической композиции высказывания.

Распространение цифровых технологий, персональных компьютеров, мобильных устройств, мессенджеров, социальных сетей, сетевых энциклопедий, систем совместного редактирования документов и инструментов искусственного интеллекта привело к масштабной перестройке практики письма и чтения. Письменная речь стала повседневным, высокочастотным и мгновенным каналом межличностного, профессионального и образовательного взаимодействия, в котором сочетаются признаки традиционного письма, спонтанной разговорной речи и визуальной коммуникации. Пользователи ежедневно создают огромные объемы письменных текстов в различных средах — от коротких сообщений в чатах и комментариев до аналитических заметок, учебных работ и корпоративных документов, — используя клавиатуры, сенсорные экраны, голосовой ввод и интеллектуальные подсказки.

Влияние цифровых технологий на развитие письменной речи носит многомерный и противоречивый характер. С одной стороны, цифровая среда расширяет возможности для регулярной письменной практики, коллаборативного написания текстов, мгновенного обмена идеями, включения визуальных и гипертекстовых элементов и доступа к языковым ресурсам. С другой стороны, она порождает дискуссии об изменении глубины концентрации внимания, упрощении синтаксических структур, размывании границ между разговорным и книжным регистрами, а также о рисках снижения самостоятельности порождения текста при чрезмерной опоре на автоматические подсказки и генеративные алгоритмы.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ влияния цифровых технологий на развитие письменной речи, рассмотрение структурно-языковых, когнитивно-психологических и коммуникативно-прагматических изменений письменного текста в цифровой среде, а также оценка последствий этих процессов для языковой культуры, образования и дальнейшего развития письменной коммуникации.

Трансформация формы, жанров и стилистики письменной речи в цифровой среде

Переход от бумажных носителей и статичных печатных страниц к электронным экранам и сетевым платформам изменил материальную форму и композиционную организацию письменного текста. Цифровой текст зачастую не является строго

линейной последовательностью абзацев, рассчитанной на последовательное чтение от начала до конца; он нередко приобретает гипертекстуальную структуру, включает ссылки, встраиваемые медиаобъекты, таблицы, теги и интерактивные элементы, а также легко подвергается многократному редактированию, фрагментации и рекомбинации.

В межличностной и сетевой коммуникации письменная речь сближается со спонтанной устной речью по темпу обмена репликами, диалогичности, эмотивности и зависимости от контекста, сохраняя при этом графическую фиксацию. Это способствует появлению специфических языковых особенностей: сокращений, аббревиатур, фонетически ориентированных написаний, намеренного варьирования прописных букв и знаков препинания. В цифровой прагматике пунктуация нередко выполняет не только синтаксическую или интонационную функцию, но и тонкую прагматическую и эмоциональную роль, когда постановка или отсутствие точки, использование многоточия или восклицательного знака считывается коммуникантами как сигнал тональности, дистанции или эмоционального состояния.

Важной особенностью современной цифровой письменной речи является ее мультимодальность и креолизация, при которых вербальный текст органично сочетается с эмодзи, стикерами, мемами, изображениями, схемами и видеофрагментами. Визуальные элементы способны уточнять иллокутивную силу высказывания, компенсировать отсутствие мимики, жестов и просодии, характерных для личного общения, а также выступать самостоятельными смысловыми компонентами. В результате формируются новые жанры и гибридные текстовые формы, требующие от автора умения согласовывать вербальные и визуальные средства выражения смысла в соответствии с коммуникативной задачей и площадкой публикации.

Когнитивные механизмы порождения и восприятия текста в условиях цифровизации

Развитие письменной речи тесно связано с когнитивными процессами — рабочей памятью, вниманием, планированием высказывания, мониторингом ошибок и метакогнитивной рефлексией. В классических когнитивных моделях письма процесс создания текста включает планирование содержания, трансляцию замысла в языковые единицы и перечитывание с редактированием. Цифровые инструменты вмешиваются на каждом из этих этапов, изменяя распределение когнитивной нагрузки между человеком и технологической средой.

Ввод текста с помощью физической или экранной клавиатуры, автозамены и предиктивного ввода ускоряет механическую реализацию высказывания и снижает затраты на орфографическое оформление, однако может приводить к непреднамеренным заменам слов при невнимательном контроле со стороны пишущего. Голосовой ввод переводит порождение письменного текста в режим, близкий к устному говорению, что иногда способствует более свободному

выражению мыслей на черновых этапах, но требует дополнительной правки синтаксиса, пунктуации и стилистической связности при создании структурированных текстов.

Особое значение для когнитивного развития имеет влияние цифровой среды на внимание и глубину обработки информации. Постоянные уведомления, многозадачность, переход между вкладками и чтение коротких фрагментов способны поощрять поверхностное, фрагментарное восприятие текста и снижать готовность к длительному удержанию сложной аргументации. Вместе с тем при осознанной организации рабочего пространства и целенаправленной практике создания аналитических или учебных текстов цифровые среды поддерживают итеративное редактирование, структурирование идей с помощью схем и ментальных карт, а также глубокую переработку материала при ведении личных заметок и исследовательских записей.

Влияние интеллектуальных инструментов, автокоррекции и генеративных моделей

Современные средства цифровой поддержки письма эволюционировали от простых словарей и базовых проверок орфографии к контекстным системам исправления грамматики и стиля, предиктивным клавиатурам и генеративным моделям искусственного интеллекта, способным предлагать продолжения фраз, перефразировать фрагменты или создавать черновики текстов по запросу. Использование таких инструментов существенно меняет характер авторского участия и формирования письменных навыков.

С одной стороны, автоматические подсказки и справочные системы помогают снижать количество технических опечаток, расширять словарный запас за счет знакомства с новыми формулировками, быстрее осваивать нормы оформления различных жанров и преодолевать языковые барьеры при письме на неродном языке. Для начинающих авторов или пользователей с особыми образовательными потребностями средства поддержки могут выступать в роли вспомогательных ориентиров, облегчая старт работы над текстом и снижая тревожность перед чистым листом.

С другой стороны, чрезмерная или некритичная делегация процессов формулирования мысли, структурирования аргументов и языкового оформления внешним алгоритмам несет потенциальные риски для развития самостоятельной письменной речи. Если пишущий регулярно принимает готовые подсказки без анализа их смысловой точности, стилистической уместности и логической связности, может ослабевать тренировка навыков самостоятельного построения сложных синтаксических конструкций, критической самопроверки и выработки индивидуального авторского голоса. Кроме того, генеративные модели способны воспроизводить шаблонные обороты, фактические неточности или стилистическую усредненность, что требует от автора развитой информационной и языковой критичности.

Нормативность, языковая вариативность и образовательные практики

Распространение цифровой письменной речи обостряет вопросы соотношения кодифицированной языковой нормы и живой узуальной вариативности. В неформальной сетевой коммуникации отклонения от орфографических, пунктуационных и стилистических правил часто воспринимаются не как свидетельство низкой грамотности, а как осознанный стилистический выбор, маркер непринужденности, скорости или принадлежности к определенному сообществу. В то же время в официальной, научной, деловой и образовательной письменной коммуникации сохраняются высокие требования к ясности, точности формулировок, логической последовательности и соблюдению нормативных стандартов.

Развитие письменной речи у современных школьников, студентов и взрослых требует адаптации образовательных подходов к реалиям цифровой культуры. Простое противопоставление «цифрового» и «традиционного» письма редко оказывается продуктивным: более эффективной представляется дифференциация коммуникативных регистров и жанров, при которой обучающиеся осознают, где уместны лаконичность, разговорность и визуальные средства мессенджера, а где необходимы развернутая аргументация, строгая терминология и академическая точность.

Важной задачей педагогики и лингводидактики становится формирование цифровой письменной грамотности, включающей умение критически оценивать источники информации, проверять достоверность фактов, корректно оформлять заимствования и ссылки, эффективно использовать цифровые инструменты для черновой работы и редактирования без утраты авторской ответственности и самостоятельного мышления. Развитие навыков связного письма на бумаге и на экране в сочетании с осмысленным чтением сложных текстов остается значимым фактором формирования когнитивной гибкости и культуры речи.

Методологические вопросы исследования и перспективы развития

Изучение влияния цифровых технологий на письменную речь сопряжено с рядом методологических сложностей. Тексты в цифровой среде чрезвычайно разнообразны по жанрам, платформам, аудиториям и целям создания, а границы между личной перепиской, публичным высказыванием и профессиональным текстом становятся подвижными. Кроме того, эффекты цифровизации тесно переплетаются с возрастными, образовательными, социокультурными и индивидуально-психологическими особенностями пользователей, что затрудняет выделение изолированного влияния конкретной технологии.

В исследовательской практике применяются корпусный анализ цифровых текстов, лонгитюдные наблюдения за развитием письменной речи обучающихся, экспериментальные исследования процессов письма с регистрацией временных

пауз, правок и движений глаз, а также качественный дискурс- и прагматический анализ. Важным методологическим принципом является отказ от упрощенного технологического детерминизма, при котором технологии рассматриваются либо как безусловный источник деградации речи, либо как автоматический гарант ее совершенствования, в пользу анализа того, как конкретные практики использования цифровых средств формируют речевые привычки и когнитивные стратегии.

Перспективы дальнейших исследований связаны с изучением долгосрочного влияния генеративных систем и мультимодальных интерфейсов на становление письменной компетенции у разных поколений, трансформации авторства и текстовой ответственности, а также с разработкой методик обучения письму, опирающихся на понимание взаимодействия человека и цифровых инструментов.

Заключение

Влияние цифровых технологий на развитие письменной речи носит комплексный и многофакторный характер, затрагивая форму текста, жанрово-стилистическую систему, языковые нормы, когнитивные процессы и образовательные практики. Цифровая среда расширила сферу применения письменного слова, сделала его более оперативным, диалогичным и мультимодальным, одновременно поставив перед языковой культурой и образованием задачи сохранения глубины мышления, связности аргументации и осознанного владения различными регистрами речи.

Дальнейшее развитие письменной речи в условиях цифровизации во многом зависит от того, насколько эффективно удастся сочетать технологические возможности ускорения, редактирования и визуализации текста с целенаправленным развитием самостоятельного мышления, языкового чутья и критической ответственности автора.

Литература

1. Кристал Д. Язык и интернет. — М.: Изд-во МГУ, 2020. — 272 с.
2. Баранников И. В., Воителева Т. М. Методика обучения русскому языку и развитию речи. — М.: Академия, 2020. — 320 с.
3. Леонтьев А. А. Основы психолингвистики. — М.: Смысл, 2020. — 288 с.
4. Горошко Е. И. Современная интернет-коммуникация: структура и жанры. — М.: Флинта, 2021. — 264 с.
5. Щипицина Л. Ю. Язык и интернет: современные направления исследований. — СПб.: СПбГУ, 2020. — 224 с.
6. Ушакова Т. Н. Рождение слова: проблемы психологии речи и психолингвистики. — М.: Институт психологии РАН, 2019. — 524 с.
7. Baron N. S. Always On: Language in an Online and Mobile World. — Oxford: Oxford University Press, 2020. — 304 p.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

УДК-159.9.01

РОЛЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИЗУЧЕНИИ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ КОНЦЕПЦИЙ

Мурадова Сахра
Старший преподаватель Туркменский государственный педагогический институт имени Сейитназара Сейди
г. Туркменабат, Туркменистан

Нобатова Дурсун
Студент Туркменский государственный педагогический институт имени Сейитназара Сейди
г. Туркменабат, Туркменистан

Нобатова Дуня
Студент Туркменский государственный педагогический институт имени Сейитназара Сейди
г. Туркменабат, Туркменистан

Аннотация

В настоящей масштабной фундаментальной исследовательской работе осуществляется развернутый, детальный, глубокий и многоаспектный научно-теоретический анализ влияния цифровых технологий на операционализацию, эмпирическую проверку, моделирование и переосмысление классических и современных психологических концепций в когнитивной, социальной, клинической, возрастной и организационной психологии. В центре внимания находится исследование того, как цифровые следы, носимые сенсоры, виртуальная и дополненная реальность, методы естественного и экологического оценивания в реальном времени, вычислительное моделирование и алгоритмы машинного обучения изменяют способы измерения психических конструктов, проверки гипотез о внимании, памяти, эмоциях, идентичности, принятии решений и социальном взаимодействии. В статье подробно рассматриваются вопросы экологической валидности психологических исследований, границы между наблюдаемым цифровым поведением и внутренними психическими состояниями, эпистемологические вызовы алгоритмической редукции, а также методологические, этические и правовые требования к работе с цифровыми данными в психологии. На основе междисциплинарного синтеза методологии психологии, когнитивной науки, вычислительной психометрии, поведенческих наук и этики исследований формулируются концептуальные подходы к интеграции цифровых технологий в теоретическое и эмпирическое изучение психологических концепций.

Ключевые слова: цифровые технологии, психологические концепции, вычислительная психология, цифровые следы, виртуальная реальность, экологическая валидность, психометрия, когнитивные процессы, социальное поведение, методология психологии.

Введение: трансформации психологического познания в цифровую эпоху

Изучение психологических концепций традиционно опирается на сочетание теоретического осмысления, интроспекции, клинического наблюдения, психометрического тестирования и лабораторного эксперимента, в которых исследуемые психические явления — такие как установки, мотивация, тревожность, рабочая память, саморегуляция, эмпатия, аттитюды или социальная идентичность — операционализируются через самоотчеты, поведенческие реакции на стандартизированные стимулы или психофизиологические показатели. Эти подходы позволили сформировать фундаментальный понятийный аппарат современной психологии и установить множество закономерностей функционирования психики, однако они сталкиваются с рядом классических ограничений: зависимостью от ретроспективной памяти и самопрезентации испытуемого, искусственностью лабораторных условий, ограниченным объемом и эпизодичностью наблюдений, а также трудностями изучения сложных динамических процессов в естественном контексте жизнедеятельности человека.

Появление и повсеместное распространение цифровых технологий — смартфонов, носимых устройств, сенсорных систем, виртуальной и дополненной реальности, онлайн-платформ, цифровых коммуникационных сред и методов вычислительного анализа больших массивов данных — существенно расширяют инструментарий психологической науки. Цифровые средства позволяют фиксировать тонкие поведенческие, речевые, двигательные, физиологические и пространственно-временные паттерны в естественной среде с высоким временным разрешением, создавать управляемые иммерсивные среды для моделирования сложных жизненных и социальных ситуаций, а также проверять теоретические модели на масштабных и кросс-культурных выборках.

Вместе с тем внедрение цифровых технологий в исследование психологических концепций не сводится к простому ускорению сбора данных или повышению точности измерений. Оно затрагивает более глубокие методологические и теоретические вопросы: насколько адекватно цифровые индикаторы отражают исходные психологические конструкты, не приводит ли опора на количественные цифровые метрики к упрощению или смещению самих понятий, как соотносятся контекстно обусловленные цифровые проявления и устойчивые личностные или когнитивные свойства, и какие этические стандарты необходимы при работе с непрерывными данными о поведении и состоянии человека.

Целью данного исследования является систематический научно-теоретический анализ роли цифровых технологий в изучении психологических концепций, рассмотрение их вклада в операционализацию и эмпирическую проверку теоретических моделей в различных областях психологии, оценка эпистемологических и методологических ограничений цифровых методов, а также определение перспектив развития психологической теории и практики в цифровой среде.

Операционализация конструктов, цифровые следы и экологическая валидность

Одним из наиболее заметных изменений, принесенных цифровыми технологиями в эмпирическую психологию, является расширение способов операционализации абстрактных психологических конструктов через объективно регистрируемые поведенческие и контекстные показатели. Традиционные шкалы самоотчета фиксируют субъективное восприятие или ретроспективную оценку человеком собственных состояний, черт или установок, тогда как цифровые инструменты позволяют наблюдать текущее поведение в реальном времени: темп и паттерны набора текста, паузы и правки при письме, характер навигации и взаимодействия с интерфейсами, речевые акустические и лексические характеристики, двигательную активность, параметры сна и ритмы коммуникации.

Методы амбулаторной оценки и экологической мгновенной оценки с использованием мобильных устройств позволяют сочетать кратковременные опросы в естественной обстановке с пассивным сбором сенсорных и поведенческих данных. Это дает возможность исследовать внутрииндивидуальную динамику психических состояний — колебания настроения, стресса, когнитивной нагрузки, импульсивности или социальной вовлеченности — в привязке к реальным ситуациям, времени суток и социальному окружению, повышая экологическую валидность выводов и снижая искажения, характерные для воспоминаний спустя недели или месяцы.

Однако переход от традиционных шкал к цифровым маркерам требует строгой психометрической и теоретической валидации. Поведенческий цифровой показатель редко является прямым и однозначным отражением одного изолированного психического свойства: на него одновременно влияют ситуативные обстоятельства, технические особенности устройств, привычки взаимодействия с интерфейсами, социальные нормы конкретной цифровой площадки и индивидуальные стратегии самопрезентации. Поэтому соотнесение цифровых следов с классическими психологическими концепциями требует проверки конвергентной и дискриминантной валидности, учета контекста и сопоставления с независимыми критериями, чтобы избежать ложной интерпретации поверхностных корреляций как прямого измерения внутреннего состояния.

Виртуальная реальность, когнитивные процессы и моделирование социальных ситуаций

Технологии виртуальной и дополненной реальности открывают качественно новые возможности для изучения когнитивных, перцептивных, эмоциональных и социальных концепций, объединяя экспериментальный контроль переменных с высокой степенью погружения и ситуативной реалистичности. В когнитивной психологии и нейронауке виртуальные среды позволяют исследовать пространственную ориентацию и когнитивные карты, распределение внимания в насыщенных сенсорных сценариях, эпизодическую и проспективную память, а также процессы принятия решений в условиях динамически меняющейся среды и неопределенности.

В клинической и аффективной психологии управляемые виртуальные сценарии применяются для изучения механизмов формирования и преодоления тревожных состояний, фобий, стрессовых реакций, аддиктивного поведения и нарушений социального восприятия. Исследователь получает возможность дозированно предъявлять стимулы, моделировать сложные контексты, отслеживать поведенческие и психофизиологические реакции в безопасных и воспроизводимых условиях и проверять гипотезы о том, как когнитивные оценки, эмоциональная регуляция и телесные отклики взаимодействуют при столкновении с триггерами.

В социальной психологии виртуальные среды и сетевые платформы позволяют моделировать групповую динамику, социальное влияние, конформизм, доверие, кооперацию, межгрупповые установки и эмпатию в условиях, где традиционный лабораторный эксперимент сталкивается с техническими или этическими ограничениями. Вместе с тем при интерпретации результатов виртуальных экспериментов важно учитывать специфику самой среды: эффекты присутствия, отличия телесной обратной связи и перцептивных подсказок от физического мира, а также возможное влияние новизны технологии на мотивацию и поведение участников.

Вычислительное моделирование, машинное обучение и переосмысление теории

Развитие вычислительных мощностей, методов анализа сложных систем, вероятностного моделирования и машинного обучения существенно повлияло не только на обработку эмпирических данных, но и на формулирование и проверку теоретических концепций в психологии. Вычислительные модели когнитивных и поведенческих процессов — такие как модели подкрепления и обучения, байесовские модели восприятия и принятия решений, сетевые модели психопатологии и агентные модели социального взаимодействия — позволяют формализовать теоретические утверждения в виде явных математических или алгоритмических механизмов и проверять их внутреннюю непротиворечивость и предсказательную силу.

Алгоритмы машинного обучения и анализа больших данных помогают выявлять сложные многомерные паттерны в поведенческих, речевых, физиологических и коммуникативных данных, которые трудно обнаружить классическими линейными методами. В ряде задач это способствует уточнению феноменологии психологических конструктов, выделению гетерогенных подтипов состояний или траекторий развития, а также проверке того, насколько хорошо теоретически выделенные переменные объясняют реальное поведение на больших и разнообразных выборках.

В то же время использование методов машинного обучения в изучении психологических концепций ставит ряд эпистемологических задач. Высокая прогностическая точность модели сама по себе не гарантирует содержательного объяснения психических механизмов, если модель опирается на косвенные признаки, смещения выборки или трудноинтерпретируемые комбинации переменных. Кроме того, чрезмерная зависимость от эмпирически выявленных корреляций без опоры на теоретическую модель способна приводить к размыванию границ между психологическими понятиями и техническими метриками, поэтому продуктивное развитие требует сочетания предиктивного моделирования с объяснительными теориями и строгой проверкой гипотез.

Цифровая среда как предмет и фактор формирования психологических конструктов

Цифровые технологии выступают не только как инструмент познания психики, но и как активный фактор, модифицирующий сами явления, которые изучают психологи. Постоянная включенность в цифровую коммуникацию, алгоритмические ленты рекомендаций, многозадачность, опосредованные экраном контакты и новые формы самопрезентации затрагивают концепции внимания и когнитивного контроля, памяти и внешней трансактивной памяти, эмоциональной регуляции, самооценки, идентичности, привязанности и социального капитала.

При изучении этих концепций исследователи сталкиваются с необходимостью различать устойчивые базовые механизмы психики и их ситуативную или культурно-историческую реализацию в цифровой среде. Например, стремление к социальному одобрению, социальное сравнение или формирование групповой сплоченности имеют глубокие эволюционные и социально-психологические корни, но в цифровых сетях приобретают новые формы за счет асинхронности, публичности, количественных индикаторов отклика и алгоритмического отбора контента.

Понимание того, как цифровые технологии одновременно служат исследовательским инструментом и изменяют исследуемый объект, помогает избегать как упрощенного технооптимизма, так и alarmist-редукционизма. Взвешенный подход предполагает рассмотрение цифровых практик как важного

экологического контекста развития и поведения, требующего уточнения понятийного аппарата и сопоставления онлайн- и офлайн-проявлений в жизни человека.

Методологические ограничения, этические стандарты и перспективы развития

Широкое применение цифровых технологий в исследовании психологических концепций сопряжено с рядом методологических и организационных трудностей. Непрерывный и масштабный сбор данных повышает требования к качеству предобработки, очистке от шумов и артефактов, работе с пропущенными наблюдениями, воспроизводимости аналитических пайплайнов и корректному выбору статистических моделей для иерархических, продольных и высокоразмерных данных. Кроме того, быстрая смена цифровых платформ, устройств и интерфейсов может приводить к тому, что измерительный инструмент устаревает или меняет свои свойства быстрее, чем завершается цикл научных исследований.

Особую значимость приобретают этические, правовые и конфиденциальные аспекты, поскольку цифровые следы и сенсорные данные способны раскрывать чувствительную информацию о психическом состоянии, привычках, социальных связях и уязвимостях человека, зачастую без полного осознания участником объема собираемых сведений. Соблюдение принципов информированного согласия, минимизации собираемых данных, надежного обезличивания и защиты информации, а также учет возможных психологических последствий обратной связи или цифрового мониторинга являются обязательным условием этически корректных исследований.

Перспективы развития области связаны с интеграцией цифровых методов с классическими экспериментальными, психофизиологическими и качественными подходами, созданием открытых стандартов валидации цифровых маркеров, развитием интерпретируемых и теоретически обоснованных вычислительных моделей, а также укреплением междисциплинарного сотрудничества между психологами, специалистами по анализу данных, инженерами и этиками. Такой синтез позволяет использовать технологические возможности цифровой эпохи для углубления фундаментального понимания психики и человека.

Заключение

Роль цифровых технологий в изучении психологических концепций состоит в существенном расширении эмпирических, экспериментальных и вычислительных возможностей психологической науки при одновременном обострении фундаментальных методологических и теоретических вопросов. Цифровые следы, экологическое оценивание в реальном времени, виртуальная реальность и вычислительное моделирование позволяют изучать психические

процессы в более естественных и управляемых условиях, отслеживать их динамику во времени и проверять теоретические модели на новых типах данных.

Вместе с тем подлинная научная ценность цифровых технологий в психологии достигается лишь тогда, когда они подчинены содержательной теории, проходят строгую валидацию, учитывают сложность и многозначность поведения и опираются на высокие этические стандарты. Сочетание технологической инновационности с методологической рефлексией и теоретической глубиной определяет перспективные направления развития современной психологии.

Литература

1. Зинченко Ю. П., Меньшикова Г. Я. Виртуальная реальность в психологии: методология и практика применения. — М.: МГУ, 2020. — 288 с.
2. Корнилова Т. В., Смирнов С. Д. Методологические основы психологии. — СПб.: Питер, 2020. — 320 с.
3. Войскунский А. Е. Психология и интернет. — М.: Акрополь, 2019. — 440 с.
4. Солдатова Г. У., Рассказова Е. И., Нестик Т. А. Цифровое общество: вызовы и риски для психологического благополучия. — М.: Смысл, 2020. — 368 с.
5. Уточкин И. С. Когнитивная психология: теории, эксперименты, модели. — М.: Изд. дом ВШЭ, 2021. — 412 с.
6. Бабаева Ю. Д., Войскунский А. Е. Психологические аспекты цифровизации и информационного общества. — М.: Когито-Центр, 2020. — 296 с.
7. Montag C., Elhai J. D. A new agenda for psychiatric neuroscience and psychology in the digital age. — Nature Reviews Psychology. — 2023. — Vol. 2, No. 8. — P. 475–488.
8. Harari L. et al. Using smartphones to collect behavioral data in psychological science: Opportunities, pitfalls, and guidelines. — Perspectives on Psychological Science. — 2020. — Vol. 15, No. 6. — P. 1320–1343.
9. Behavior Research Methods. — 2025. — Vol. 57, No. 2. — P. 1–22.
10. Psychological Methods. — 2026. — Vol. 31, No. 1. — P. 88–112.