

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО «ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ  
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»**



**Сборник научных трудов**

**XI Республиканской конференции  
молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения  
студентов, аспирантов, молодых ученых  
строительно-архитектурной отрасли» (25 апреля 2025 г.),  
Научных чтений «Актуальные проблемы материаловедения»  
(24 апреля 2025 г.)**

**Том 1: Фундаментальные науки**

Макеевка, 2025

Сборник научных трудов XI Республиканской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительно-архитектурной отрасли» (25 апреля 2025 г.), Научных чтений «Актуальные проблемы материаловедения» (24 апреля 2025 г.): В 3-х т. Т. 1: Фундаментальные науки. – Макеевка: ФГБОУ ВО «ДонНАСА», 2025. – 425 с.

Сборник содержит 64 научные работы участников XI Республиканской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительно-архитектурной отрасли» (25 апреля 2025 г.), Научных чтений «Актуальные проблемы материаловедения» (24 апреля 2025 г.).

УДК 5(063)

Печатается по решению Ученого совета ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», протокол №10 от 26.05.2025 г.

Сборник подготовлен по материалам XI Республиканской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительно-архитектурной отрасли» (25 апреля 2025 г.), Научных чтений «Актуальные проблемы материаловедения» (24 апреля 2025 г.).

**Редакционная коллегия:**

- Зайченко Н.М. – ректор академии, д.т.н., профессор;  
Мущанов В.Ф. – проректор по научной работе, д.т.н., профессор;  
Ковалев И.Н. – и.о. заведующего кафедрой высшей математики, к.ф.-м.н., доцент;  
Фролова С.А. – заведующий кафедрой физики и прикладной химии; к.х.н., доцент;  
Сельская И.В. – заведующий кафедрой автоматизации и электроснабжения в строительстве, к.х.н., доцент;  
Котова О.В. – и.о. заведующего кафедрой информационных систем и технологий, к.ф.-м.н.;  
Шажко Я.В. – заместитель директора по научной работе ФГБНУ «Институт физики горных процессов», к.т.н.

**Рецензенты:**

- Ковалев И.Н. – и.о. заведующего кафедрой высшей математики, к.ф.-м.н., доцент;  
Фролова С.А. – заведующий кафедрой физики и прикладной химии; к.х.н., доцент;  
Сельская И.В. – заведующий кафедрой автоматизации и электроснабжения в строительстве, к.х.н., доцент;  
Котова О.В. – и.о. заведующего кафедрой информационных систем и технологий, к.ф.-м.н.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### **СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» ..8**

Боковели Н. В., Чаплыгина Е.В. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ В УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКЕ.....	8
Власенко И.С., Машаров П.А. ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО: ВЫЧИСЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ФИГУРЫ .....	15
Шиленко И.С., Прокопенко Е.В. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА А/В-ТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОНВЕРСИИ	37
Бахтиярова А.М., Кудряшова П.С. Палёнов Е.В. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО В МАТЕМАТИКЕ .....	23
Чепурко А.Д., Чудина Е.Ю. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КУПОЛА, ОБРАЗОВАННОГО ГИПЕРБОЛИЧЕСКИМ ПАРАБОЛОИДОМ...	30
Каракича К. О., Симогин А. А. ТВОРЦЫ ПОБЕДЫ – ВКЛАД МАТЕМАТИКОВ В ЗАЩИТУ РОДИНЫ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ .....	45
Борисова В. Г., Гришина Ю. И. Палёнов Е.В. ТРАНСЦЕНДЕНТНЫЕ ЧИСЛА: ОТ ПЕРВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЛИУВИЛЛЯ ДО СОВРЕМЕННЫХ ГИПОТЕЗ В ТЕОРИИ ЧИСЕЛ .....	51
Гатауллин А.Ш., Бобров А.Ю. Палёнов Е.В. СОВЕРШЕННЫЕ ЧИСЛА: ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР И СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ В ТЕОРИИ ЧИСЕЛ .....	57
Ракипова В. Д., Симогин А. А. ПРОСТЫЕ И СОСТАВНЫЕ ЧИСЛА .....	63
Журбенко А.Н., Чудина Е.Ю. ГИПОТЕЗА ПУАНКАРЕ И ЕЁ ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ГРИГОРИЕМ ПЕРЕЛЬМАНОМ.....	69
Черных С. В., Симогин А. А. АЛГЕБРАИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ И ИХ ПРИЛОЖЕНИЯ В КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУКАХ .....	74
Высочин К.Ю., Осипова Л.В. ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСКОНЕЧНОМЕРНЫХ ГИЛЬБЕРТОВЫХ ПРОСТРАНСТВ .....	81
Гайнетдинов И.Р., Палёнов Е.В. ОТ ПЛАТОНА ДО ПЛАТО: ЯЧЕЙКИ С ПЛОСКИМИ И СЛЕГКА ИЗОГНУТЫМИ ГРАНЯМИ .....	88

Томашук А.И., Осипова Л.В. ЗОЛОТОЕ СЕЧЕНИЕ, МАТЕМАТИКА, СТРОИТЕЛЬСТВО: ГАРМОНИЧНАЯ СВЯЗЬ .....	93
Усачев С. А., Палёнов Е. В. ЧИСЛА ФИБОНАЧЧИ: МАТЕМАТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПРИЛОЖЕНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ .....	100
Билич В.В., Галибина Н.А. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ МАТЕМАТИКИ.....	105
Билич Д.В., Галибина Н.А. БИОГРАФИЯ АРХИМЕДА.....	112
Седых А.А., Прокопенко Е.В. РОЛЬ ТЕСТИРОВАНИЯ В ДИСТАНЦИОННОМ ОБРАЗОВАНИИ.....	117
Романова Д. Р., Табанюхова М. В. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ FDM (FUSED DEPOSITION MODELING) 3D-ПЕЧАТИ: СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ДЕФЕКТОВ И ПУТИ ИХ УСТРАНЕНИЯ .....	126
Сафаров И.О., Тамиров А.А. ПОСТРОЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ КАРТЫ СЕТИ НА ОСНОВЕ ПРОТОКОЛОВ LLDP И CDP.....	133
Кириченко И.П., Прокопенко Е.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ.....	140
Воробьева Е. Г., Ларин Д. В. Коваленко Т.А. ТРЕНДЫ И БУДУЩИЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ДИЗАЙНЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ ...	150
Есин А.А., Тамиров А.А. ВЛИЯНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ НА СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ.....	158
Костров И.Д., Тамиров А.А. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ДРОНЫ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРИМЕНЕНИЕ.....	163
Сафаров И.О., Тамиров А.А. РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «INVEST MOB» ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЯМ С ПОМОЩЬЮ ГЕЙМИФИКАЦИИ.....	168
Стогний Б.В., Авдюшина Е.В. РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ-МЕССЕНДЖЕРА ДЛЯ ДЕЛОВОГО ОБЩЕНИЯ С ИИ-ПОМОЩНИКОМ ....	173
Журбенко А.Н., Номбре С.Б. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ – ЛИЧНЫЙ ПОМОЩНИК ЭКОНОМИСТА.....	180
Кулик С.В., Жмыхова Т.В. СТАТИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ: ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....	185

Байрамов А.Ш., Хабибуллина К.А., Палёнов Е.В. ФОРМУЛЫ КРЕАТИВНОСТИ: КАК С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИКИ ГЕНЕРИРОВАТЬ БОЛЬШЕ ИДЕЙ .....	190
<b>СЕКЦИЯ «ФИЗИКА И ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ».....</b>	<b>200</b>
Гриценко Н. Е., Малашенко В.В. ДИНАМИЧЕСКИЙ ПРЕДЕЛ ТЕКУЧЕСТИ СПЛАВА С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ПРИМЕСИ.....	200
Сорокин А.С., Малашенко Т.И. ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ СПЛАВОВ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ НАГРУЗОК .....	205
Колесникова Д.А., Покинтелица Е.А. ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАНИЙ ПОЧВЫ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ .....	209
Сахно М.В., Покинтелица Е.А. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗВУКОВЫХ ВОЛН В ГИТАРАХ.....	218
Иванисов Н.С., Покинтелица Е.А. ИЗМЕРЕНИЕ НЕИЗВЕСТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МОСТА УИТСТОНА.....	225
Свежинцев К.Л., Покинтелица Е.А. АВИАЦИЯ И БАЛЛИСТИКА: КАК НАУКА ПОВЫШАЛА ТОЧНОСТЬ ОРУЖИЯ В 1941-1945 ГГ. ....	231
Штах А.А., Олиниченко А.А., Андриянова Е.Е., Соболев О.В. ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ЖИВОТНЫЙ МИР ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ .....	235
Науменко А.М., Самойлова Е.Э. РАЗРАБОТКА РАЗРЕШЕНИЙ НА ВЫБРОСЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ КИРПИЧНОГО ЗАВОДА .....	246
Стояк Д.И., Лошакова В.М. МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОНЕТ .....	251
Дворцевая В.В., Самойлова Е.Э. РАДИОИЗОТОПНЫЕ ПРИБОРЫ НА ТЕРРИТОРИИ ДОНБАССА: ПРИМЕНЕНИЕ И РАДИАЦИОННЫЕ РИСКИ .....	267
Ишуткин Д.В., Покинтелица Е.А. МНИМАЯ ОПАСНОСТЬ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И НАСТОЯЩАЯ ПРОБЛЕМА ЗЕЛЁНОЙ.....	257
Алфёрова В.Н., Лошакова В.М. ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ.....	262

Линник В.В., Соболев О.В. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ТЕЛА И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ .....	267
Билич В.В., Билич Д.В. Лошакова В.М. ТЕПЛОВАЯ СМЕРТЬ ВСЕЛЕННОЙ.....	276
Дворцевая В.В., Самойлова Е.Э. РАДИОИЗОТОПНЫЕ ПРИБОРЫ НА ТЕРРИТОРИИ ДОНБАССА: ПРИМЕНЕНИЕ И РАДИАЦИОННЫЕ РИСКИ	283
Володченко А.В., Покинтелица Е.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАКОНОВ ГЕОМЕТРИИ В ФИЗИКЕ .....	287
Андриянова Е.Е., Ташкинов Ю.А. КИСЛОТНЫЕ ДОЖДИ.....	291
Клюк Д.Э., Соболев О.В. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ПОДГОТОВКА ВОДЫ.....	299
Шевченко С.В., Самойлова Е.Э. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....	307
Канельский А.А., Покинтелица Е.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОТРЕБЛЕНИЯ ГАЗА, БЕНЗИНА, ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА И ЭЛЕКТРОКАРОВ: ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ЯВЛЕНИЯ.....	316
Голованова Н.А., Ташкинов Ю.А. БИОГАЗ КАК АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ТОПЛИВО.....	320
Лакиза А.В., Самойлова Е.Э. ПРАКТИЧЕСКАЯ АГРОХИМИЯ И ЕЁ ПОДХОДЫ К ПРИМЕНЕНИЮ УДОБРЕНИЙ .....	328
Рябуха Д.М., Самойлова Е.Э. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЧВОПОКРОВНЫХ РАСТЕНИЙ НА ОБЪЕКТАХ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ .....	333
Чирва А.В., Самойлова Е.Э. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НИТРАТНОГО АЗОТА В СИСТЕМАХ ПОЧВА - РАСТЕНИЯ И ПОЧВА - ВОДНАЯ СРЕДА.....	339
<b>СЕКЦИЯ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ» .....</b>	<b>346</b>
Шакиров Д.Ю., Фролова С.А. АНАЛИЗ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ $INVI$ И $IN_2VI$ В КВАЗИРАВНОВЕСНЫХ И НЕРАВНОВЕСНЫХ УСЛОВИЯХ.....	346
Покинтелица Е.А. ТЕРМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ПЕРЕОХЛАЖДЕННЫХ РАСПЛАВОВ .....	356

Швырев Н.Д., Покинтелица Е.А. ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ РАСПЛАВА ДИБЕНЗИЛА С ПОМОЩЬЮ ОПТИЧЕСКОГО МИКРОСКОПА .....	364
Бондаревская М.А., Соболев О.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОДЫ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ГОРОДА МАКЕЕВКИ .....	370
Шакиров Д.Ю., Фролова С.А. ЗАВИСИМОСТЬ МОЩНОСТИ И РЕСУРСА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ОТ КАЧЕСТВА ОТПЛИВА .....	380
Прищепов Н.А., Фролова С.А. НОВЫЕ КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ....	387
Губский Д.О., Василев Р.В. Соболев О.В. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ПОИСК ПО ТЕМЕ АНТИГОЛОЛЕДНЫЕ РЕАГЕНТЫ (АГР) .....	391
Боровиков И.Р., Фролова С.А. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСОВ ДВС .....	396
Рыбкина В.Д., Покинтелица Е.А. ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ .....	403
<b>СЕКЦИЯ «АВТОМАТИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ» .....</b>	<b>407</b>
Сельский П.В., Бойко Е.В., Сельская И.В., Сельская В.В. АВТОМАТИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА И ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....	407
Штах А.А., Заикина А.Г. ВЛИЯНИЕ ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ЭКОЛОГИЮ .....	414
Неделяев Е.А., Волчков А.Н. СИСТЕМА ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ И ОХРАНЫ В «УМНОМ ДОМЕ» .....	420

# СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»



УДК 51-7

Боковели Н. В.,  
студ. группы 21ММ, ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»  
Научный руководитель: к.ф.-м.н., доц. Чаплыгина Е.В.,  
заведующий кафедрой математического анализа и  
методики обучения математике  
ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»

## ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ В УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКЕ

*Аннотация.* Рассмотрено применение преобразования Фурье для анализа спектра сигнала.

*Ключевые слова:* преобразование Фурье, доплеровский анализ, демодуляция, ультразвуковая диагностика.

**Введение.** Преобразование Фурье играет ключевую роль в медицинской визуализации, позволяя переводить сигналы из временной области в частотную. Сигналы регистрируются во временной области как последовательности отсчетов интенсивности во времени. Их частотное представление, полученное с помощью преобразования Фурье, дает ключевые преимущества, так как биологические ткани по-разному влияют на сигнал (затухание, рассеяние, отражение), что проявляется в изменении его частотного спектра. Так же переход в частотную область позволяет отделить информативные частоты (например, отраженный ультразвук) от артефактов и шумов (например, случайные колебания или наводки оборудования). Это особенно важно в ультразвуковой диагностике и МРТ, где анализ спектра помогает выделять диагностически значимые параметры из сложных волновых сигналов.



**Постановка задачи.** Будем рассматривать режим доплерографии для оценки кровотока и выявления тромбов. В ультразвуковой диагностике сосудов ключевой задачей является точное обнаружение тромбов, которые нарушают нормальный кровоток и могут приводить к серьезным осложнениям. Для этого необходимо анализировать доплеровский сигнал, отраженный от движущихся эритроцитов, и выявлять аномалии в его спектральных характеристиках. В данной работе ставится задача применения преобразования Фурье для частотного анализа ультразвуковых сигналов с целью выделения доплеровского сдвига, связанного со скоростью кровотока и определения спектральных особенностей, указывающих на наличие тромбов (турбулентность, изменение амплитуды и ширины спектра).

**Методология исследования.** Процесс ультразвукового исследования сосудов производится в несколько этапов. На этапе генерации и приёма ультразвукового сигнала УЗИ-аппарат излучает короткие импульсы ультразвука, обычно 2-10 МГц, в ткань. Отраженный сигнал – эхо содержит информацию о движении крови и структуре сосудов. Исходный ультразвуковой сигнал, генерируемый датчиком, может быть представлен в виде гармонического колебания с модулированной амплитудой и фазой

$$s(t) = A(t) \cos(2\pi f_0 t + \varphi(t)),$$

где  $A(t)$  – амплитуда,  $f_0$  – центральная частота датчика,  $\varphi(t)$  – фаза [1]. Отраженный сигнал  $r(t)$  представляет собой суперпозицию ультразвуковых волн, рассеянных движущимися эритроцитами и неподвижными тканями. В общем виде он может быть выражен как

$$r(t) = \sum_k A_k(t) \cos(2\pi(f_0 + f_{d,k})t + \varphi_k(t)) + n(t),$$

где  $A_k(t)$  – амплитуда сигнала, отражённого от  $k$ -го рассеивателя,  $f_{d,k} = \frac{2v_k f_0 \cos \theta}{c}$  – доплеровский сдвиг частоты, обусловленный скоростью  $v_k$  кровотока,  $\theta$  – угол между направлением УЗ-луча и вектором скорости,  $c$  – скорость звука в ткани,  $\varphi_k(t)$  – фазовая задержка, связанная с положением

рассеивателей,  $n(t)$  – аддитивный шум, включающий тепловые и аппаратные помехи. В случае наличия тромба спектральные характеристики  $r(t)$ , изменяются из-за нарушения ламинарного течения крови, что проявляется в расширении доплеровского спектра и появлении низкочастотных компонент, обусловленных турбулентностью. Для участков с тромбозом амплитудные и частотные параметры  $A_k(t)$  и  $f_{d,k}$  существенно отличаются от нормы, что позволяет выделить зоны патологии при спектральном анализе.

Целью следующего этапа демодуляции и выделения доплеровского сдвига является преобразование высокочастотного отражённого сигнала  $r(t)$  в низкочастотный комплексный сигнал  $z(t)$ , удобного для спектрального анализа. Для этого применяется квадратурная демодуляция, позволяющая выделить доплеровский сдвиг частоты  $f_{d,k}$ , обусловленный движением эритроцитов. Она сохраняет информацию о направлении потока (знак  $f_{d,k}$ ) и устраняет избыточные высокие частоты. Сигнал  $z(t)$  смешивается с гармоническими опорными колебаниями несущей частоты  $f_0$

$$\begin{cases} I(t) = r(t) \cos(2\pi f_0 t), \\ Q(t) = r(t) \sin(2\pi f_0 t). \end{cases}$$

После умножения сигналы пропускаются через ФНЧ для устранения высокочастотных компонент  $2f_0$

$$\begin{cases} I_{LP}(t) = \frac{A_k(t)}{2} \cos(2\pi f_{d,k} t + \varphi(t)), \\ Q_{LP}(t) = \frac{A_k(t)}{2} \sin(2\pi f_{d,k} t + \varphi(t)). \end{cases}$$

В области тромба возникает турбулентный поток, что приводит к уширению спектра  $f_{d,k}$ . [2] Частичная окклюзия сосуда проявляется снижением амплитуды  $A_k(t)$  в поражённой зоне. В результате описанной процедуры демодуляции и фильтрации формируется комплексный доплеровский сигнал  $z(t)$ , который содержит всю необходимую информацию о движении крови и патологических изменениях:

$$z(t) = I_{LP}(t) + iQ_{LP}(t) = \frac{A(t)}{2} e^{i(2\pi f_d t + \varphi(t))},$$

где действительная часть  $I_{LP}(t)$  отражает косинусную составляющую доплеровского сдвига, мнимая часть  $Q_{LP}(t)$  соответствует синусной составляющей, амплитуда характеризует интенсивность обратного рассеяния от крови, фаза несёт информацию о микроструктуре потока. Рассмотрение спектральных параметров позволяет сделать вывод, что при нормальном кровотоке спектр  $z(t)$  узкий и симметричный, а при наличии тромба появляются низкочастотные компоненты, спектр уширяется и его форма становится ассиметричной. Так же характерны амплитудные изменения – в зоне тромбоза амплитуда  $A(t)$  снижается из-за уменьшения количества движущихся эритроцитов. Фазовые искажения характеризуются неоднородностью потока, происходят хаотические изменения фазы  $\varphi(t)$ .

Для определения скоростей кровотока и выявления патологий применяется дискретное преобразование Фурье (ДПФ) к комплексному доплеровскому сигналу  $z(t)$ . Этот этап позволяет перейти от временного представления сигнала к частотному, где доплеровский сдвиг  $f_d$  становится явно видимым. Сигнал  $z(t)$  дискретизируется с частотой  $f_s$ , образуя последовательность отсчётов  $z[n], n = 0, 1, \dots, N - 1$ . ДПФ вычисляется по формуле:

$$Z[k] = \sum_{n=0}^{N-1} z[n] e^{-i \frac{2\pi}{N} kn}, n = 0, 1, \dots, N - 1,$$

где  $Z[k]$  – комплексный спектр на частоте,  $f_k = \frac{k f_s}{N}$ ,  $N$  – размер окна анализа,  $k$  – индекс частотной составляющей. Далее рассматривается спектр мощности  $P[k] = |Z[k]|$  и ключевые параметры: средняя скорость кровотока  $f_{mean}$ , ширина спектра и амплитуда спектра. Средняя частота доплеровского сдвига вычисляется как центр масс спектра мощности:

$$f_{mean} = \frac{\sum_{k=0}^{N-1} P[k] f_k}{\sum_{k=0}^{N-1} P[k]}.$$

Средняя скорость крови (в м/с) определяется через доплеровский сдвиг:

$$v_{mean} = \frac{f_{mean} c}{2 f_0 \cos \theta},$$

где  $c$  – скорость звука в ткани ( $\sim 1540$  м/с),  $\theta$  – угол между УЗ-лучом и направлением потока. Снижение  $v_{mean}$  свидетельствует о замедлении кровотока в зоне тромба. Мера турбулентности потока – стандартное отклонение частот в спектре интерпретируется так: в норме (ламинарный поток)  $\Delta f$  мала, так как эритроциты движутся с близкими скоростями, создавая узкий симметричный спектр. При тромбозе  $\Delta f$  увеличивается из-за турбулентности – неоднородное движение крови вокруг тромба создает широкий разброс частот, отражений от неподвижных структур – тромб и поврежденная стенка сосуда добавляют низкочастотные компоненты ( $f \approx 0$  Гц) и асимметрии потока – возникают дополнительные высокочастотные гармоники [2].

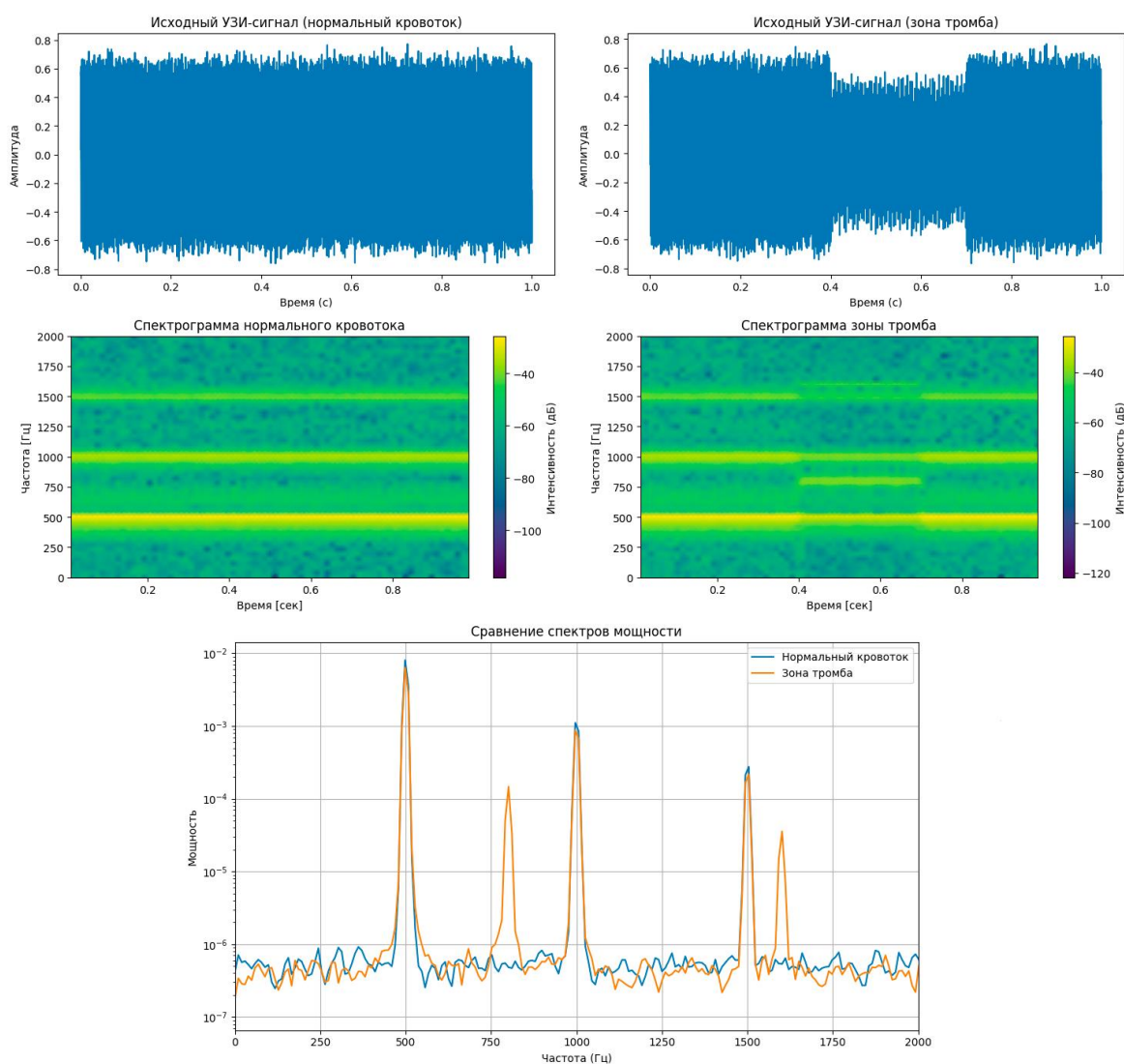


Рисунок 1. Сравнение ультразвуковых сигналов нормального кровотока и области с тромбом

На графике (рис. 1) мы видим сравнение ультразвуковых сигналов нормального кровотока и области с тромбом. Временные графики демонстрируют изменение амплитуды сигнала: нормальный кровоток имеет более выраженные и регулярные колебания, тогда как в зоне тромба амплитуда снижена и наблюдаются искажения формы сигнала. Спектрограммы показывают распределение частот во времени: для нормального кровотока преобладают частоты около 500 Гц с гармониками, в то время как в области тромба спектр смещен в сторону более высоких частот (около 800 Гц), что характерно для измененной гемодинамики. Сравнение спектров мощности подтверждает этот частотный сдвиг: пик мощности при тромбе расположен выше по частоте и имеет меньшую амплитуду по сравнению с нормальным кровотоком. Эти различия в спектральных характеристиках позволяют идентифицировать наличие тромба по изменению частотного состава ультразвукового сигнала.

**Выводы.** Преобразование Фурье является ключевым математическим инструментом в ультразвуковой диагностике, особенно при анализе кровотока и выявлении патологий (тромбов, стенозов). Его применение позволяет проводить спектральный анализ доплеровских сигналов, что, в свою очередь, выявляет турбулентности и аномалии, например, уширение спектра при тромбозе. Таким образом преобразование Фурье обеспечивает высокую точность диагностики.

### Литература

1. Самарский, А. А. Уравнения математической физики / А.А. Самарский, А. Н. Тихонов. – Изд. 5-е, стереотип. – Москва: Наука, 1977. – 734 с.
2. Калинин М.Т. Цифровая обработка ультразвуковых изображений: компьютерный лабораторный практикум / М. Т. Калинин, Ю. П. Маслобоев, М.Н. Рычагов; М-во образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский ун-т «МИЭТ». – Москва: МИЭТ, 2011. – 88 с.

**Боковели Наталья Владимировна**, студентка группы 21ММ, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», 302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, д. 95.

e-mail: [nv8657@mail.ru](mailto:nv8657@mail.ru).

Научный руководитель:

**Чаплыгина Елена Викторовна**, к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой математического анализа и методики обучения математике, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», 302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, д. 95.

e-mail: [lena260581@yandex.ru](mailto:lena260581@yandex.ru).

## **FOURIER TRANSFORMATION IN ULTRASONIC DIAGNOSTICS**

*Annotation.* The application of the Fourier transforms to signal spectrum analysis is considered.

*Keywords:* Fourier transform, Doppler analysis, demodulation, ultrasound diagnostics.

**Bokoveli Natalia Vladimirovna**, student of the 21MM, Federal State Budgetary Institution of Higher Education "Oryol State University named after I.S. Turgenev", 302026, Oryol, Komsomolskaya str., 95.

Scientific supervisor:

**Chaplygina Elena Viktorovna**, Ph.D. in Physics and Mathematics, Associate Professor, Head of the Department of Mathematical Analysis and Methods of Teaching Mathematics, Federal State Budgetary Institution of Higher Education "Oryol State University named after I.S. Turgenev", 302026, Oryol, Komsomolskaya str., 95.



УДК 519.245

Власенко И.С.,

студ. группы 101602 МТ-А, ФГБОУ ВО «ДонГУ»

Научный руководитель: к.ф.-м.н. Машаров П.А.,  
проректор, доцент кафедры математического анализа и  
дифференциальных уравнений, ФГБОУ ВО «ДонГУ»

## **ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО: ВЫЧИСЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ФИГУРЫ**

*Аннотация.* В данной статье рассматривается применение метода Монте-Карло для приближенного вычисления площади фигур сложной формы. Представлено описание алгоритма и его реализация на языке JavaScript. Также рассматривается анализ зависимости точности вычислений от количества случайных точек.

*Ключевые слова:* Метод Монте-Карло, численное интегрирование, площадь, неправильная фигура, случайные числа, JavaScript.

**Введение.** На практике часто встречаются задачи, которые невозможно решить аналитически из-за сложности уравнений или неправильной формы объектов. Численные методы, такие как метод Монте-Карло, приходят на помощь, предлагая эффективные способы приближенного решения.

**Актуальность** темы обусловлена широким применением численных методов в различных областях науки и техники, где требуется оценка интегралов в многомерных пространствах или площадей/объемов сложных объектов.

**Постановка задачи.** В рамках данной статьи рассматривается задача вычисления площади плоской фигуры, в частности, единичного круга, методом Монте-Карло.

**Цель:** продемонстрировать эффективность и универсальность метода, а также показать простоту его реализации на языке JavaScript. Для этого необходимо:

1. реализовать алгоритм метода Монте-Карло для вычисления площади;
2. применить алгоритм к единичному кругу;
3. оценить точность вычислений в зависимости от количества используемых случайных точек;
4. визуализировать процесс вычислений.

Математически это можно выразить следующим образом: *Площадь фигуры  $\approx$  (Количество точек внутри фигуры / Общее количество точек) \* Площадь ограничивающей фигуры.*

#### **Алгоритм вычисления площади методом Монте-Карло**

1. Определить границы фигуры, площадь которой нужно вычислить.
2. Задать ограничивающую фигуру с известной площадью (например, прямоугольник), которая полностью содержит искомую фигуру.
3. Сгенерировать N случайных точек внутри ограничивающей фигуры.
4. Для каждой точки проверить, находится ли она внутри искомой фигуры.
5. Подсчитать количество точек M, попавших внутрь фигуры.
6. Вычислить приближенное значение площади по формуле: *Площадь  $\approx$  (M / N) \* Площадь ограничивающей фигуры.*

#### **Описание кода:**

• *isInsideFigure(x, y)*: ключевым элементом, определяющим универсальность кода, является эта функция. Она проверяет, находится ли точка с координатами (x, y) внутри фигуры. Чтобы применить код к другой фигуре, достаточно изменить только эту функцию. Остальной код остается неизменным;

• *monteCarloArea(numPoints)*: эта функция реализует метод Монте-Карло;

- *numPoints*: количество случайных точек, которые будут сгенерированы;
- *xMin, xMax, yMin, yMax*: определяют границы ограничивающего квадрата;

◦ *numInside*: счетчик точек, которые попали внутрь фигуры;



- Цикл *for*: генерирует случайные координаты  $x$  и  $y$  для каждой точки;
  - *squareArea*: вычисляет площадь ограничивающего квадрата;
  - *area*: вычисляет приближенную площадь фигуры по формуле Монте-Карло.
- Основная часть (*function(){ ... }()*):
    - *numPoints = 10000*: задает количество случайных точек для вычисления площади;
    - *area = monteCarloArea(numPoints)*: вызывает функцию для вычисления площади;
    - *console.log(...)*: выводит результаты (приближенную и точную площадь) в консоль.

Наблюдения, полученные в результате экспериментов с различными значениями параметра *numPoints*, подтверждают теоретические основы метода Монте-Карло. Сравнительный анализ визуализаций, полученных при *numPoints = 10000* (рис. 2) и *numPoints = 100000* (рис. 1), наглядно демонстрирует существенное повышение точности приближенного вычисления площади при увеличении количества случайно генерируемых точек. Это свидетельствует о том, что с ростом *numPoints* статистическая выборка становится более репрезентативной, что приводит к уменьшению погрешности и более достоверной оценке площади исследуемой фигуры.

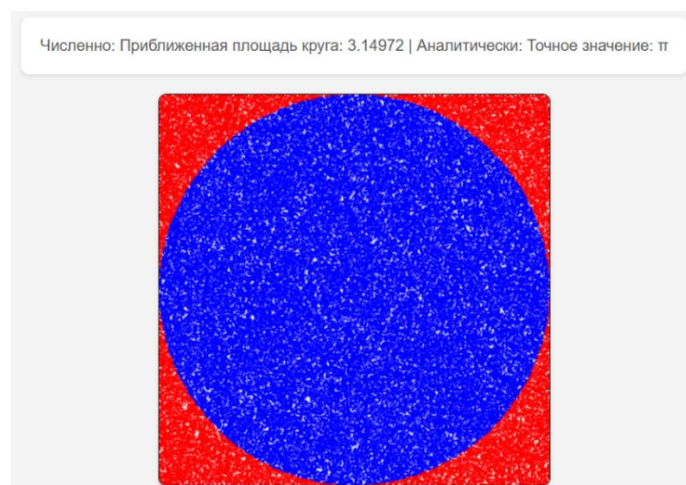


Рис. 2. Площадь при значении *numPoints = 100000*



Рис. 3. Площадь при значении numPoints = 10000

Представленный далее код, разработанный на языке JavaScript, представляет собой практическую реализацию метода Монте-Карло, предназначенную для приближенного вычисления площади заданной фигуры. Данный подход, опирающийся на генерацию случайных чисел и статистическую оценку, позволяет эффективно решать задачи, для которых традиционные аналитические методы оказываются затруднительными или неприменимыми.

```
function isInsideFigure(x, y) {
    return x * x + y * y <= 1;
}

function monteCarlo() {
    const numPoints = 100000;
    const xMin = -1, xMax = 1, yMin = -1, yMax = 1,
    scale = 200;
    const delX = xMax - xMin, delY = yMax - yMin;
    let numInside = 0;
    const can = document.getElementById("mCa");
    const ctx = can.getContext("2d");
    ctx.clearRect(0, 0, can.width, can.height);
    for (let i = 0; i < numPoints; i++) {
        const x = xMin + Math.random() * delX;
        const y = yMin + Math.random() * delY;
        ctx.beginPath();
        ctx.arc(x * scale + 200, y * scale + 200, 1,
        0, 2 * Math.PI);
        if (isInsideFigure(x, y)) {
            ctx.fillStyle = "blue";
            numInside++;
        } else {
            ctx.fillStyle = "red";
        }
        ctx.fill();
    }
    const squareArea = delX * delY;
    const area = (numInside / numPoints) *
    squareArea;
    const approximateArea = "Приближенная площадь
    круга: " + area.toFixed(5);
    const exactArea = "Точное значение:
    &pi;&approx;" + Math.PI.toFixed(5);
    const resultDiv =
    document.getElementById("res");
    if (resultDiv) {
        resultDiv.innerHTML = "Численно: " +
        approximateArea + " | Аналитически: " +
        exactArea;
    } else {
        console.warn(
        "Элемент с id 'result' не найден в HTML. Вывод
        только в консоль.");
    }
}

monteCarlo();
```

Для улучшения визуализации и обеспечения более интуитивно понятного представления результатов работы алгоритма, были разработаны дополнительные элементы: HTML-файл, структурирующий контент и обеспечивающий взаимодействие с пользователем, а также стили CSS, предназначенные для оформления информации и повышения удобочитаемости полученных данных. Данный подход направлен на облегчение интерпретации результатов и улучшение общего восприятия работы метода Монте-Карло.

```
<style>
body {
font-family: sans-serif;
display: flex;
flex-direction: column;
align-items: center;
justify-content: center;
min-height: 100vh;
margin: 0;
background-color: #f4f4f4;
}
#res {
background-color: #fff;
padding: 20px;
border-radius: 8px;
box-shadow: 0 2px 4px rgba(0, 0, 0, 0.1);
margin-bottom: 20px;
text-align: center;
font-size: 16px;
color: #555;
}
canvas {
border: 1px solid #000000;
box-shadow: 0 2px 4px rgba(0, 0, 0, 0.1);
border-radius: 8px;
}
</style>

<body>
<div id="res"></div>
<canvas id="mCa" width="400" height="400"></canvas>
</body>
```

**Результаты.** В результате выполнения кода, представленного выше, была получена приближенная площадь единичного круга. При использовании 10000 случайных точек, точность вычислений составила несколько знаков после запятой. Было отмечено, что увеличение количества случайных точек ведет к повышению точности, приближая полученное значение к истинному значению площади круга ( $\pi$ ). Таким образом, метод Монте-Карло продемонстрировал свою работоспособность и способность приближать значение площади заданной фигуры. Была также отмечена зависимость точности от количества итераций (случайных точек) – чем больше точек, тем точнее результат.

Для получения статистически значимых результатов и более обоснованного вывода о влиянии количества точек на точность метода Монте-

Карло, необходимо провести серию экспериментов с каждым значением  $numPoints = 1000$  несколько раз (табл. 1).

Таблица 1. Относительная и абсолютная погрешность при увеличении количества точек при вычислении площади методом Монте-Карло

№ п/п	numPoints	Площадь	Абс. погрешность	Отн. погрешность (%)
1	1000	3,0920	0,0496	1,5786
2	1100	3,1600	0,0184	0,5859
3	1200	3,1300	0,0116	0,3690
4	1300	3,1550	0,0134	0,4268
5	1400	3,1370	0,0046	0,1462
6	1500	3,1480	0,0064	0,2040
7	1600	3,1390	0,0026	0,0825
8	1700	3,1430	0,0014	0,0448
9	1800	3,1400	0,0016	0,0507
10	1900	3,1425	0,0009	0,0289

**Выводы.** Метод Монте-Карло является мощным и универсальным инструментом для решения задач. Универсальность метода обусловлена возможностью его применения к фигурам произвольной формы, при условии, что существует способ определить принадлежность точки данной фигуре. Он может быть адаптирован для вычисления объемов сложных тел и оценки многомерных интегралов.

### Литература

1. Ермаков, С.М. Метод Монте-Карло и смежные вопросы / С.М. Ермаков. – Москва: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1971. – 327 с.
2. Зудилова, Т. В. Web-программирование JavaScript / Т.В. Зудилова, М. Л. Буркова. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2014. – 68 с.
3. Кингсли, Х. Э. JavaScript в примерах: учебное пособие / Х. Э. Кингсли, Х. К. Кингсли. – Москва: ДМК Пресс, 2014. – 272 с.

4. Михайлов, Г. А. Некоторые вопросы теории методов Монте-Карло / Г.А. Михайлов. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1974. – 141 с.
5. Ратбон, Э. JavaScript для чайников / Э. Ратбон. – К.: Диалектика, 2015. – 278 с.
6. Соболев, И.М. Метод Монте-Карло / И.М. Соболев. – Москва: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1978. – 62 с.

**Власенко Илона Сергеевна**, студентка группы 101602 МТ-А, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий государственный университет», 283001, г. Донецк, ул. Университетская, 24.

e-mail: [ilona\\_vlaskina02@mail.ru](mailto:ilona_vlaskina02@mail.ru).

Научный руководитель:

**Машаров Павел Анатольевич**, к.ф.-м.н., проректор, доцент кафедры математического анализа и дифференциальных уравнений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий государственный университет», 283001, г. Донецк, ул. Университетская, 24.

e-mail: [p.masharov.dongu@mail.ru](mailto:p.masharov.dongu@mail.ru).

## NUMERICAL INTEGRATION BY THE MONTE CARLO METHOD: CALCULATING THE AREA OF A SHAPE

*Annotation:* This article discusses the application of the Monte Carlo method for approximate calculation of the area of complex shapes. The description of the algorithm and its implementation in JavaScript are presented. The analysis of the dependence of the accuracy of calculations on the number of random points is also considered.

*Keywords:* Monte Carlo method, numerical integration, area, irregular shape, random numbers, JavaScript.

**Vlasenko Iona Sergeevna**, student of the 101602 group, Donetsk State University, 283001, Donetsk, Universitetskaya str., 24.

Scientific supervisor:

**Masharov Pavel Anatolyevich**, Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Vice-Rector, Associate Professor of the Department of Mathematical Analysis and Differential Equations, Donetsk State University, 283001, Donetsk, Universitetskaya str., 24.





УДК 51-7

Бахтиярова А.М.,

Кудряшова П.С.,

студ. группы 6201, ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева»

Научный руководитель: Палёнов Е.В.,

ст. преподаватель кафедры цифровой экономики

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева»

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО В МАТЕМАТИКЕ**

*Аннотация.* Статья посвящена исследованию методов Монте-Карло и их применению в математике и информационных технологиях. Рассмотрены основные принципы этих методов, включая генерацию случайных чисел, оценку искомых величин и статистическую обработку данных. Особое внимание уделяется применению методов Монте-Карло в численном интегрировании, симуляции случайных процессов и оптимизации. В статье анализируется эффективность данных методов в сравнении с традиционными подходами, а также обсуждаются перспективные направления их развития, такие как интеграция с технологиями машинного обучения и создание гибридных алгоритмов.

*Ключевые слова:* Методы Монте-Карло, численное интегрирование, случайные процессы, стохастическая оптимизация, генерация случайных чисел, машинное обучение, многомерные пространства, вычислительная математика.

**Введение.** Методы Монте-Карло представляют собой обширный класс статистических методов, которые используют случайные числа для решения разнообразных математических и численных задач. Основная идея заключается в том, чтобы приближенно вычислить значения для сложных математических формул или оценить вероятности различных событий путем генерации

случайных выборок из заданных распределений. Эти подходы особенно эффективны в случаях, когда традиционные аналитические методы оказываются неэффективными или вообще невозможными.

Актуальность применения методов Монте-Карло в современных исследованиях обусловлена постоянно растущей сложностью научных и практических задач. В условиях увеличения объема данных и необходимости анализа многомерных систем эти методы демонстрируют свою особую ценность. Они находят применение в самых различных областях – от финансовой математики и физики до биологии и инженерных расчетов, предоставляя исследователям сильный инструмент для численных экспериментов, оценки рисков и моделирования сложных процессов.

**Постановка задачи:**

1. изучить теоретические основы методов Монте-Карло;
2. проанализировать их эффективность в сравнении с традиционными методами;
3. выявить перспективные направления развития этих методов.

**Общие принципы методов Монте-Карло.** Существует несколько основных шагов в реализации методов Монте-Карло. На первом этапе важно определить цель симуляции или вычисления, а также выбрать ресурсы из соответствующего распределения. Часто требуется генерация случайных чисел, которые можно преобразовать в нужные значения с помощью обратных функций распределения или других численных методов. Это позволяет создавать репрезентативные выборки, которые служат основой для дальнейшего анализа.

Следующий шаг заключается в оценке искомой величины, для которой требуются результаты. Для этого на основе случайных выборок выполняются необходимые вычисления. Например, если необходимо оценить среднее значение некоторой функции, то следует усреднить результаты, полученные на основе полученных выборок. Статистическая обработка полученных данных включает определение доверительных интервалов, коэффициентов вариации и



других характеристик, что позволяет сделать вывод о точности и надежности результатов.

### *Применение в численном интегрировании*

Для применения метода Монте-Карло в численном интегрировании важно правильно выбирать распределение, по которому производится генерация случайных чисел. Для вычисления сложных интегралов используется аппроксимация:

$$\int_a^b f(x)dx \approx (b - a) \times \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f(x_i).$$

Если для одномерных интегралов достаточно равномерного распределения, то для более сложных функций может потребоваться использование более сложных схем, таких как методы важнейшей выборки. Это позволяет сосредоточить вычисления на тех участках пространства, где функция имеет значительное значение, что, в свою очередь, увеличивает точность приближения интеграла.

В практическом применении важно учитывать, что с увеличением числа выборок точность оценки интеграла улучшаться. Однако с точки зрения вычислительных ресурсов возникает компромисс, так как каждое новое приближение требует дополнительных вычислительных мощностей. Расчетный бюджет и время выполнения часто становятся критическими факторами в больших проектах, что делает выбор методов оптимизации и эмуляции на основе Монте-Карло столь важным.

### *Симуляция случайных процессов*

Основная идея заключается в использовании случайных выборок для оценки вероятностных характеристик этих процессов. В отличие от детерминированных моделей, случайные процессы учитывают уровень неопределенности и случайности, присутствующий в реальных системах.

Одним из наиболее распространенных примеров симуляции случайных процессов является броуновское движение, которое отражает колебания частиц в жидкости и газах. Для моделирования такого процесса может быть использован

метод Монте-Карло, при котором случайные траектории частиц генерируются на основе заранее заданных вероятностных распределений. Эффективность метода заключается в его способности исследовать большое количество возможных исходов и демонстрировать статистическую значимость, которая может быть полезной для прогнозирования и анализа.

#### *Оптимизация с использованием методов Монте-Карло*

Оптимизация является важной задачей в различных областях знаний, включая математику, экономику, инженерию и многое другое. В современных задачах оптимизации нередко возникают ситуации, когда можно применить методы Монте-Карло для поиска оптимальных решений. Эти методы демонстрируют свои преимущества в ситуациях, когда традиционные подходы не являются эффективными или вообще неприменимы.

В отличие от детерминированных методов, стохастическая оптимизация учитывает неопределенности в моделируемых решениях. Например, многие задачи в области управления требуют оптимизации ресурсов при наличии информации о вероятностных характеристиках. С помощью методов Монте-Карло можно сгенерировать множество случайных сценариев, что позволяет оценивать качество решения в различных условиях.

Другим важным аспектом является применение методов Монте-Карло для оптимизации маршрутов и логистики. В этих задачах нередко моделируются сложные системы, где необходимо учитывать множество факторов, таких как стоимость, время, безопасность и надежность. Генерация случайных сценариев с помощью методов Монте-Карло позволяет проводить оценки различных случаев, чтобы выбрать оптимальные маршруты или стратегии распределения ресурсов.

**Результаты.** Методы Монте-Карло демонстрируют принципиальные отличия от традиционных детерминированных подходов в нескольких ключевых аспектах. В задачах интегрирования и оптимизации они превосходят классические численные методы при работе с высоко размерными пространствами, где сеточные методы становятся вычислительно

неэффективными. Например, при оценке многомерных интегралов в байесовском анализе метод Монте-Карло обеспечивает полиномиальную сложность в отличие от экспоненциального роста вычислительных затрат у детерминированных алгоритмов.

Перспективным направлением является создание гибридных алгоритмов, сочетающих преимущества методов Монте-Карло с другими подходами. Например, комбинация с методами глубокого обучения с подкреплением позволяет эффективно решать задачи планирования в условиях неопределенности.

Развитие теоретических основ сходимости и новых метрик качества выборки остается важной задачей для дальнейшего улучшения методов. Особое внимание уделяется разработке алгоритмов, способных эффективно работать в сверхвысоких размерностях, характерных для современных задач искусственного интеллекта.

**Выводы.** Методы Монте-Карло доказали свою исключительную ценность как мощный инструмент вычислительной математики, особенно при решении сложных задач, недоступных традиционным аналитическим методам. Их ключевое преимущество – способность эффективно работать с высоко размерными пространствами и сложными функциональными зависимостями, что делает их незаменимыми для численного интегрирования в современных научных и инженерных расчетах.

Современные разработки в области алгоритмов генерации случайных чисел, методов уменьшения дисперсии и параллельных вычислений продолжают расширять границы применимости этих методов. Особую перспективу представляет интеграция методов Монте-Карло с технологиями машинного обучения и современными вычислительными архитектурами.

### Литература

1. Ковалев А.В. Применение методов Монте-Карло в решении математических задач // Научный вестник. Математика и физика. – 2021. – № 3. – С. 12–20.

2. Сидорова Е.И. Основы численных методов Монте-Карло // Журнал вычислительной математики. – 2020. – Т. 15. – № 4. – С. 34–47.

3. Петренко М.А. Моделирование случайных процессов с помощью методов Монте-Карло // Установка и технологии. – 2019. – № 2. – С. 55–62.

4. Тимофеев И.С. Анализ эффективности методов Монте-Карло в статистической симуляции // Современные проблемы математики и информатики. – 2020. – № 8. – С. 21–30.

5. Савельев Н.К. Модели и алгоритмы Монте-Карло // Вестник математических наук. – 2021. – Т. 12. – № 6. – С. 18–29.

6. Яковлев Г.Д. Методы Монте-Карло: теория и практика // Научные труды. – 2022. – Т. 18. – № 2. – С. 102–115.

7. Федорова Л.Т. Алгоритмы Монте-Карло для решения интегральных уравнений // Прикладная математика. – 2021. – № 5. – С. 40–54.

**Бахтиярова Асель Маратовна**, студент группы 6201, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.

e-mail: [a.b.m8@yandex.ru](mailto:a.b.m8@yandex.ru)

**Кудряшова Полина Сергеевна**, студент группы 6201, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.

e-mail: [kudrasovap43@gmail.com](mailto:kudrasovap43@gmail.com)

Научный руководитель:

**Паленов Евгений Викторович**, старший преподаватель кафедры цифровой экономики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.

e-mail: [e.matematik@yandex.ru](mailto:e.matematik@yandex.ru)

## APPLICATION OF THE MONTE CARLO METHOD IN MATHEMATICS

*Annotation.* The article is devoted to the study of Monte Carlo methods and their application in mathematics and information technology. The basic principles of these methods are considered, including random number generation, estimation of desired quantities, and statistical data processing. Special attention is paid to the application of Monte Carlo methods in numerical integration, simulation of random processes and optimization. The article analyzes the effectiveness of these methods in comparison with traditional approaches, and discusses promising areas for their development, such as integration with machine learning technologies and the creation of hybrid algorithms.

*Keywords:* Monte Carlo methods, numerical integration, random processes, stochastic optimization, random number generation, machine learning, multidimensional spaces, computational mathematics.

**Bakhtiyarova Asel Maratovna**, student of 6201 group, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI», 420111, Russia, Kazan, K. Marks str., 10.

**Kudryashova Polina Sergeevna**, student of the 6201 group, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI», 420111, Russia, Kazan, K. Marks str., 10.

Scientific supervisor:

**Palenov Evgeny Viktorovich**, Senior Lecturer, Associate Professor, Department of Higher Mathematics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «A.N. Tupolev Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI», 420111, Russia, Kazan, K. Marks str., 10.





УДК 004.94, 51-7

Чепурко А.Д.,

студ. группы ИИ-23, ФГБОУ ВО «ДонНТУ»

Научный руководитель: к. пед. н. Чудина Е.Ю.,

доцент кафедры высшей математики ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КУПОЛА, ОБРАЗОВАННОГО ГИПЕРБОЛИЧЕСКИМ ПАРАБОЛОИДОМ**

*Аннотация.* Рассмотрена задача математического моделирования архитектурного купола, образованного гиперболическим параболоидом, для дальнейшего вычисления его числовых характеристик и определения координат контрольных точек. Рассмотрен проект типового здания цирка, расположенного в г. Донецке.

*Ключевые слова:* купол, гиперболический параболоид, математическое моделирование, цирк «Космос», г. Донецк.

**Введение.** При проектировании и строительстве большого количества культурно-бытовых сооружений неизбежно используется купол как одна из главных архитектурно-конструктивных форм. По типу поверхности купола бывают: а) с криволинейной поверхностью, причем наиболее часто встречаются сферические (шаровые) купола, параболические или гиперболические второй, третьей и высших степеней, коробовые и эллиптические; б) с граненой (многогранной) поверхностью [5].

Отметим, что применяются также купола в форме гиперболического параболоида. Примером такого здания является здание цирка «Космос», расположенное в г. Донецке (рис. 1). Цирк как здание нового типа проектировался в московском институте Гипротئاتр архитекторами С. Гелфер и Г. Наприенко, конструктором В. Корниловым [1]. При его строительстве было

решено отказаться от традиционных форм цирка с арочным куполом и создать уникальное сооружение в виде усечённого цилиндра диаметром 60 метров и высотой 30 метров [3]. Вместо традиционного купола покрытие цирка состоит из оболочки – гиперболического параболоида [1].



Рис. 1. Здание цирка «Космос», г. Донецк

Здание цирка Донецка построено по типовому проекту, и аналогичные здания-«близнецы» находятся еще в 10-ти городах бывшего Советского Союза. Одним из наиболее известных таких зданий является здание цирка в г. Новосибирске, однако оно было построено в 1971 г, а здание цирка в г. Донецке – в 1959 г. (рис. 2) [1, 2].

**Постановка задачи.** При проектировании сложных архитектурных поверхностей часто возникает задача определения координат дискретного множества точек на поверхности покрытия в случаях:

- задания срединной поверхности точечным каркасом по сетке, принятой в плане;
- определение координат контрольных точек на поверхности [4].

Исходя из этого, нами была поставлена задача моделирования купола здания в форме гиперболического параболоида и расчета его пространственных



характеристик. К числу наиболее распространенных способов конструирования поверхности относится координатный метод, который мы будем использовать [4].



Рис. 2. Здание цирка, г. Новосибирск

**Основная часть.** Куполы в виде гиперболического параболоида относятся к оболочечным архитектурным конструкциям. По рекомендации В. В. Леденева и А.В. Худякова, рекомендуемая величина пролетов гиперболического параболоида составляет 30-60 м [4]. Диаметр цирка «Космос» составляет максимальную величину в 60 м; перепад между наиболее низкой и наиболее высокой точкой купола нам неизвестен. Исходя из того, что высота здания составляет 30 м, мы предположили, что этот перепад составляет около 5 м.

Введем систему координат с началом в центре купола. Уравнение гиперболического параболоида имеет вид (рис. 3):

$$z = \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2}.$$



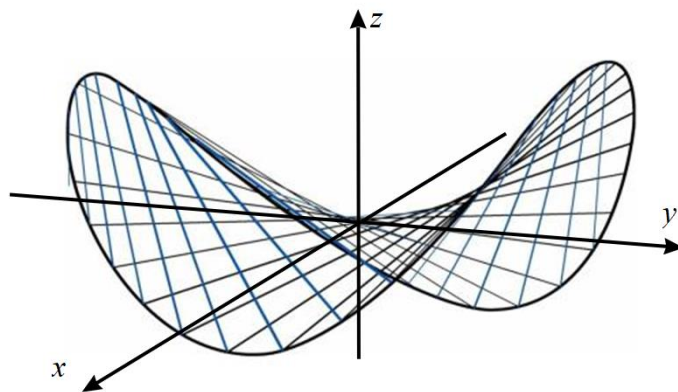


Рис. 3. Гиперболический параболоид

Задача состоит в нахождении наибольшего и наименьшего значения функции двух переменных в замкнутой области, заданной неравенством:

$$x^2 + y^2 \leq 30^2.$$

Данная функция не имеет экстремума, т.к. в стационарной точке  $(0; 0)$  не выполнено условие экстремума. Исследуем границу области, используя уравнение связи:  $x^2 + y^2 = 900$ .

Составим функцию Лагранжа:

$$L(x, y, \lambda) = \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} + \lambda(x^2 + y^2 - 900).$$

$$\frac{\partial L}{\partial x} = \frac{2x}{a^2} + 2\lambda x; \quad \frac{\partial L}{\partial y} = -\frac{2y}{b^2} + 2\lambda y; \quad \frac{\partial L}{\partial \lambda} = x^2 + y^2 - 900,$$

$$\begin{cases} \frac{2x}{a^2} + 2\lambda x = 0; \\ -\frac{2y}{b^2} + 2\lambda y = 0; \\ x^2 + y^2 - 900 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x(1 + \lambda a^2) = 0; \\ y(-1 + \lambda b^2) = 0; \\ x^2 + y^2 - 900 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0; \\ y = \pm 30; \\ x = \pm 30; \\ y = 0 \end{cases}$$

Найдем значение функции в данных точках:

$$z(0; 30) = -\frac{900}{b^2}; \quad z(0; -30) = -\frac{900}{b^2};$$

$$z(30; 0) = \frac{900}{a^2}; \quad z(-30; 0) = \frac{900}{a^2}.$$

Наименьшее значение функции:  $-\frac{900}{b^2}$  в точках  $(0; 30)$  и  $(0; -30)$ ;  
наибольшее значение функции:  $\frac{900}{a^2}$  в точках  $(30; 0)$  и  $(-30; 0)$ . В условиях нашей задачи, разница между ними:

$$\frac{900}{a^2} - \left(-\frac{900}{b^2}\right) = 5;$$

$$\frac{900(a^2 + b^2)}{a^2 b^2} = 5;$$

$$180(a^2 + b^2) = a^2 b^2; \quad (a, b \neq 0).$$

Рассмотрим частный случай:  $a = b$ . Имеем:

$$360a^2 = a^4;$$

$$a^2(a^2 - 360) = 0;$$

$$a = 6\sqrt{10}; \quad (a \neq 0).$$

**Выводы.** Таким образом, уравнение гиперболического параболоида, описывающего купол здания цирка, будет иметь вид:

$$z = \frac{x^2 - y^2}{360}.$$

Точки условного минимума:  $(0; 30)$  и  $(0; -30)$ ; точки условного максимума:  $(30; 0)$  и  $(-30; 0)$  (рис. 4).

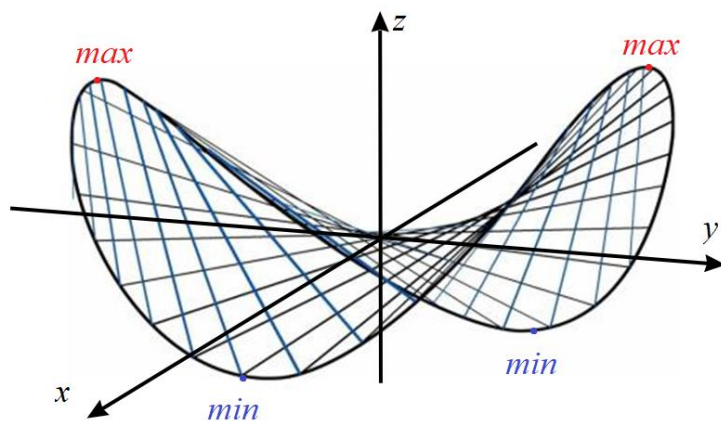


Рис. 4. Условные экстремумы функции  $z = \frac{x^2 - y^2}{360}$ .

**Литература**

1. Архитектура Новосибирска. Цирк. – URL: <https://nsk.novosibdom.ru/node/297> (дата обращения: 09.04.2025).
2. Близнецы здания цирка Донецка. – URL: <https://youdn.ru/news/post/639-bliznetsi-zdaniya-tsirka-donetska-02-10-2018> (дата обращения: 09.04.2025).
3. Донецкий государственный цирк «Космос». – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%81%D0%BC%D0%BE%D1%81\(%D1%86%D0%B8%D1%80%D0%BA\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%81%D0%BC%D0%BE%D1%81(%D1%86%D0%B8%D1%80%D0%BA)) (дата обращения: 09.04.2025).
4. Леденев, В. В. Оболочечные конструкции в строительстве. Теория, проектирование, конструкции, примеры расчета: учебное пособие для проектировщиков, бакалавров, магистров и аспирантов строительных специальностей / В. В. Леденев, А. В. Худяков. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – 272 с. – ISBN 978-5-8265-1647-8.
5. Цвингман, Г. А. Основные типы куполов, их конструкция и архитектура. 1936. – URL: <https://tehne.com/event/arhivsyachina/g-cvingman-osnovnye-tipy-kupolov-ih-konstrukciya-i-arhitektura-1936> (дата обращения: 09.04.2025).

**Чепурко Аким Дмитриевич**, студент гр. ИИ-23, ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», 283001, ДНР, г. Донецк, ул. Артема, 58.

e-mail: [akim-chief@ya.ru](mailto:akim-chief@ya.ru)

Научный руководитель:

**Чудина Екатерина Юрьевна**, к. пед. н., доцент кафедры высшей математики, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [eka-chudina@ya.ru](mailto:eka-chudina@ya.ru)

**MATHEMATICAL MODELING OF THE CHARACTERISTICS OF A  
DOME FORMED BY A HYPERBOLIC PARABOLOID**

*Annotation.* The problem of mathematical modeling of an architectural dome formed by a hyperbolic paraboloid is considered for further calculation of its numerical characteristics and determination of coordinates of control points. The project of a typical circus building located in Donetsk is considered.

*Keywords:* dome, hyperbolic paraboloid, mathematical modeling, circus Cosmos, Donetsk.

**Chepurko Akim Dmitrievich**, student gr. II-23, Donetsk National Technical University, 283001, DPR, Donetsk, Artyom str., 58.

Scientific supervisor:

**Ekaterina Yuryevna Chudina**, PhD, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.





УДК 519.237.5

Шиленко И.С.,

студ. группы ПМКм-23, ФБГОУ ВО «ДонНТУ»

Научный руководитель: к.т.н., доцент Прокопенко Е.В.,

доцент кафедры прикладной математики и искусственного интеллекта,

ФБГОУ ВО «ДонНТУ»

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА А/В-ТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОНВЕРСИИ**

*Аннотация.* Рассмотрено применение метода А/В-тестирования для повышения показателей конверсии

*Ключевые слова.* Тестирование, конверсия, оптимизация, анализ, контрольная группа, тестовая группа.

### **1. Введение**

#### **1.1. Цель и актуальность исследования**

Современный цифровой маркетинг характеризуется высокой конкурентной динамикой, где даже незначительное улучшение ключевых показателей может привести к существенному росту эффективности бизнес-процессов. В данном контексте А/В-тестирование (или сплит-тестирование) представляет собой один из наиболее научно обоснованных и практически значимых методов оптимизации конверсионных показателей.

Цель исследования заключается в системном анализе эффективности А/В-тестирования как инструмента повышения конверсии в цифровых каналах взаимодействия с потребителем.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью перехода от интуитивных решений к стратегическому подходу в маркетинговой

оптимизации. А/В-тестирование позволяет принимать обоснованные решения, минимизируя риски и увеличивая рентабельность принимаемых решений.

## **2. Теоретические основы А/В-тестирования**

### **2.1. Определение и сущность метода**

А/В-тестирование представляет собой строгий экспериментальный метод сравнительного анализа двух или более вариантов цифрового контента (версий веб-страниц, рекламных объявлений, email-рассылок) с целью определения наиболее эффективного с точки зрения заданных метрик конверсии.

Статистическая природа сплит-тестирования основывается на принципах контролируемого эксперимента, где контрольная группа (вариант А) представляет собой базовую версию, а экспериментальная группа (вариант В, С и т.д.) содержит тестируемые модификации.

Ключевым аспектом методологии является принцип рандомизации выборки, обеспечивающий равномерное распределение пользовательских характеристик между группами, минимизацию систематических ошибок и достоверность причинно-следственных выводов.

Математически рандомизация реализуется через алгоритмы случайного распределения, гарантирующие, что каждый пользователь с равной вероятностью попадает в любую из тестовых групп.

### **2.2. Математические основы**

Научная обоснованность А/В-тестирования базируется на принципах статистики, где ключевыми понятиями выступают:

Статистическая значимость (p-value) – вероятность получить наблюдаемые или более экстремальные результаты при условии, что нулевая гипотеза (об отсутствии различий между вариантами) верна. В практике А/В-тестирования общепринятым порогом значимости считается  $p < 0.05$ , что соответствует 95% доверительной вероятности.

Формула расчета p-value для пропорций:

$$p = 2 \cdot (1 - \varphi(z)), \quad (1)$$

где  $\varphi$  – функция стандартного нормального распределения,  $z$  –  $z$ -статистика, рассчитываемая как:

$$z = \frac{(p_1 - p_2)}{\sqrt{p(1-p) \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}. \quad (2)$$

### **3. Методология проведения А/В-тестирования**

#### **3.1. Этапы экспериментального исследования**

##### **3.1.1. Формулировка гипотезы**

Научно обоснованное А/В-тестирование начинается с четкой формулировки проверяемой гипотезы, которая должна соответствовать критерию «SMART»:

- конкретность (Specific): «Изменение цвета кнопки с синего на красный»;
- измеримость (Measurable): «приведет к увеличению коэффициента конверсии»;
- достижимость (Achievable): «на 5 процентных пунктов»;
- релевантность (Relevant): «для мобильных пользователей»;
- ограниченность во времени (Time-bound): «в течение 2 недель тестирования».

##### **3.1.2. Определение контрольных и тестовых групп**

Процедура включает стратификацию аудитории по значимым параметрам (местоположению, устройству, источнику трафика), рандомизированное распределение с соблюдением баланса групп, минимальный размер групп рассчитывается по формуле мощности теста.

##### **3.1.3. Выбор ключевых метрик**

Система показателей должна включать (примеры):

- 1) первичную метрику: коэффициент конверсии, средний параметр;
- 2) вторичные метрики: глубина просмотра, время на сайте;
- 3) контрольные показатели: показатель отказов.

#### **3.2. Факторы, влияющие на достоверность результатов**

### **3.2.1. Временные рамки тестирования**

Оптимальная продолжительность определяется суточными/недельными колебаниями трафика, временем принятия решения (для разных товаров/услуг) и статистической значимостью накопленных данных.

### **3.2.2. Репрезентативность выборки**

Репрезентативность выборки должна соответствовать следующим критериям.

- 1) Соответствие распределения характеристик генеральной совокупности.
- 2) Учет сегментации аудитории (новые/постоянные пользователи).
- 3) Баланс трафика между группами (50/50 или другое обоснованное соотношение).

### **3.2.3. Внешние возмущающие факторы**

Под внешними возмущающими факторами обычно понимается шум в данных. Их источниками могут быть:

- 1) сезонные колебания спроса;
- 2) маркетинговые активы (параллельные рекламные кампании);
- 3) технические сбои (падение серверов, изменения алгоритмов ранжирования);
- 4) макроэкономические события.

Данная методология обеспечивает научную валидность результатов А/В-тестирования и позволяет минимизировать вероятность ложных выводов. Особое внимание следует уделять воспроизводимости результатов и их практической значимости для бизнес-решений.

## **4. Пример использования А/В-тестирования**

### **4.1. Постановка задачи**

К примеру, у магазина бытовой техники есть сайт, на котором можно оформить заказ. С сайта собирается различная информация по действиям пользователей (время нахождения на странице; количество просмотров товаров; сколько товаров было добавлено в корзину; процент пользователей, купивших товар и т.д.). Аналитики считают, что многие из пользователей, которые



добавили какой-либо товар в корзину, в последствии даже не открыли её. Необходимо выяснить, с чем связана данная корреляция.

Предположим, базовая конверсия (добавление в корзину → открытие корзины) составляет 30%.

#### **4.2. Подход к решению**

Для начала необходимо определиться с ключевой метрикой, на которую ориентировано А/В-тестирование. В данном случае это конверсия пользователей, добавивших товар в корзину и открывших её.

Мы можем предположить, что низкая конверсия вызвана тем, что кнопка корзины расположена в малозаметном месте или непримечательна.

Применив какие-либо изменения, например изменив дизайн кнопки корзины (переместив её на более видное место или обозначив более выделяющимся цветом), мы также повлияем на вторичные метрики. В данном случае ими могут быть конверсии пользователей, в итоге купивших товар или пользователей, которые открывали корзину без добавления товаров в неё (например, случайно).

#### **4.3. Решение задачи и результаты анализа**

Необходимо определиться с объёмом и характеристиками проводимого тестирования. Характеристиками могут быть, например, определенный возрастной диапазон, пол, время активности пользователей и т.д.

В данном случае характеристики не должны влиять на проведение тестирования, поэтому необходимо определиться с сегментацией и распределением групп.

Предположим, у нас есть сомнения в правильности определения изначальной проблемы и в качестве тестовой группы мы берем 20% пользователей сайта, которым предоставляем модифицированную версию. Остальные 80% – это контрольная группа, на основе которых можно будет сделать вывод о значимости внесенных изменений.

Это справедливо для тех случаев, когда одновременно проводится одно А/В-тестирования. Если одновременно проводится больше тестирований, то

множества тестовой и контрольных групп для каждого теста не должны пересекаться, чтобы не влиять на результаты друг друга.

Время проведения тестирования должно быть достаточным, чтобы результаты были статистически значимыми, но и не слишком большим, чтобы быстрее проанализировать данные и принять решение по улучшению или сохранению конверсий.

Предположим, наш сайт пользуется большим спросом и за неделю его посетили 50 тыс. пользователей, 10 тыс. из которых добавили какой-либо товар в корзину.

В контрольной группе (~8000 чел.) конверсия так и осталась на уровне 30%, а в тестовой группе (~2000 чел.) конверсия составила 45%.

Наблюдаем положительный прирост в 15%, поэтому можно сделать вывод о том, что проблема была определена полностью или частично верно и протестированные изменения можно внедрить в основную версию сайта.

## **5. Заключение и перспективы исследования**

### **5.1. Основные выводы**

Проведенный анализ позволяет констатировать, что А/В-тестирование утвердилось как основной инструмент оптимизации в цифровой среде, основанный на данных. Метод доказал свою эффективность благодаря строгой экспериментальной процедуре, позволяющей устанавливать причинно-следственные связи между изменениями интерфейса и поведенческими реакциями пользователей. Наиболее значимым достижением является возможность количественной оценки даже незначительных модификаций, что принципиально отличает данный подход от традиционных экспертных оценок.

### **5.2. Плюсы и минусы метода**

К преимуществам А/В-тестирования следует отнести его высокую точность и воспроизводимость результатов, достигаемые за счет строгого контроля переменных и статистической обработки данных. Метод обеспечивает прозрачность процесса принятия решений и позволяет последовательно накапливать знания о пользовательских предпочтениях. Однако существуют и

существенные ограничения: временные затраты на получение статистически значимых результатов, сложность тестирования комплексных изменений, а также невозможность учета долгосрочных эффектов от внедряемых модификаций. Также, чтобы проводить несколько тестирований одновременно, необходимо соблюдать принцип непересекаемости исследований, а для этого необходимо иметь большую генеральную выборку.

### **5.3. Направления дальнейших исследований**

Наиболее перспективным направлением развития методологии представляется интеграция с технологиями машинного обучения. Это открывает возможности для:

- 1) автоматизированного генерирования и приоритизации тестируемых гипотез на основе анализа исторических данных;
- 2) динамической адаптации параметров тестирования в реальном времени;
- 3) персонализированного тестирования с учетом индивидуальных поведенческих паттернов;
- 4) прогнозирования результатов на ранних стадиях эксперимента.

### **Литература**

1. Кадацкая, Д.В. Основы цифрового маркетинга в период трансформации экономики: учебное пособие / Д.В. Кадацкая. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2020. – 112 с.

2. Маркетинговый анализ и маркетинговая стратегия предприятия: методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Маркетинг» для обучающихся по направлению подготовки 38.03.02 «Менеджмент» / составители Н. А. Бондарева. – Москва: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. – 44 с.

3. Васильев, Г. А. Управление сервисными продуктами в маркетинге услуг: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям

«Маркетинг», «Коммерция (торговое дело)» / Г. А. Васильев, Е. М. Деева, М.А. Ельчанинов. – Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2023. – 192 с.

**Шиленко Иван Сергеевич**, студент группы ПМКм-23, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донецкий национальный технический университет», 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58.

e-mail: [ivshil2002@gmail.com](mailto:ivshil2002@gmail.com)

Научный руководитель:

**Прокопенко Елена Васильевна**, к.т.н., доцент, доцент кафедры прикладной математики и искусственного интеллекта, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донецкий национальный технический университет», 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58.

e-mail: [prokopenko1515@rambler.ru](mailto:prokopenko1515@rambler.ru)

## USING THE A/B TESTING METHOD TO INCREASE CONVERSION RATES

*Annotation.* The application of the A/B testing method to increase conversion rates is considered.

*Keywords.* Testing, conversion, optimization, analysis, control group, test group.

**Shilenko Ivan Sergeevich**, student of the PMKm-23 group, Donetsk National Technical University, 83001, Donetsk, Artem str., 58.

Scientific supervisor:

**Prokopenko Elena Vasilyevna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Mathematics and Artificial Intelligence, Donetsk National Technical University, 83001, Donetsk, Artem str., 58.





УДК 51

Каракича К. О.,

студ. группы ИСИ-9а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Симогин А. А.,

доцент кафедры высшей математики

ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **ТВОРЦЫ ПОБЕДЫ – ВКЛАД МАТЕМАТИКОВ В ЗАЩИТУ РОДИНЫ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ**

*Аннотация.* В данной работе рассматривается значительный вклад советских математиков в дело Победы в годы Великой Отечественной войны. Освещаются как практические, так и теоретические аспекты применения математических знаний в оборонной промышленности, криптографии, баллистике, радиолокации, оптимизации военных операций и других ключевых направлениях. Особое внимание уделено биографиям и достижениям выдающихся учёных того времени, чья работа осталась в тени, но сыграла важную роль в обеспечении стратегического преимущества Красной армии.

*Ключевые слова:* Великая Отечественная война, математика, военная наука, вклад учёных, математическое обеспечение, криптография, баллистика, артиллерия, вычисления, математическое моделирование, прикладная математика, советские математики, научно-технический прогресс, математические расчёты.

**Введение.** Великая Отечественная война стала тяжёлым испытанием для всего Советского Союза. Победа в ней стала возможной не только благодаря мужеству солдат и офицеров, но и усилиям учёных, в том числе математиков. Их вклад оказался фундаментальным в разработке новых методов ведения боя, усовершенствовании техники, создании систем наведения и шифрования, а

также в оптимизации логистики. Настоящая работа посвящена исследованию роли советских математиков в обороне Родины в годы войны.

**Наука в тылу и на фронте.** В начале войны многие учёные, включая математиков, были мобилизованы либо на фронт, либо в оборонные научно-исследовательские учреждения. Академия наук СССР, Московский и Ленинградский университеты, а также специализированные оборонные НИИ стали центрами научной борьбы.

Среди наиболее значимых направлений были:

- баллистика и траектория полёта снарядов;
- криптография и дешифровка;
- оптимизация тылового снабжения;
- математическое моделирование радиолокации и артиллерийской стрельбы.

**Вклад выдающихся математиков.** Андрей Николаевич Колмогоров (1903-1987 гг.) – один из крупнейших математиков XX века, Колмогоров активно участвовал в разработке методов прогноза погодных условий для авиации, что имело критическое значение для планирования военных операций. Он также работал над прикладными задачами в области теории вероятностей и статистики, необходимыми для артиллерийских расчётов.

Израиль Моисеевич Гельфанд (1913-2009 гг.) в годы войны занимался медицинской математикой и математическим моделированием процессов в биологии, что в дальнейшем послужило основой для военно-медицинских исследований. Также он консультировал по вопросам баллистики.

Леонид Витальевич Канторович (1912-1986 гг.) – лауреат Нобелевской премии, в годы войны создал математические модели для оптимизации работы промышленности и логистики снабжения, разрабатывал методы линейного программирования, применимые к задачам планирования в условиях ограниченных ресурсов.

Николай Гурьевич Четаев (1902-1959 гг.) определил крутизну нарезки стволов орудия. Обратил теорему Лагранжа об устойчивости равновесия.

Предложил методы решения задач об устойчивости неустановившихся движений. Нашел достаточные условия устойчивости вращательных движений снаряда.

Сергей Натанович Бернштейн (1880-1968 гг.) разработал и вычислил таблицы для определения местонахождения судна по радиопеленгам. Таблицы ускоряли штурманские расчеты примерно в 10 раз. В 1942 году он получил Сталинскую премию за научные труды в области математики.

Мстислав Всеволодович Келдыш (1911-1978 гг.). Трижды Герой Социалистического Труда (1956, 1961, 1971 гг.). Создал теории явлений, которая предотвращала попадание самолета в состояние штопора или шимми. Лауреат Ленинской премии и двух Сталинских премий. Президент Академии наук СССР (1961-1975 гг.).

Александр Сергеевич Яковлев (1906-1989 гг.). Создал грозный истребитель, например: Як-3 – самый легкий истребитель Второй мировой войны. Увеличил скорость полета самолета. Дважды Герой Социалистического Труда. Генеральный конструктор ОКБ имени Яковлева. Лауреат Ленинской, Государственной и шести Сталинских премий.

**Шифрование и криптография.** Советские математики активно участвовали в создании надёжных шифровальных систем. Особенно выделяется деятельность в области дешифровки немецких радиоперехватов, где использовались методы теории информации и комбинаторики. Разработка и защита каналов связи была ключевым элементом в обеспечении оперативности командования.

**Прикладная математика в оборонной промышленности.** Математики работали в тесной связке с инженерами при разработке артиллерии, авиации и танковой техники. Особенно важным было участие в разработке:

- таблиц стрельбы для различных типов оружия;
- расчётов дальности и траекторий;
- систем радиолокационного наведения.

Работы в этих направлениях активно проводились в Артиллерийской академии им. Дзержинского, где трудились многие преподаватели и аспиранты, мобилизованные на оборонную работу.

**Наследие.** Опыт, накопленный советскими математиками в годы войны, стал фундаментом для последующего развития прикладной математики, кибернетики и автоматизированных систем управления. Многие научные школы, возникшие в то время, продолжили развитие в послевоенный период.

**Выводы.** Великая Отечественная война стала временем небывалого напряжения всех сил советского народа. Победа в этой борьбе была обеспечена не только мужеством солдат на передовой, но и самоотверженным трудом ученых в тылу. Среди них особое место занимают математики – творцы интеллектуального оружия Победы. Их вклад в оборону страны проявился в создании баллистических таблиц, решении задач криптографии и дешифровки, оптимизации логистических операций, совершенствовании артиллерийских расчетов и в разработке новых методов радиолокации.

Работа математиков носила зачастую скрытый характер, но её значимость трудно переоценить. Их научная точность, аналитическое мышление и способность быстро адаптироваться к потребностям военного времени сделали возможным принятие эффективных стратегических решений и спасли тысячи жизней. Сегодня, оглядываясь назад, мы по праву можем считать математиков незаметными, но важными героями той войны. Их подвиг – это не только вклад в Победу, но и в развитие отечественной науки, которая, закалившись в условиях войны, получила мощный импульс для дальнейшего роста.

### Литература

1. Гельфанд И.М. Математика и война / И.М. Гельфанд, А.М. Яглом // Успехи математических наук, 1995. – 350 с.
2. Канторович Л.В. Экономический расчёт наилучшего использования ресурсов. – М.: Наука, 1960. – 386 с.
3. Колмогоров А.Н. «Избранные труды». – М.: Наука, 1985. – 295 с.



4. Солдатов А. История советской криптографии. – М.: Эксмо, 2010. – 267 с.

**Каракича Кирилл Олегович**, студент группы ИСИ-9а, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [karakicha.k.o.-isi-@donnasa.ru](mailto:karakicha.k.o.-isi-@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Симогин Анатолий Анатольевич**, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры высшей математики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [a.a.simogin@donnasa.ru](mailto:a.a.simogin@donnasa.ru)

## **CREATORS OF VICTORY – THE CONTRIBUTION OF MATHEMATICIANS TO THE DEFENSE OF THE MOTHERLAND DURING THE GREAT PATRIOTIC WAR**

*Annotation.* This paper explores the significant contribution of Soviet mathematicians to the victory during the Great Patriotic War. It highlights both practical and theoretical aspects of the application of mathematical knowledge in the defense industry, cryptography, ballistics, radar technology, optimization of military operations, and other key areas. Special attention is given to the biographies and achievements of prominent scientists of the time, whose work remained in the shadows but played a crucial role in securing the strategic advantage of the Red Army.

*Keywords:* Great Patriotic War, mathematics, military science, scientific contribution, mathematical support, cryptography, ballistics, artillery, computations, mathematical modeling, applied mathematics, Soviet mathematicians, scientific and technological progress, mathematical calculations.

**Karakicha Kirill Olegovich**, student of ISI-9a group, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Simogin Anatoly Anatolievich**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Makeyevka, Derzhavin str., 2.





УДК 51-7

Борисова В. Г.,

Гришина Ю. И.,

студ. группы ИИЭиП, ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ»

Научный руководитель: Палёнов Е.В.,

ст. преподаватель кафедры цифровой экономики

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ»

## **ТРАНСЦЕНДЕНТНЫЕ ЧИСЛА: ОТ ПЕРВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЛИУВИЛЛЯ ДО СОВРЕМЕННЫХ ГИПОТЕЗ В ТЕОРИИ ЧИСЕЛ**

*Аннотация:* статья посвящена анализу трансцендентных чисел. Рассмотрены исторические этапы их изучения: от первых примеров Лиувилля до доказательства трансцендентности чисел  $e$  и  $\pi$ , решения седьмой проблемы Гильберта и теоремы Гельфонда-Шнайдера. Особое внимание уделено современным направлениям исследований, включая гипотезу Шануэля, алгебраическую независимость и связь с алгебраической геометрией.

*Ключевые слова:* теория чисел, трансцендентные числа, теорема Гельфонда-Шнайдера, седьмая проблема Гильберта, гипотеза Шануэля, алгебраическая независимость.

**Введение.** Мы ежедневно используем числа: целые, дробные, иррациональные вроде  $\sqrt{2}$ . Но за ними скрывается ещё более загадочный класс – трансцендентные числа, не являющиеся корнями многочленов с рациональными коэффициентами. Такие числа, как  $\pi$  и  $e$ , невозможно выразить через алгебраические операции.

Трансцендентное число – действительное число, не являющееся алгебраическим [1]. То есть не является корнем никакого многочлена с рациональными коэффициентами. Просто нет такого многочлена с

рациональными коэффициентами, для которого при подстановке трансцендентного числа получается ноль. Выражение всегда будет неотрицательным.

После первых исследований трансцендентности Лейбницем и Эйлером прошло почти столетие, прежде чем Джозеф Лиувиль в 1844 году создал первый пример такого числа. Его конструкция представляла собой бесконечную десятичную дробь с единицами на позициях, соответствующих факториалам ( $1!$ ,  $2!$ ,  $3!$  и т.д.). Факториал, определяемый как произведение чисел от 1 до  $n$ , растёт экспоненциально: уже  $10!$  превышает 3,5 миллиона, а  $60!$  превосходит число атомов во Вселенной. Такая структура делает число Дж. Лиувилля принципиально невыразимым через алгебраические уравнения – оно не является корнем любого многочлена с рациональными коэффициентами.

Дж. Лиувиль доказал, что трансцендентные числа можно сколь угодно точно приближать рациональными дробями, тогда как для алгебраических чисел (не рациональных) это невозможно из-за жёстких ограничений на близость к приближениям. В 1874 году Георг Кантор показал, что трансцендентных чисел «больше»: их множество несчётно, в отличие от счётных алгебраических чисел. Практически любое случайно выбранное вещественное число будет трансцендентным.

Прорыв случился в 1873 году, когда Шарль Эрмит доказал трансцендентность  $e$ , а в 1882 году Фердинанд фон Линдеман подтвердил это для  $\pi$ . Эти результаты не только завершили многовековые поиски, но и подчеркнули доминирование трансцендентных чисел в математической вселенной.

Доказательство трансцендентности числа  $\pi$ , завершившее многовековые поиски решения задачи о квадратуре круга, стало возможным благодаря анализу его алгебраической природы. Если бы  $\pi$  было алгебраическим, то из тождества Эйлера следовала бы трансцендентность  $-1$ , что абсурдно:

$$e^{i\pi} = -1. \quad (1)$$

Это подтвердило, что классические инструменты (циркуль и линейка) не способны построить квадрат, равновеликий кругу, так как операция требует извлечения корня из  $\pi$  – трансцендентного числа.

Эйлер ввёл разделение функций на алгебраические (например, линейные) и трансцендентные (логарифмы, синусы), что подчеркнуло принципиальную сложность работы с последними. Гильберт, считавший вопросы о трансцендентности  $2^{\sqrt{2}}$  и  $e^{\pi}$  почти неразрешимыми, ошибся в оценке: к 1930-м годам они были доказаны (теорема Гельфонда-Шнайдера), в отличие от гипотезы Римана или теоремы Ферма, решённой лишь в 1994 году.

Вопрос о природе числа  $2^{\sqrt{2}}$  – трансцендентно ли оно – стал ключом к решению седьмой проблемы Гильберта. В 1929 году Александр Гельфонд доказал, что  $a^b$  трансцендентно, если  $a$  – алгебраическое число (не 0 или 1), а  $b$  – мнимая квадратичная рациональность (комплексный корень квадратного уравнения с вещественными коэффициентами). Например, взяв  $a = -1$  и  $b = -i$ , из тождества Эйлера (1) следует, что  $e^{\pi}$  трансцендентно.

Родион Кузьмин в 1930 году расширил результат, заменив условие для  $b$  на вещественную квадратичную рациональность. Это позволило доказать трансцендентность  $2^{\sqrt{2}}$ , так как  $\sqrt{2}$  – корень уравнения  $x^2 - 2 = 0$ . Окончательное решение пришло в 1934 году, когда Гельфонд и Теодор Шнайдер независимо обобщили подход: если  $a$  и  $b$  – алгебраические числа ( $a \neq 0; 1$ ,  $b$  – иррационально), то  $a^b$  трансцендентно.

Так родилась теорема Гельфонда-Шнайдера, закрывшая проблему Гильберта и показавшая, что даже «простые» операции с алгебраическими числами могут выводить за границы алгебры.

Следующий шаг – это изучение алгебраической независимости. Юрий Нестеренко в 1996 году доказал, что  $\pi$ ,  $e^{\pi}$  и значение гамма-функции  $\Gamma(\frac{1}{4})$  не связаны многочленными соотношениями. Это не только укрепило статус  $\pi$  как трансцендентного числа, но и открыло новые горизонты для анализа специальных функций.

Прогресс в теории чисел часто связан с обобщением задач. Гипотеза Шануэля утверждает, что среди чисел  $z_1, z_2, \dots, z_n, e^{z_1}, e^{z_2}, e^{z_n}$  найдётся  $n$  алгебраически независимых. Её доказательство позволило бы классифицировать трансцендентность  $\pi + e$ ,  $\pi^e$  и других комбинаций, а также объединить результаты Бейкера и Гельфонда-Шнайдера.

Ещё глубже уходит гипотеза о периодах мотивов, связывающая теорию чисел с алгебраической геометрией. Периоды – числа, выражимые через интегралы рациональных функций (например,  $\pi$ ,  $\sqrt{2}$ ,  $\ln 2$ ) – образуют мосты между аналитическими и алгебраическими структурами. Александр Гротендик предположил, что мотивы могут систематизировать свойства периодов, но эта гипотеза остаётся вызовом для математиков.

**Вывод.** Трансцендентные числа, такие как  $\pi$  и  $e$ , не являются корнями многочленов, их трансцендентность сложно доказать, а алгебраические операции над ними непредсказуемы. Эта область математики полна открытых вопросов: от гипотез Гильберта до современных проблем.

### Литература

1. Тихомирова А.Н. Практикум по теории алгоритмов: учебное пособие/ А.Н. Тихомирова, Н.В. Сафоненко. – М.: НИЯУ МИФИ, 2011. – 132 с.
2. Рыбин С. В. Дискретная математика и информатика: учебник для вузов/ С.В. Рыбин. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 748 с.
3. Трансцендентное число. – URL: <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения: 10.04.2025).
4. Черемисина М.И. Избранные вопросы алгебры и теории чисел. Многочлены: учебное пособие/ М.И. Черемисина. – Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2021 – 65 с.

**Борисова Виолетта Геннадьевна**, студент группы ИИЭиП, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.

e-mail: [vilk405@yandex.ru](mailto:vilk405@yandex.ru)

**Гришина Юнона Игоревна**, студент группы ИИЭиП, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.

e-mail: [YnonaGR@yandex.ru](mailto:YnonaGR@yandex.ru)

**Палёнов Евгений Викторович**, старший преподаватель кафедры цифровой экономики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.

e-mail: [e.matematik@yandex.ru](mailto:e.matematik@yandex.ru)

## **TRANSCENDENTAL NUMBERS: FROM THE FIRST CONSTRUCTIONS OF LIOUVILLE TO MODERN HYPOTHESES IN NUMBER THEORY**

*Abstract:* The article is devoted to the analysis of transcendental numbers. The historical stages of their study are considered: from the first examples of Liouville to the proof of transcendence of numbers  $e$  and  $\pi$ , the solution of the seventh Hilbert problem and the Gelfond-Schneider theorem. Special attention is given to modern research directions, including the Chanuel conjecture, algebraic independence and the connection with algebraic geometry.

*Keywords:* number theory, transcendental numbers, Gelfond-Schneider theorem, Hilbert's seventh problem, Schanuel's conjecture, algebraic independence.

**Borisova Violetta Gennadyevna**, student of IIEP group, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI», 420111, Kazan, K. Marks str., 10.

**Grishina Yunona Igorevna**, student of ИЕР group, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI», 420111, Kazan, K. Marks str., 10.

Scientific supervisor:

**Palenov Evgeny Viktorovich**, Senior Lecturer, Associate Professor, Department of Higher Mathematics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI», 420111, Kazan, K. Marks str., 10.





УДК 51-7

Гатауллин А.Ш.,

Бобров А.Ю.,

студ. группы ИИЭиП, ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ»

Научный руководитель: Палёнов Е.В.,

ст. преподаватель кафедры цифровой экономики

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ»

## **СОВЕРШЕННЫЕ ЧИСЛА: ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР И СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ В ТЕОРИИ ЧИСЕЛ**

*Аннотация.* Статья посвящена анализу исторического развития исследований совершенных чисел, начиная с античности до современных вычислительных методов. Рассмотрены ключевые гипотезы, включая проблему существования нечётных совершенных чисел. Приведены результаты работ Евклида, Эйлера, Мерсенна и современных учёных, а также обсуждаются перспективы применения распределённых вычислений для поиска новых решений.

*Ключевые слова:* теория чисел, совершенные числа, простые числа Мерсенна, нечётные совершенные числа, сигма-функция.

**Введение.** Совершенные числа – натуральные числа, равные сумме своих собственных делителей – остаются одной из старейших нерешённых задач математики. Интерес к ним обусловлен их элегантностью, исторической значимостью и связью с фундаментальными проблемами теории чисел. Несмотря на двухтысячелетние исследования, ключевые вопросы – существование нечётных совершенных чисел и бесконечность их чётных аналогов – остаются открытыми.

Совершенные числа – это натуральные числа, равные сумме своих делителей, за исключением самого числа. Например, число 6 является совершенным, так как его делители (1, 2 и 3) в сумме дают 6. Число 28 также является совершенным, так как его делители (1, 2, 4, 7 и 14) в сумме также дают 28 [1].

В древности считалось, что совершенные числа обладают магическими свойствами, поэтому греки, включая Евклида, активно занимались их изучением. В частности, Евклид доказал, что всякое натуральное число формы является совершенным числом.

$$N = 2^{k-1}(2^k - 1), \quad (1)$$

где  $2^k - 1$  – простое число (позже названное числом Мерсенна).

Евклид разработал метод поиска чётных совершенных чисел, однако не доказал, что иных способов не существует. Через четыре столетия Никомах в труде «Введение в арифметику» сформулировал пять гипотез, которые на тысячелетие стали основой для исследований:

- количество цифр в N-ном совершенном числе равно N;
- все совершенные числа – чётные;
- их последние цифры чередуются (6 и 8);
- формула Евклида описывает все чётные совершенные числа;
- совершенных чисел бесконечно много.

Эти утверждения долгое время считались постоянными, но в XIII веке Исмаил Ибн Фалус выявил противоречия. Например, пятое совершенное число содержало 8 цифр (гипотеза 1 опровергнута), а пятое и шестое числа оканчивались на 6 (гипотеза 3 неверна).

В эпоху Возрождения математики сосредоточились на формуле Евклида (1). Марин Мерсен в 1644 г. составил список из 11 значений k, однако проверить их для больших чисел (например,  $2^{67} - 1$ ) было невозможно без вычислительных мощностей.

Рене Декарт предположил, что нечётные совершенные числа (если существуют) имеют вид:

$$p \cdot q^2, \quad (2)$$

где  $p$  – простое.

В 1732 г. Леонард Эйлер подтвердил гипотезу Мерсена для  $k=31$ , обнаружив восьмое совершенное число, и ввёл сигма-функцию  $\sigma(n)$ , суммирующую все делители  $n$ . Это позволило строго доказать, что чётные совершенные числа соответствуют формуле Евклида.

Например, возьмем число 6. Сложив все его делители, получим 12, что в два раза больше. Такую же картину мы увидим для всех совершенных чисел. Сигма-функция совершенного числа всегда даст число вдвое больше, поскольку оно включает в качестве одного из делителей само число. Возможно, на первый взгляд в этом нет ничего интересного, но функция оказалась невероятно полезной. Давайте разберемся на примерах.

Берем простое число, скажем 7. Когда число простое, это значит, что у него есть только два делителя, единица и само это число. Поэтому  $\sigma(7) = 1 + 7 = 8$ . Для  $7^3=343$  делители: 1, 7,  $7^2$ ,  $7^3$ . Поэтому  $\sigma(7^3) = 1 + 7 + 7^2 + 7^3 = 400$ .

Проделаем то же самое с другим числом. Возьмем 20. Разложим его на простые множители:  $20 = 2^2 \cdot 5^1$ . Поэтому  $\sigma(20) = \sigma(2^2) \cdot \sigma(5^1) = (1 + 2 + 4) \cdot (1 + 5) = 42$ .

Итак, сигма-функцию составного числа можно представить как произведение сигма-функции его простых делителей в соответствующих степенях. Все натуральные числа – это произведение степеней простых чисел.

Имея в своем распоряжении сигма-функцию, Эйлер сделал то, чего не сумел Декарт. В 1749 году Леонард Эйлер продемонстрировал, что метод, предложенный Евклидом, позволяет получить все существующие четные совершенные числа, тем самым решил проблему, которая никому не давалась 1600 лет, и доказать четвертую гипотезу Никомаха. Рассмотрим его доказательство.

Пусть – четное совершенное число вида  $n = 2^\alpha m$ , где число  $m$  нечетно. Поскольку  $\text{НОД}(2^\alpha, m) = 1$ , получаем, что  $\sigma(n) = \sigma(2^\alpha)\sigma(m)$ . Так как  $n$

совершенно, мы получаем  $\sigma(n) = 2n$ . Тогда  $2n = \sigma(2^\alpha)\sigma(m)$ , или  $2 \cdot 2^\alpha m = (2^{\alpha+1} - 1)\sigma(m)$ . Таким образом, мы получаем  $2^{\alpha+1} m = (2^{\alpha+1} - 1)\sigma(m)$ . Поскольку НОД  $(2^{\alpha+1}, 2^{\alpha+1} - 1) = 1$ , можно утверждать, что  $2^{\alpha+1}$  делит  $\sigma(m)$  и  $2^{\alpha+1} - 1$  делит  $m$ . Значит,  $\sigma(m) = 2^{\alpha+1}t$  и  $m = (2^{\alpha+1} - 1)t$ ,  $t \in \mathbb{N}$ . Если  $t > 1$ , мы получаем, что  $\sigma(m) \geq 1 + t + m = (2^{\alpha+1} - 1)t = 2^{\alpha+1}t + 1 > 2^{\alpha+1}t = \sigma(m)$ , т.е. приходим к противоречию. Таким образом,  $t = 1$  и  $m = 2^{\alpha+1} - 1$ , тогда как  $\sigma(m) = 2^{\alpha+1}$ . Это означает, что  $\sigma(m) = m + 1$  и  $m = 2^{\alpha+1} - 1$  – простое число [2].

Эйлер продолжил исследования Декарта, пытаясь доказать, что нечётные совершенные числа (если существуют) обязаны иметь особую структуру. Согласно гипотезе, такое число  $n$  должно быть нечётным и удовлетворять условию  $\sigma(n) = 2n$ , где  $\sigma$ -функция учитывает сумму делителей. Анализируя свойства  $\sigma$ -функции для степеней простых чисел, Эйлер выяснил: если простое число возведено в нечётную степень, сумма его делителей будет чётной (например,  $\sigma(7^1) = 1 + 7 = 8$ ), а для чётных степеней – нечётной ( $\sigma(7^2) = 1 + 7 + 49 = 57$ ). Поскольку  $2n$  – чётное число, в разложении  $n$  может присутствовать лишь один простой множитель в нечётной степени, остальные – строго в чётных. Это подтвердило гипотезу Декарта, но существование таких чисел осталось недоказанным.

История поиска совершенных чисел тесно связана с числами Мерсенна  $(2^k - 1)$ . До 1952 г. было известно лишь 12 таких чисел.

С появлением компьютеров процесс ускорился: математик Рафаэль Робинсон за 10 месяцев на машине SWAC обнаружил 5 новых простых Мерсенна. К 1994 г. рекордным стало число  $(2^{859433} - 1)$  с 258 716 цифрами. В 1996 г. стартовал проект GIMPS, использующий распределённые вычисления. Благодаря ему найдено 17 новых чисел Мерсенна, включая 50-е  $(2^{77232917} - 1, 23 \text{ млн цифр})$  в 2017 г. Сейчас известно 51 такое число.

Несмотря на прогресс, вопрос о бесконечности совершенных чисел остаётся открытым. Хотя гипотеза Никомаха об их бесконечности пока не опровергнута, современные данные не позволяют сделать однозначный вывод.

**Вывод.** Современные исследования совершенных чисел объединяют относительно небольшую группу учёных – около 10-15 человек. Однако эта область остаётся перспективной для тех, кто увлечён математикой и ищет нестандартные задачи. Несмотря на многовековую историю изучения, здесь сохраняется пространство для открытий. Важно не бояться начинать, даже если успех не гарантирован. История науки показывает: многие прорывы рождались из попыток решить «бесполезные» на первый взгляд проблемы.

### Литература

1. Эдгулова Е.К. Алгоритмические основы информатики: учебное пособие / Е.К. Эдгулова, Т.Ю. Хаширова, Ф.Х. Дзамихова. – Нальчик: Каб.-Балк. Ун-т, 2024. – 108 с.
2. Деза Е. Фигурные числа: учебное пособие/ Е. Деза, М. Деза. – М.: МЦНМО, 2015. – 350 с.
3. Совершенные числа. Удивительная история поисков сверкающих звезд в бесконечном числовом мире. – URL: <https://habr.com> (дата обращения: 09.04.2025).

**Гатауллин Амир Шамилевич**, студент группы ИИЭиП, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.

e-mail: [realistfan2005@mail.ru](mailto:realistfan2005@mail.ru).

**Бобров Андрей Юрьевич**, студент группы ИИЭиП, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.

e-mail: [bobrovandrej79@gmail.com](mailto:bobrovandrej79@gmail.com)

Научный руководитель:

**Паленов Евгений Викторович**, старший преподаватель кафедры цифровой экономики, Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.

e-mail: [e.matematik@yandex.ru](mailto:e.matematik@yandex.ru)

## PERFECT NUMBERS: A HISTORICAL OVERVIEW AND CONTEMPORARY CHALLENGES IN NUMBER THEORY

*Annotation.* The article analyzes the historical development of perfect number research, from antiquity to modern computational methods. Key hypotheses, including the problem of the existence of odd perfect numbers, are considered. The results of the works of Euclid, Euler, Mersenne, and modern scientists are presented, and the prospects of using distributed computing to find new solutions are discussed.

*Keywords:* number theory, perfect numbers, Mersenne primes, odd perfect numbers, sigma function.

**Gataullin Amir Shamilevich**, student of IIEP group, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI», 420111, Russia, Kazan, K. Marks str., 10.

**Bobrov Andrey Yuryevich**, student of the group IIEP, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI», 420111, Russia, Kazan, K. Marks str., 10.

Scientific supervisor:

**Palenov Evgeny Viktorovich**, Senior Lecturer, Associate Professor, Department of Higher Mathematics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «A.N. Tupolev Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI», 420111, Russia, Kazan, K. Marks St., 10.





УДК 511

Ракипова В. Д.,

студ. группы ИСИ-9а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Симогин А. А.,

доцент кафедры высшей математики

ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

### ПРОСТЫЕ И СОСТАВНЫЕ ЧИСЛА

*Аннотация.* Данная научная работа посвящена исследованию фундаментальных понятий теории чисел – простых и составных чисел. В работе рассматриваются определения, основные свойства и методы определения простых чисел.

*Ключевые слова:* простое число, составное число, криптография, хеширование, единица.

**Введение.** Теория чисел, один из старейших разделов математики, занимается изучением свойств целых чисел. Фундаментальным понятием в этой теории являются простые числа – строительные блоки всех остальных чисел.

Простое число – натуральное число больше единицы, которое делится без остатка только на единицу и на само себя. Простые числа являются «кирпичиками» для построения всех остальных натуральных чисел посредством умножения. Примеры простых чисел: 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31 и т.д.

Составное число – натуральное число больше единицы, которое имеет делители, отличные от единицы и самого себя. Другими словами, составное число можно представить как произведение как минимум двух натуральных чисел, больших единицы. Примеры составных чисел: 4, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 18 и т.д.

Единица занимает особое положение. Она не является ни простым, ни составным числом. Это связано с тем, что у единицы только один делитель – сама единица. Если бы единица считалась простым числом, то основная теорема арифметики не выполнялась бы, так как любое число можно было бы разложить на простые множители бесконечным числом способов, просто добавляя множитель 1.

Основная теорема арифметики (теорема о единственности разложения на простые множители): Любое составное число можно представить в виде произведения простых чисел, и это представление единственно с точностью до порядка множителей. Например, число 12 можно представить как  $2 * 2 * 3$  или  $2 * 3 * 2$  или  $3 * 2 * 2$ , но набор простых множителей  $\{2, 2, 3\}$  всегда один и тот же. Эта теорема подчеркивает фундаментальную роль простых чисел в арифметике.

Существует бесконечно много простых чисел. Это утверждение было доказано еще Евклидом в его «Началах». Доказательство проводится от противного: предположим, что существует конечное число простых чисел, перемножим их и добавим единицу. Полученное число либо само является простым, либо делится на простое число, не входящее в исходный набор, что приводит к противоречию.

Простые числа распределены по натуральному ряду неравномерно. Хотя их бесконечно много, они встречаются все реже по мере увеличения чисел. Более того, существуют сколь угодно длинные последовательности составных чисел.

Рассмотрим методы определения простых чисел.

Решето Эратосфена: этот древний и элегантный алгоритм позволяет найти все простые числа до заданного предела  $n$ . Он работает следующим образом.

1. Создается список всех натуральных чисел от 2 до  $n$ .
2. Отмечается первое неотмеченное число в списке (изначально это 2) как простое.
3. Вычеркиваются все кратные этого числа, начиная с его квадрата (так как все меньшие кратные уже были вычеркнуты на предыдущих шагах).



4. Повторяются шаги 2 и 3, пока не будет достигнуто  $\sqrt{n}$ . Все оставшиеся неотмеченными числа в списке являются простыми.

Решето Эратосфена – эффективный метод для относительно небольших значений  $n$ , но для очень больших чисел он становится вычислительно затратным.

Проверка делимости: этот метод основан на прямой проверке делимости числа  $n$  на все простые числа, не превосходящие  $\sqrt{n}$ .

1. Если  $n$  делится на какое-либо простое число  $p \leq \sqrt{n}$ , то  $n$  – составное.

2. Если  $n$  не делится ни на одно простое число  $p \leq \sqrt{n}$ , то  $n$  – простое.

Несмотря на простоту, этот метод требует предварительного знания простых чисел до  $\sqrt{n}$ . Для больших  $n$  этот метод может быть менее эффективным, чем решето Эратосфена, особенно если простые числа до  $\sqrt{n}$  неизвестны.

Вероятностные тесты: в отличие от предыдущих детерминированных методов, вероятностные тесты не гарантируют 100% точность, но позволяют быстро определить, является ли число простым с высокой вероятностью. Эти тесты основаны на свойствах простых чисел и теории чисел. Два наиболее известных вероятностных теста:

Тест Миллера-Рабина: Основан на малой теореме Ферма и свойстве, что для любого простого числа  $p > 2$  и любого целого числа  $a$ , не делящегося на  $p$ , выполняется условие  $a^{(p-1)} \equiv 1 \pmod{p}$ . Тест многократно проверяет это условие с разными значениями  $a$ . Если условие не выполняется хотя бы для одного  $a$ , то число  $n$  – составное. Если условие выполняется для всех проверенных  $a$ , то число  $n$  вероятно простое. Вероятность ошибки можно сделать сколь угодно малой, увеличивая количество проверок.

Тест Соловея-Штрассена: также основан на свойствах простых чисел и символах Лежандра. Он менее популярен, чем тест Миллера-Рабина, так как имеет более высокую вероятность ошибки при том же количестве проверок.

Вероятностные тесты широко используются в криптографии и других областях, где требуется быстрая проверка на простоту для больших чисел. В случае необходимости абсолютной уверенности в простоте числа, после

прохождения вероятностного теста можно применить детерминированный алгоритм.

Простые числа, несмотря на свою абстрактную природу, играют важную роль в различных областях, далеко выходящих за рамки теоретической математики.

### 1. Криптография.

Шифрование RSA: Один из самых распространенных алгоритмов шифрования с открытым ключом, RSA, основан на сложности разложения больших чисел на простые множители. Открытый ключ содержит произведение двух больших простых чисел, в то время как закрытый ключ связан с самими этими числами. Безопасность RSA основывается на предположении, что разложение больших чисел на простые множители — вычислительно сложная задача. Это позволяет эффективно шифровать информацию, даже если открытый ключ известен всем.

Другие криптографические системы: простые числа также используются в других криптографических системах, таких как Диффи-Хеллмана и протокол эллиптических кривых, обеспечивая безопасную передачу данных и аутентификацию.

### 2. Хеширование.

Хеш-таблицы: Простые числа используются для определения размера хеш-таблиц. Выбор простого числа в качестве размера таблицы помогает минимизировать количество коллизий (когда разные ключи имеют одинаковое хеш-значение), что повышает эффективность поиска данных.

Криптографические хеш-функции: В некоторых криптографических хеш-функциях используются простые числа для обеспечения равномерного распределения хеш-значений и повышения стойкости к атакам.

### 3. Генерация псевдослучайных чисел.

Линейные конгруэнтные генераторы: В некоторых алгоритмах генерации псевдослучайных чисел используются простые числа для определения

параметров генератора, что позволяет получать последовательности чисел с хорошими статистическими свойствами.

#### 4. Акустика и музыка.

Расчет музыкальных интервалов: Простые числа используются в теории музыки для определения соотношений частот, соответствующих гармоническим интервалам.

Дизайн концертных залов: простые числа могут использоваться при проектировании концертных залов для минимизации акустических резонансов и улучшения качества звука.

#### 5. Тестирование оборудования.

Проверка памяти компьютеров: Простые числа используются в некоторых алгоритмах тестирования оперативной памяти для выявления ошибок.

#### 6. Биология.

Циклы жизни цикад: Некоторые виды цикад имеют жизненные циклы, основанные на простых числах (13 или 17 лет), что, предположительно, помогает им избежать синхронизации с хищниками.

**Выводы.** Простые числа – фундаментальные объекты в теории чисел и математике в целом. Их свойства и распределение продолжают быть предметом активных исследований. Понимание простых чисел имеет важное значение для решения многих задач в различных областях, от криптографии до теоретической физики.

### Литература

1. Виноградов, И. М. Основы теории чисел. – Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2003. – 176 с. – ISBN 5-93972-252-0.
2. Бухштаб, А. А. Теория чисел. — М.: Просвещение, 1966. – 384 с.
3. Василенко, О. Н. Теоретико-числовые алгоритмы в криптографии. — М.: МЦНМО, 2003. – 328 с. – ISBN 5-94057-103-4.
4. Кнут, Д. Искусство программирования, том 2. Получисленные алгоритмы. – М.: Вильямс, 2007. – 832 с.

**Ракипова Валерия Дмитриевна**, студентка группы ИСИ-9а, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [rakipova.v.d-isi-9a@donnasa.ru](mailto:rakipova.v.d-isi-9a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Симогин Анатолий Анатольевич**, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры высшей математики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [a.a.simogin@donnasa.ru](mailto:a.a.simogin@donnasa.ru)

## SIMPLE AND COMPOUND NUMBERS

*Annotation.* This scientific work is devoted to the study of the fundamental concepts of number theory – prime and composite numbers. The paper discusses definitions, basic properties, and methods for determining prime numbers.

*Keywords:* prime number, composite number, cryptography, hashing, unit.

**Rakipova Valeria Dmitrievna**, student of the ISI-9a group, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Simogin Anatoly Anatolievich**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Makeyevka, Derzhavin str., 2.





УДК 51(09)

Журбенко А.Н.,

студ. группы ЭП-316, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к. пед. н. Чудина Е.Ю.,

доцент кафедры высшей математики ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **ГИПОТЕЗА ПУАНКАРЕ И ЕЁ ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ГРИГОРИЕМ ПЕРЕЛЬМАНОМ**

*Аннотация.* В работе рассматривается история доказательства гипотезы Пуанкаре Григорием Перельманом, основные этапы и методы решения этой математической проблемы. Отмечено значение доказательства этой гипотезы для развития математики.

*Ключевые слова:* история математики, гипотеза Пуанкаре, семь проблем тысячелетия, Григорий Перельман.

**Введение.** Гипотеза Пуанкаре – одна из самых знаменитых задач математики, относящаяся к области топологии. Она была сформулирована французским математиком Анри Пуанкаре в 1904 году и долгое время оставалась нерешённой. Эта гипотеза не только имеет глубокий теоретический смысл, но и оказала значительное влияние на развитие современной математики. Её решение стало настоящим триумфом человеческой мысли и принадлежит российскому математику Григорию Перельману, который завершил доказательство в начале 2000-х гг.

Цель данного доклада – рассмотреть историю гипотезы Пуанкаре, её значение для математики, а также ключевые идеи, которые привели к её доказательству.

**История гипотезы Пуанкаре.** Гипотеза Пуанкаре возникла в контексте развития топологии – раздела математики, изучающего свойства пространств, которые сохраняются при непрерывных деформациях (растяжениях, сжатиях, скручиваниях). Анри Пуанкаре предложил вопрос, связанный с трёхмерными многообразиями.

Гипотеза Пуанкаре: Любое трёхмерное замкнутое односвязное многообразие гомеоморфно трёхмерной сфере  $S^3$  [4, с.54]. Здесь:

- *многообразие* – это топологическое пространство, которое локально выглядит как евклидово пространство;
- *односвязность* означает, что любую замкнутую кривую в этом пространстве можно непрерывно стянуть в точку;
- *гомеоморфизм* – это взаимно однозначное и непрерывное отображение между пространствами, сохраняющее их топологические свойства.

Простыми словами, гипотеза утверждает, что если трёхмерное пространство не имеет «дыр» и является компактным, то оно по сути представляет собой трёхмерную сферу.

**Значение гипотезы.** Гипотеза Пуанкаре стала одной из семи «проблем тысячелетия», за решение которых Математический институт Клэя назначил премию в размере одного миллиона долларов. Её важность заключается в том, что она связывает топологию с другими областями математики, такими как дифференциальная геометрия и анализ. Решение этой задачи позволило бы глубже понять структуру трёхмерных пространств и даже найти аналогии с физическими моделями Вселенной.

Кроме того, попытки доказать гипотезу Пуанкаре стимулировали развитие новых методов и теорий, таких как теория потоков Риччи, которая позже стала ключевым инструментом в работах Перельмана.

**Доказательство Григория Перельмана.** В 2002-2003 гг. Григорий Яковлевич Перельман опубликовал серию статей, содержащих доказательство гипотезы Пуанкаре. Его подход основывался на использовании метода потока

Риччи, предложенного ранее американским математиком Ричардом Гамильтоном.

**Основные методы доказательства:**

1. поток Риччи:

- это система дифференциальных уравнений, которая «сглаживает» геометрию многообразия, подобно тому, как тепловые процессы выравнивают температуру. Уравнение потока Риччи описывает эволюцию метрики многообразия во времени [3];

- однако при применении потока Риччи могут возникать особенности (например, «сужения» или «разрывы»), которые необходимо анализировать;

2. хирургия на многообразии:

- чтобы справиться с особенностями, Перельман предложил технику «хирургии»: исключать проблемные области и продолжать процесс потока на оставшихся частях многообразия [2];

- этот подход позволил ему контролировать эволюцию многообразия и доказать, что в конечном итоге оно становится гомеоморфным сфере;

3. обобщение на трёхмерный случай:

- Перельман расширил метод потока Риччи для трёхмерных многообразий, используя новые аналитические инструменты, такие как энтропия Перельмана и функционал  $F$  [1];

- эти инструменты позволили строго обосновать конечность процесса и доказать, что любое трёхмерное односвязное многообразие действительно гомеоморфно сфере.

**Признание и последствия.** После публикации своих статей Г. Перельман отказался от официального представления работы в рецензируемых журналах и не стремился лично объяснять свои результаты. Тем не менее, его доказательство было тщательно проверено математическим сообществом, и в 2006 г. Международный математический союз присудил Перельману Филдсовскую премию – высшую награду в математике, однако он отказался и от неё.

В 2010 г. Математический институт Клэя подтвердил, что гипотеза Пуанкаре решена, и предложил Перельману миллион долларов в качестве премии. Он снова отказался, заявив, что его работа уже получила достаточное признание.

**Заключение.** Доказательство гипотезы Пуанкаре Григорием Перельманом стало одним из величайших достижений математики XXI века. Оно не только решило одну из самых сложных задач, но и продемонстрировало мощь современных методов анализа и топологии. Работа Г. Перельмана вдохновила дальнейшие исследования в области геометрии и топологии, а его отказ от наград подчеркнул уникальность его личности и подхода к науке.

Гипотеза Пуанкаре остаётся символом того, как абстрактные математические идеи могут привести к глубокому пониманию структуры нашего мира.

### Литература

1. Perelman G. Finite extinction time for the solutions to the Ricci flow on certain three-manifolds. – URL: <https://arxiv.org/pdf/math/0307245> (дата обращения: 17.04.2025).
2. Perelman G. Ricci flow with surgery on three-manifolds. – URL: <https://arxiv.org/pdf/math/0303109> (дата обращения: 17.04.2025).
3. Perelman G. The entropy formula for the Ricci flow and its geometric applications. – URL: <https://arxiv.org/pdf/math/0211159> (дата обращения: 17.04.2025).
4. Бессьер, Л. Доказательство гипотезы Пуанкаре (по работам Г. Перельмана) / Л. Бессьер, Ж. Бессон, М. Буало // Матем. просв., сер. 3. – №24. – М.: Изд-во МЦНМО, 2019. – С. 53–69.

**Журбенко Андрей Николаевич**, студент гр. ЭП-31б, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [zhurbenko.a.n-ep-31b@donnasa.ru](mailto:zhurbenko.a.n-ep-31b@donnasa.ru)



Научный руководитель:

**Чудина Екатерина Юрьевна**, к. пед. н., доцент кафедры высшей математики, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 86123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [eka-chudina@ya.ru](mailto:eka-chudina@ya.ru)

## THE POINCARÉ HYPOTHESIS AND ITS PROOF BY GRIGORY PERELMAN

*Annotation.* The paper examines the history of the proof of the Poincaré hypothesis by Grigory Perelman, the main stages and methods of solving this mathematical problem. The importance of proving this hypothesis for the development of mathematics is noted.

*Keywords:* history of mathematics, Poincaré hypothesis, seven problems of the millennium, Grigory Perelman.

**Zhurbenko Andrey Nikolaevich**, student of the class of EP-31b, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Chudina Ekaterina Yuryevna**, PhD, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.



УДК 51

Черных С. В.,

студ. группы ИСИ-9а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Симогин А. А.,

доцент кафедры высшей математики

ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **АЛГЕБРАИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ И ИХ ПРИЛОЖЕНИЯ В КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУКАХ**

*Аннотация.* В данной статье рассматриваются фундаментальные алгебраические структуры и их ключевая роль в различных областях компьютерных наук.

*Ключевые слова:* группы, кольца, поля, решётки, алгебраические структуры, криптография.

**Введение.** Алгебраические структуры, представляющие собой формальные системы с определенными операциями и аксиомами, являются краеугольным камнем современной математики и играют все более важную роль в компьютерных науках. От разработки надежных криптографических протоколов до создания эффективных алгоритмов обработки данных, алгебраические методы обеспечивают мощный инструментарий для решения сложных вычислительных задач.

**Постановка задачи.** Несмотря на широкое применение алгебраических структур в компьютерных науках, существует ряд проблем, требующих дальнейших исследований. Одной из основных проблем является разработка эффективных алгоритмов для решения NP-полных задач с использованием алгебраических методов. Другой важной проблемой является защита

компьютерных систем от атак с использованием квантовых компьютеров. Решение этих проблем требует глубокого понимания алгебраических структур и их свойств, а также разработки новых алгоритмов и протоколов.

К основным алгебраическим структурам относятся: группы, кольца и поля. Группа – это множество (конечное или бесконечное), на котором определена бинарная операция (например, умножение), обладающая следующими свойствами:

1. Замкнутость: Результат применения операции к любым двум элементам множества также является элементом этого множества.

2. Ассоциативность: Операция подчиняется ассоциативному закону, то есть для любых элементов  $a, b, c$  выполняется равенство  $(a \times b) \times c = a \times (b \times c)$ .

3. Существование нейтрального элемента: В множестве существует элемент  $e$  (называемый нейтральным или единичным), такой что при применении операции к любому элементу  $a$  и  $e$  (в любом порядке) результатом будет  $a$  ( $a \times e = e \times a = a$ ).

4. Существование обратного элемента: для каждого элемента  $a$  в множестве существует элемент  $a^{-1}$  (называемый обратным к  $a$ ), такой что применение операции к  $a$  и  $a^{-1}$  (в любом порядке) дает нейтральный элемент  $e$  ( $a \times a^{-1} = a^{-1} \times a = e$ ). Обратный элемент для каждого  $a$  единственен.

Если в группе операция удовлетворяет коммутативному закону (то есть для любых элементов  $a$  и  $b$  верно равенство  $a \times b = b \times a$ ), то такая группа называется коммутативной или абелевой.

Если бинарная операция группы интерпретируется как умножение, то группу называют мультипликативной. Если операция интерпретируется как сложение, то группу называют аддитивной. В аддитивной группе нейтральный элемент обозначается как  $z$  (нуль), а для каждого элемента  $a$  существует единственный противоположный элемент  $-a$ , такой что  $(-a) + a = a + (-a) = z$ .

Множество натуральных чисел  $\mathbb{N}$  не образует группу относительно умножения из-за отсутствия обратных элементов для всех чисел, кроме 1.

Множество положительных действительных чисел является группой относительно умножения. Множество всех действительных чисел является группой относительно сложения (но на этом множестве нельзя определить обратный элемент для нуля относительно умножения).

Рассмотрим множества комплексных, действительных, рациональных и целых чисел. Для них характерна возможность выполнения операций сложения, умножения и вычитания, оставаясь в пределах исходного множества.

Кольцо – это множество, которое содержит сумму, произведение и разность любых двух своих элементов.

Примером кольца являются четные числа. Нечетные числа не образуют кольцо, поскольку сумма двух нечетных чисел есть четное число. Ни множество положительных, ни множество отрицательных чисел не являются кольцами. Для любых  $a$  и  $b$  из таких множеств  $a - b$ , либо  $b - a$  будет отрицательно, либо положительно.

Числовое кольцо называется числовым полем, если оно содержит частное любых двух своих чисел (делитель должен быть отличен от нуля). Таким образом, множества рациональных, действительных и комплексных чисел являются полями, а множество целых чисел полем не является.

Поле можно определить следующим образом: множество называется полем, если оно содержит как минимум два элемента и для них определены две бинарные операции: сложение и умножение.

При этом выполняются следующие свойства:

1. Операция сложения или умножения ассоциативна.
2. Операция сложения или умножения коммутативна.
3. Выполнима операция вычитания. То есть, для любых элементов поля  $\times a \times$  и  $\times b \times$  найдется элемент  $\times x \times$ , такой что  $\times a + x = b \times$ .
4. Выполнима операция деления (кроме деления на ноль). То есть, для любых элементов поля  $\times a \times$  и  $\times b \times$  (где  $\times a \neq 0 \times$ ) найдется элемент  $\times y \times$ , такой что  $\times a \times y = b \times$ .

5. Для поля выполняется дистрибутивный закон умножения относительно сложения:  $(a + b) \times c = a \times c + b \times c$ .

Алгебраические структуры часто называют "алгебрами". Они применяются в абстрактном моделировании, когда необходимо определить свойства и правила для какой-либо структуры, а также установить запреты, чтобы избегать ситуаций, нарушающих эти свойства и правила.

Рассмотрим применения алгебраических структур в двух важных областях компьютерных наук: криптографии и теории кодирования.

Эллиптические кривые в криптографии: эллиптическая кривая над полем  $\times K \times$  задается уравнением вида  $\times y^2 = x^3 + ax + b \times$ , где  $\times a, b \times \in \times K \times$  и  $\times 4a^3 + 27b^2 \neq 0 \times$ .

Эллиптические кривые используются в криптографии с открытым ключом (ECC) благодаря своей сложности в решении задачи дискретного логарифмирования на группе точек эллиптической кривой. ECC используется в протоколах TLS/SSL, SSH и других для обеспечения безопасной передачи данных.

Коды Рида-Соломона: коды Рида-Соломона (RS-коды) – это линейные блочные коды, широко используемые для исправления ошибок в системах хранения данных (например, CD, DVD, Blu-ray), а также в системах связи.

RS-коды основаны на теории полиномов над конечными полями. Информация кодируется в виде полинома, и затем вычисляются значения этого полинома в нескольких точках, которые передаются по каналу связи. Даже если некоторые из этих значений будут искажены, приемник сможет восстановить исходный полином и, следовательно, исходную информацию.

Постквантовая криптография на основе решеток: с развитием квантовых компьютеров существующие криптографические системы с открытым ключом, такие как RSA и ECC, становятся уязвимыми для атак с использованием алгоритма Шора. Постквантовая криптография (PQC) направлена на разработку криптографических алгоритмов, устойчивых к атакам как классических, так и квантовых компьютеров.

Решетки в PQC: криптографические системы на основе решеток, такие как LWE (Learning with Errors) и SIS (Short Integer Solution), считаются одними из наиболее перспективных кандидатов для PQC. Безопасность этих систем основана на сложности решения задач SVP (Shortest Vector Problem) и CVP (Closest Vector Problem) на решетках.

Также рассмотрим, как алгебраические структуры используются для решения задач оптимизации и анализа данных. Эти приложения демонстрируют универсальность и мощь алгебраических методов в различных областях компьютерных наук.

Линейное программирование (LP) – это метод оптимизации, который используется для нахождения оптимального значения линейной целевой функции при наличии линейных ограничений.

Алгебраические методы: симплекс-метод, основанный на алгебраических операциях с матрицами, является одним из наиболее распространенных алгоритмов для решения задач LP. Применяется в планировании производства, распределении ресурсов и логистике.

Целочисленное программирование (IP) – это метод оптимизации, который аналогичен линейному программированию, но с дополнительным ограничением, что переменные должны быть целыми числами.

Алгебраические методы: методы ветвей и границ, методы отсечения Гомори, основанные на алгебраических преобразованиях и решении линейных задач. Применяется в планировании расписаний, выборе оптимальных маршрутов.

**Выводы.** Алгебраические структуры, являясь фундаментом компьютерных наук и определяя правила операций для моделирования систем, находят широкое применение: от криптографии с использованием эллиптических кривых и созданием постквантовых алгоритмов, до теории кодирования с кодами Рида-Соломона, и задач оптимизации данных. Актуальной задачей остаётся разработка алгоритмов для NP-полных задач и

защиты от квантовых атак, а алгебра предоставляет надежную защиту для разработки постквантовых криптографических алгоритмов.

### Литература

1. Алгебраические структуры. – URL: [https://biblio.mccme.ru/sites/default/files/bookfiles/vinberg-iz\\_gl1.pdf](https://biblio.mccme.ru/sites/default/files/bookfiles/vinberg-iz_gl1.pdf) (дата обращения: 20.04.2025).
2. Коды Риды-Соломона с точки зрения обывателя. – URL: <https://asvk.cs.msu.ru/wp-content/uploads/2023/04/Kody-Rida-Solomona-1.pdf> (дата обращения: 20.04.2025).
3. Криптографические алгоритмы с открытым ключом и их использование. – URL: <https://intuit.ru/studies/courses/691/547/lecture/12391> (дата обращения: 20.04.2025).

**Черных София Владимировна**, студентка группы ИСИ-9а, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [chernyh.s.v-isi-9a@donnasa.ru](mailto:chernyh.s.v-isi-9a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Симогин Анатолий Анатольевич**, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры высшей математики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [a.a.simogin@donnasa.ru](mailto:a.a.simogin@donnasa.ru)

### ALGEBRAIC STRUCTURES AND THEIR APPLICATIONS IN COMPUTER SCIENCE

*Annotation.* This paper deals with fundamental algebraic structures and their key role in various areas of computer science.

*Keywords:* groups, rings, fields, lattices, algebraic structures, cryptography.

**Chernykh Sofia Vladimirovna**, student of ISI-9a group, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Simogin Anatoly Anatolievich**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Makeyevka, Derzhavin str., 2.







УДК 51-7

Высочин К.Ю.,

обучающийся РАСЛИ ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: Осипова Л.В.,

учитель математики высшей категории РАСЛИ ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСКОНЕЧНОМЕРНЫХ ГИЛЬБЕРТОВЫХ ПРОСТРАНСТВ**

*Аннотация.* Данная работа посвящена исследованию бесконечномерных гильбертовых пространств, которые представляют собой одну из ключевых концепций в области функционального анализа. В рамках данной работы мы будем рассматривать несколько ключевых аспектов: теоретические основы бесконечномерных гильбертовых пространств, анализ линейных операторов, в контексте гильбертовых пространств, их свойства. Мы представим различные примеры и задачи, которые помогут закрепить теоретические знания и развить навыки работы с бесконечномерными гильбертовыми пространствами.

*Ключевые слова:* гильбертовы пространства, ортогональность, линейные операторы, полные системы, унитарность, самосопряженность.

**Введение.** Гильбертово пространство – это математическая теория, которая описывает свойства евклидова пространства в бесконечной размерности. Обладая множеством уникальных свойств, эта теория находят широкое применение в различных областях математики и физики, включая, но, не ограничиваясь, дифференциальными уравнениями, квантовой механикой и геометрией. В последние десятилетия наблюдается растущий интерес к бесконечномерным гильбертовым пространствам, что связано с их важностью в теоретических и прикладных исследованиях. Однако, несмотря на это,

существует недостаток в понимании их свойств и приложений. Это подчеркивает актуальность нашего исследования, которое направлено на углубление знаний о бесконечномерных гильбертовых пространствах и их значении в современном математическом анализе.

**Постановка задачи.** Изучить теоретические основы и понятия гильбертовых бесконечномерных пространств, такие как ортогональность, базисы и полные системы, которые играют центральную роль в понимании структуры бесконечномерных гильбертовых пространств, спектральную теорию линейных операторов и ее применение в различных задачах, что позволит глубже понять взаимодействие между операторами и элементами гильбертовых пространств. Представить различные примеры и задачи, которые помогут закрепить теоретические знания и развить навыки работы с бесконечномерными гильбертовыми пространствами.

**Результаты.** Гильбертово пространство можно рассматривать, как обобщение евклидова пространства, на случай бесконечного числа измерений. Его абстрактное определение: это произвольное бесконечномерное линейное пространство, в котором для любых  $x$  и  $y$  из этого пространства задана функция  $(x, y)$ , называемая скалярным произведением и обладающая следующими свойствами:

1.  $(x, x) \geq 0$  и  $(x, x) = 0$  в том и только том случае, если  $x = 0$ ;

2.  $(x + y, z) = (x, z) + (y, z)$ ;

3.  $(\lambda x, y) = \lambda(x, y)$  для любого комплексного числа  $\lambda$ ;

4.  $(x, y) = \overline{(y, x)}$ . Черта над формулой обозначает действие комплексного сопряжения.

В нём, подобно трёхмерному пространству, определены понятия и расстояния, угла и ортогональности между векторами, а также операции сложения и умножения вектора на скалярную величину. Это позволяет описывать более сложные объекты и явления, такие как квантовое состояние частиц, турбулентные поля, изображения и звуковые сигналы. Сформированные на основе аксиом внутреннего произведения, бесконечномерные гильбертовы

пространства обеспечивают мощный математический инструмент для работы с комплексными объектами, такими как функции, последовательности и более сложные структуры.

Кроме того, бесконечномерные гильбертовы пространства обладают свойствами изометрии, которые позволяют сохранять структуру при преобразованиях и потенциально расширить применимость алгебраических и геометрических методов. Рассмотрение ортогональности как фундаментального свойства гильбертовых пространств позволяет глубже понять концепцию линейной независимости. Данное свойство играет решающую роль в задачах оптимизации и решения систем линейных уравнений, где минимизация погрешности является центральной проблемой [2].

Математическая структура бесконечномерных гильбертовых пространств также предполагает использование различных видов, норм и метрик, которые помогают исследовать их свойства. Одна из таких норм – евклидова норма. Она определяется через внутреннее произведение и обеспечивает мощный инструмент для дифференциального и функционального анализа [3].

Все перечисленные характеристики приводят к интересным и часто парадоксальным следствиям, таким как, теоремы о равномерной устойчивости, которые связывают модуль сходимости и частные производные.

**Линейные операторы в гильбертовых пространствах.** Линейные операторы в бесконечномерных гильбертовых пространствах представляют собой один из основных инструментов функционального анализа. Эти операторы позволяют формализовать и обобщить многие математические идеи и методы, что делает их незаменимыми в самых различных областях. Важнейшим аспектом является область определения оператора, которая определяет, какие элементы пространства (векторы) могут быть преобразованы этим оператором. Определение области значений указывает, какие результаты могут быть получены [3].

Линейный оператор  $A$  осуществляет отображение гильбертова пространства  $H$  в себя ( $A: H \rightarrow H$ ), удовлетворяя свойству линейности: для

любых элементов  $x$  и  $y$ , принадлежащих пространству  $H$ , и произвольных скалярных величин  $\alpha$  и  $\beta$  справедливо равенство  $A(\alpha x + \beta y) = \alpha A(x) + \beta A(y)$ .

Норма линейного оператора, обозначаемая как  $\|A\|$ , определяет, насколько данный оператор может «изменить» векторы в своем действии. Она является мерой «размера» оператора и используется в различных теоремах и леммах для анализа его свойств. Например, для любого оператора  $A$  выполняется равенство  $\|Ax\| \leq \|A\| \cdot \|x\|$  для всех векторов  $x$  из области определения. [4]

Линейные операторы классифицируются на несколько типов, каждый из которых имеет особые свойства. В первую очередь, это симметрические и самосопряженные операторы. Симметрический оператор в комплексном или действительном гильбертовом пространстве – это оператор, который удовлетворяет равенству  $(Ax, y) = (x, Ay)$  для всех  $x, y$  из области определения  $A$ . Самый распространенный оператор – это оператор, который совпадает со своим сопряженным, то есть для любых векторов  $x, y$  выполняется равенство  $(Ax, y) = (x, Ay)$ . Самосопряжённые операторы, в свою очередь являются частным случаем симметрических и имеют дополнительные свойства, которые делают их особенно важными в квантовой механике и теории спектров [3].

Другой тип операторов, на который следует обратить внимание, это унитарные операторы. Если для оператора  $A$  выполнено  $((A(x), A(y)) = (x, y))$ , то он называется унитарным. Они сохраняют нормы векторов и обеспечивают изометрические преобразования. Важными также являются интегральные операторы, которые представляют собой варианты линейных операторов, заданных через интегралы, и дифференциальные операторы, играющие ключевую роль в теории дифференциальных уравнений. [4]

**Методы исследования и решения задач.** Методы исследования бесконечномерных гильбертовых пространств используются для понимания различных аспектов структурных пространств, а также для решения как теоретических, так и практических задач. Одним из центральных пунктов является использование линейных операторов, которые являются основным пунктом исследований в данной области [1].

При рассмотрении бесконечномерных гильбертовых пространств, важное место занимают концепции полноты и внутреннего произведения. Полнота пространства позволяет применять методы математического анализа для изучения свойств и взаимодействия функций, что является ключевым в анализе комплексных дифференциальных уравнений и других математических объектов. Кроме того, внутреннее произведение предоставляет ресурсы для оценки длины и углов между векторами, что способствует геометрической интерпретации результатов [3].

Методы, применяемые для исследования этих пространств, сильны благодаря таким теоремам, как теорема Банаха-Штейнгауза. Эта теорема рассматривает слабо ограниченные множества и их свойства, позволяя делать выводы об отображениях различных операторов. Исследование функциональных пространств ведет к новым результатам в гармоническом анализе и функциональном анализе, позволяя использовать коэффициенты Фурье и другие техники при исследовании структур [2].



Рис.1. Применение гильбертовых пространств в решении дифференциальных уравнений.

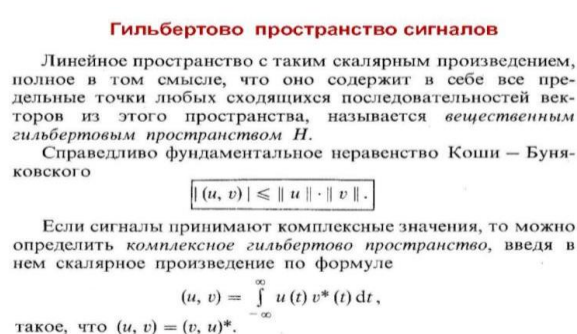


Рис.2. Методы исследования в бесконечномерных гильбертовых пространствах.

Практические приложения бесконечномерных гильбертовых пространств также имеют значительную ценность. К примеру, в рамках дифференциальных уравнений методы гильбертовых пространств, применяются для нахождения решений и исследований устойчивости динамических систем. Эти операторы позволяют формулировать уравнения и системы, которые затем могут быть исследованы с помощью методов анализа [3].

Исследование бесконечномерных гильбертовых пространств осуществляется непрерывно, что позволяет не только развивать теорию, но и адаптировать ее к новым вопросам, которые возникают в различных областях математики. Применение различных методов, таких как функциональный анализ и операторная теория, открывают новые подходы к решению задач [2].

**Заключение.** Таким образом, актуальными остаются задачи по оптимизации структуры гильбертовых пространств, для приложений. Например, в вычислительных исследованиях или маркетинговом анализе, где большие объемы данных необходимо обрабатывать в реальном времени. Растущий интерес к взаимодействию гильбертовых пространств и других научных дисциплин заставляет исследователей искать междисциплинарные подходы. Каждое новое открытие в этой области может привести к значительным достижениям в таких дисциплинах, как биология, экономика и экология. Исследования, сосредоточенные на подобных пересечениях, могут открыть новые горизонты для будущих исследований, предоставляя возможности для публикации и внедрения новых идей.

### Литература

1. Гильбертово пространство. – URL: [https://tr-page.yandex.ru/translate?lang=en-ru&url=https://en.wikipedia.org/wiki/hilbert\\_space](https://tr-page.yandex.ru/translate?lang=en-ru&url=https://en.wikipedia.org/wiki/hilbert_space) (дата обращения: 01.04.2025).
2. Линейные операторы в гильбертовом пространстве. – URL: <https://alexandr4784.narod.ru/rmpdf/rm07.pdf> (дата обращения: 01.04.2025).
3. Ахиезер Н.И. Теория линейных операторов / Н.И. Ахиезер, И.М. Глазман. – URL: [https://vk.com/wall-49053453\\_5472](https://vk.com/wall-49053453_5472) (дата обращения: 01.04.2025).

**Высочин Кирилл Юрьевич**, обучающийся РАСЛИ ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [vysochin.k.yu-10a@donnasa.ru](mailto:vysochin.k.yu-10a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Осипова Людмила Владимировна**, учитель математики высшей категории РАСЛИ ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [l.v.osipova@donnasa.ru](mailto:l.v.osipova@donnasa.ru)

## INVESTIGATION OF INFINITE-DIMENSIONAL HILBERT SPACES

*Annotation.* This paper is devoted to the study of infinite-dimensional Hilbert spaces, which represent one of the key concepts in the field of functional analysis. In this paper, we will consider several key aspects: the theoretical foundations of infinite-dimensional Hilbert spaces, the analysis of linear operators in the context of Hilbert spaces, and their properties. We will present various examples and tasks that will help consolidate theoretical knowledge and develop skills in working with infinite-dimensional Hilbert spaces.

*Keywords:* Hilbert spaces, orthogonality, linear operators, complete systems, unitarity, self-conjugacy.

**Vysochin Kirill**, a student of the RAS Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Osipova Lyudmila Vladimirovna**, mathematics teacher of the highest category of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.





УДК 514

Гайнетдинов И.Р.,

студ. группы 6201 ИИЭиП, ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ»

Научный руководитель: Палёнов Е.В.,

ст. преподаватель кафедры цифровой экономики и  
кафедры специальной математики ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ»

## **ОТ ПЛАТОНА ДО ПЛАТО: ЯЧЕЙКИ С ПЛОСКИМИ И СЛЕГКА ИЗОГНУТЫМИ ГРАНЯМИ**

*Аннотация.* Рассматриваются пространственные тесселяции – от Платоновых тел до ячеистых структур с криволинейными гранями. Вводится понятие комбинаторной эквивалентности, позволяющее связывать сложные формы с классическими многогранниками. Примеры из природы, такие как пены и эпителий, показывают, что даже при сильной кривизне сохраняется структурная близость к многогранным тесселяциям. Обсуждается необходимость расширения геометрической классификации для учёта таких форм.

*Ключевые слова:* Платоновы тела, тесселяции, многогранники, комбинаторная эквивалентность, криволинейные грани, пены, эпителий.

Первая геометрическая теория заполнения пространства (или тесселяций) уходит корнями в философию Платона. Он утверждал, что пять правильных многогранников – Платоновы тела – могут заполнять пространство без зазоров и образуют четыре стихии: землю, воздух, огонь и воду, а пятый – додекаэдр – строит саму Вселенную. Однако позже выяснилось, что эта идея не совсем верна. Например, Аристотель считал, что только куб и тетраэдр способны полностью заполнить пространство. Правда, он ошибался – регулярный тетраэдр на самом



деле не может сам по себе заполнять пространство. Но существуют особые тетраэдрические структуры, которые это делают, и к ним мы ещё вернёмся.

Идеи Платона позже были развиты в изучении неевклидовых структур, где действительно все Платоновы тела могут заполнять пространство. Эти работы привели к появлению важного понятия – твёрдого угла, который стал ключевым инструментом при описании комбинаторных свойств выпуклых тесселяций (заполнений пространства выпуклыми многогранниками без зазоров и наложений).

Такие тесселяции хорошо описывают разные природные явления – от процессов разрушения (фрагментации) до формирования песчаных дюн на Марсе и даже организации молекул в тонких слоях. Однако в реальности геометрия тесселяций часто оказывается сложнее, чем просто набор многогранников. Но, несмотря на это, многие из этих сложных структур можно комбинаторно связать с многогранными тесселяциями.

Проще говоря, представим, что тесселяция сделана из резины. Мы можем её растягивать, сгибать – но если части при этом не разрываются и не слипаются, то взаимное расположение граней, рёбер и узлов сохраняется. Такие тесселяции считаются комбинаторно эквивалентными. Даже если грани становятся кривыми, а рёбра – изогнутыми, такая структура может по-прежнему быть «родственна» многогранной тесселяции с точки зрения их взаимных связей.

Эта идея хорошо иллюстрируется в пенах (рис. 1), структура которых описывается законами Платона. Примером может служить структура Кельвина или её более совершенная версия – структура Уэйра-Филэна. В них рёбра и грани слегка изогнуты, но в целом такие структуры почти не отличаются от многогранных.

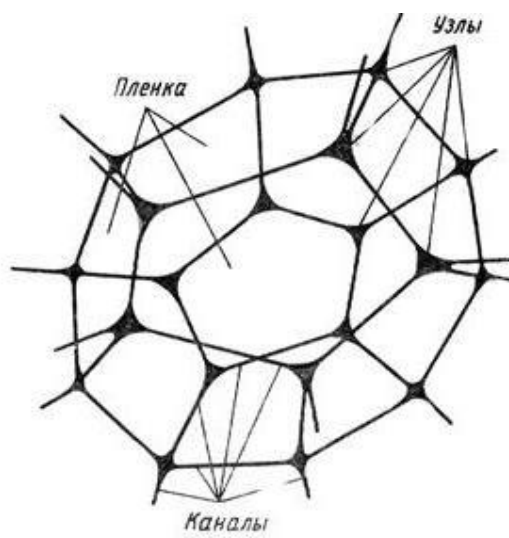


Рис. 1. Модель пены

Ещё один интересный пример – эпителиальные ткани. Ячейки в них также имеют изогнутые рёбра и грани, но, в отличие от пены, вся структура в целом уже не является комбинаторно эквивалентной никакой многогранной тесселяции. Здесь кривизна возникает именно из-за необходимости плотно заполнять пространство.

Несмотря на разные причины появления кривизны, все эти структуры похожи в одном: грани и рёбра всё ещё пересекаются под ненулевыми углами, а радиусы их изгиба достаточно большие по сравнению с размерами самих ячеек. Именно поэтому такие структуры всё ещё можно считать близкими к многогранным тесселяциям и использовать их как модели. Однако, что удивительно, в теории тесселяций до сих пор не придумали отдельную категорию для описания структур, где кривизна уже играет важную роль.

В ходе работы была рассмотрена эволюция представлений о тесселяциях – от Платоновых тел к современным моделям с криволинейными гранями. Показано, что даже сложные формы, встречающиеся в природе, можно связать с классическими многогранниками с помощью понятия комбинаторной эквивалентности. Это позволяет объяснить, почему структуры вроде пен или эпителиальных тканей, несмотря на изогнутые грани и рёбра, сохраняют схожую организацию. Сделан вывод, что существующая теория тесселяций требует

расширения, чтобы учитывать такие формы, где кривизна играет важную роль, а не является просто случайным отклонением.

### Литература

1. Gábor Domokos. Soft cells and the geometry of seashells / Gábor Domokos, Alain Goriely, Ákos G Horváth, Krisztina Regős. – PNAS Nexus. – Volume 3, Issue 9. September 2024. – Pp. 311.

**Гайнетдинов Ильгизар Равилович**, студент группы ИИЭиП, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.

e-mail: [gaynetdinovlr@stud.kai.ru](mailto:gaynetdinovlr@stud.kai.ru)

Научный руководитель:

**Палёнов Евгений Викторович**, старший преподаватель кафедры цифровой экономики и кафедры специальной математики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.

e-mail: [e.matematik@yandex.ru](mailto:e.matematik@yandex.ru)

### FROM PLATO TO PLATEAU: CELLS WITH FLAT AND SLIGHTLY CURVED FACES

*Annotation.* Spatial tessellations are considered, ranging from Platonic solids to cellular structures with curved faces. The concept of combinatorial equivalence is introduced, which makes it possible to connect complex shapes with classical polyhedra. Examples from nature, such as foams and epithelium, show that even with strong curvature, structural proximity to multifaceted tessellations remains. The necessity of expanding the geometric classification to account for such shapes is discussed.

*Keywords:* Platonic solids, tessellations, polyhedra, combinatorial equivalence, curved faces, foams, epithelium.

**Gainetdinov Ilgizar Ravilevich**, student of the group ИЕР, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI», 420111, Kazan, K. Marks str., 10.

Scientific supervisor:

**Palenov Evgeny Viktorovich**, Senior Lecturer departments of digital economics and departments of special mathematics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «A.N. Tupolev Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI», 420111, Kazan, K. Marks str., 10.





УДК 51-7

Томашук А.И.,

обучающийся РАСЛИ ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: Осипова Л.В.,

учитель математики высшей категории РАСЛИ ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **ЗОЛОТОЕ СЕЧЕНИЕ, МАТЕМАТИКА, СТРОИТЕЛЬСТВО: ГАРМОНИЧНАЯ СВЯЗЬ**

*Аннотация.* В данной работе исследуется золотое сечение – ключевое понятие, объединяющее математику и архитектуру. Дается математическое определение золотого сечения и проанализирована его взаимосвязь с последовательностью Фибоначчи. Представлен практический подход к использованию золотого сечения для совершенствования компоновки интерьерных элементов. Также рассматриваются методы построения правильного пятиугольника и золотой спирали.

*Ключевые слова:* золотое сечение, числа Фибоначчи, золотая спираль, правильный пятиугольник, пропорции.

**Введение:** В области архитектуры и дизайна понятие золотого сечения неразрывно связано с последовательностью Фибоначчи, которая генерирует золотую спираль. Эти математические концепции, выраженные в виде непрерывных дробей, проявляются в геометрических фигурах, таких как правильный пятиугольник, и играют ключевую роль в формировании гармоничных и эстетичных пропорций в дизайне. Знание этих принципов даёт архитекторам и дизайнерам возможность целенаправленно конструировать пространство, стремясь к достижению идеального равновесия и визуальной привлекательности [1].

Цель нашего исследования – изучить золотое сечение и его многообразные проявления.

**Постановка задачи.** Проанализировать математическое определение золотого сечения и установить его связь с последовательностью Фибоначчи.

Исследовать математические свойства золотого сечения, в том числе спираль Фибоначчи и её представление в виде непрерывной дроби. Выявить связь правильного пятиугольника с золотым сечением. Предоставить конкретные примеры использования золотого сечения в проектировании интерьеров.

**Результаты.** Представлена разработанная методика, позволяющая использовать принцип золотого сечения для оптимального размещения картин на стенах. При этом точно вычисляются необходимые пропорции. Предложенный подход представляет собой совокупность теоретических исследований свойств золотого сечения и практических рекомендаций по его применению в вопросах оформления интерьеров жилых помещений. Золотое сечение, обозначаемое греческой буквой  $\varphi$  (фи), представляет собой иррациональное число. Оно характеризуется отношением длин отрезков, при котором отношение длины всего отрезка к длине большей части равно отношению длины большей части к длине меньшей.

Данное соотношение может быть математически выражено следующим образом:

$$(a + b) / a = a / b = \varphi = 1,6180339887...,$$

где  $a$  обозначает большую часть,  $b$  – меньшую часть, а  $\varphi$  представляет собой золотое сечение [2].

Вывести приблизительное алгебраическое значение сложно. Представим единичную прямую и разобьем ее на два отрезка. Теперь обозначим длину большего отрезка за  $x$ , а длину меньшего отрезка за  $x_1$ . Подставим эти значения в формулу золотой пропорции и получим квадратное уравнение относительно единицы. Решив его, найдем значения  $x$ . После проведения указанной операции мы можем получить точный численный эквивалент золотой пропорции

посредством инвертирования дроби и последующего умножения её на сопряжённое выражение.

$$1/x = x/(1-x) \Rightarrow x^2 = 1-x \Rightarrow x = (-1 \pm \sqrt{5})/2 \Rightarrow 2/(\sqrt{5}-1) = (\sqrt{5}+1)/2 =$$

$$\varphi = 1,6180339887....$$

Это и будет точное значение золотого сечения [2].

**Спираль Фибоначчи.** Спираль Фибоначчи представляет собой логарифмическую спираль, характеризующуюся постоянным углом наклона и неизменной формой при увеличении масштаба. Её построение основано на пропорциях золотого сечения.

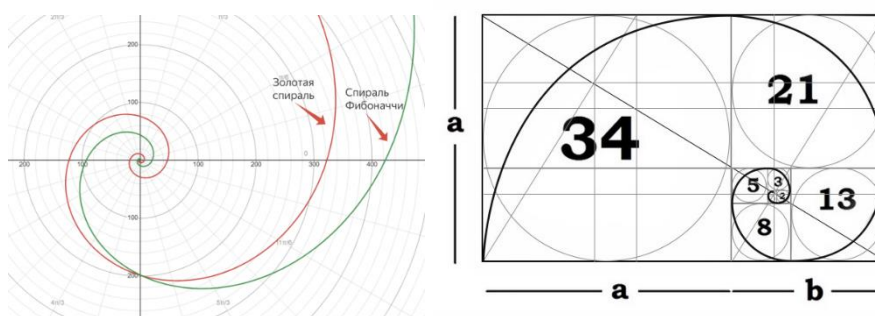


Рис.1. Спираль Фибоначчи

На представленном графике зелёной линией изображена спираль Фибоначчи, заданная уравнением  $r = \varphi^\theta$ . Красной линией представлена золотая спираль, описываемая уравнением  $r = \varphi^{(2\theta/\pi)}$ .

**Связь с золотым сечением.** Соотношение двух соседних чисел Фибоначчи приближается к золотой пропорции при стремлении их порядковых номеров к бесконечности. Это указывает на то, что отношение любого числа Фибоначчи к предыдущему ( $3/2, 5/3, 8/5, 13/8, 21/13$ ) асимптотически стремится к значению золотой пропорции [3].

**Построение правильного пятиугольника.** Для построения правильного пятиугольника посредством циркуля и линейки необходимо выполнить последовательность шагов:

1. Конструирование окружности: сначала чертится окружность, служащая основой для пятиугольника. Центр этой окружности обозначается точкой О, а радиус - как расстояние от точки О до любой точки на окружности.

2. Разделение окружности на пять равных частей: этот этап является наиболее сложным и требует определения углов, соответствующих делению окружности на 5 равных частей. Каждый такой угол равен  $72^\circ$  ( $360^\circ / 5 = 72^\circ$ ). Построение угла в  $72^\circ$  осуществляется посредством последовательного деления окружности на 2, 3 и 4 части с последующим уточнением до деления на 5 равных частей.

3. Формирование сторон пятиугольника: после определения угла в  $72^\circ$ , можно построить пятиугольник. Нужно просто отложить этот угол по окружности пять раз, чтобы получить 5 вершин, которые затем соединяются отрезками прямых.

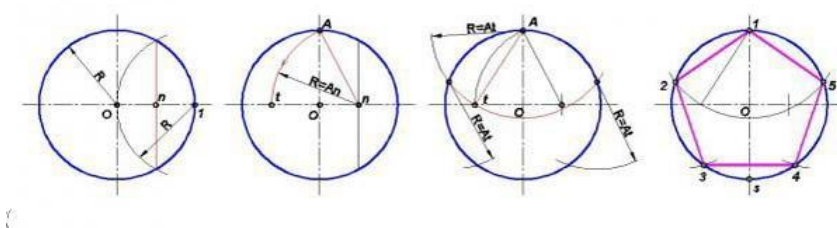


Рис. 2. Построение правильного пятиугольника с помощью циркуля

**Связь с золотым сечением.** Правильный пятиугольник обладает уникальными свойствами, тесно связанными с золотым сечением. Отношение длины диагонали ( $d$ ) к длине стороны ( $s$ ) в правильном пятиугольнике равно золотому сечению ( $\phi$ ):  $d/s = \phi$  или  $d = \phi \times s$  [4].

**«Золотое сечение» в интерьере.** Рассмотрим практическое применение принципа золотого сечения на примере размещения картины на стене. Предположим, что стена имеет высоту 3,06 метра и ширину 3,65 метра. Как разделить стену по золотому сечению?

Высота стены составляет 3,06 метра. Согласно принципу золотого сечения, длина стены может быть разделена на две части, соотношение которых равно 1,618. Для определения точки деления, соответствующей золотому сечению, можно воспользоваться следующей пропорцией:

$$3,06 / x = x / (3,06 - x)$$



Решая данное уравнение относительно  $x$ , мы можем найти длину большей части стены. Уравнение может быть преобразовано в квадратное уравнение:

$$3,06(3,06 - x) = x^2$$

Раскроем скобки, получим квадратное уравнение, решим его. При решении уравнения мы получили два корня:  $x_1 = 1.891184006...$  и  $x_2 = -4.951184006$ . Из физического смысла задачи следует, что нам подходит только положительное значение. Следовательно, большая сторона будет равна приблизительно 1.891 метра. Отсюда можно вычислить длину меньшей стороны.

*Ширина стены (3,65 метра).* Применим к ней принцип золотого сечения. Для этого необходимо решить следующее уравнение:  $3,65 / x = x / (3,65 - x)$ . Решая данную пропорцию относительно  $x$ , получаем квадратное уравнение:

$$3,65 \cdot (3,65 - x) = x^2.$$

Далее следует раскрыть скобки и найти решение этого квадратного уравнения, которое преобразуется к виду  $-x^2 - 3,65x + 13,3225 = 0$ . Решая его, мы получаем два корня:

$$x_1 = (-3,65 + \sqrt{66,6125}) / 2 \approx 2,255824059...$$

$$x_2 = (-3,65 - \sqrt{66,6125}) / 2 \approx -5,905824059...$$

Из физического смысла задачи следует, что нас интересует только положительный корень. Для обеспечения эстетичной композиции произведения искусства на стене необходимо учитывать вычисленные пропорции [1].

*Вертикальное размещение:* Центр картины должен находиться на высоте 1,891 метра от нижнего края стены.

*Горизонтальное размещение:* Центр картины должен быть расположен на расстоянии 2,256 метра от бокового края стены.

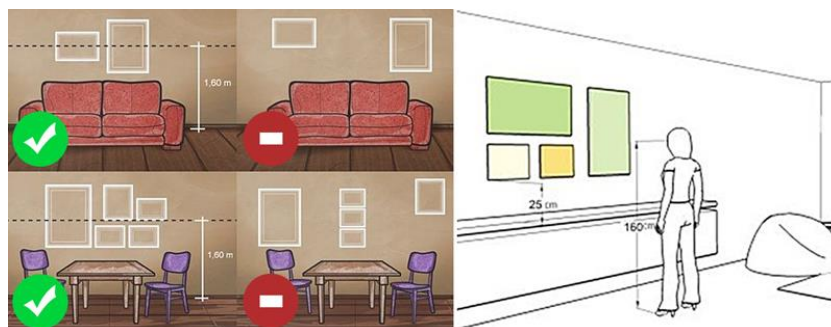


Рис. 3. Как правильно развесить картины

**Заключение.** В завершение следует отметить, что золотое сечение представляет собой фундаментальный математический и архитектурный принцип, способствующий созданию гармоничных пропорций и эстетической привлекательности в многообразных сферах, начиная от композиции художественных произведений и заканчивая проектированием сооружений.

#### **Литература:**

1. Савин А. Число Фидия / Квант. – 1997. – № 8. – URL: <https://kvant.mccme.ru/pdf/1997/06/kv0697kaleid.pdf> (дата обращения: 01.04.2025).
2. Бендукидзе А. Д. Золотое сечение / Квант. – 1973. – №6. – URL: [https://kvant.mccme.ru/1973/08/zolotoe\\_sechenie.htm](https://kvant.mccme.ru/1973/08/zolotoe_sechenie.htm) (дата обращения: 01.04.2025).
3. Прохоров А. И. Золотая спираль / Квант. – 1984. – № 8. – URL: [https://kvant.mccme.ru/1984/09/zolotaya\\_spiral.htm](https://kvant.mccme.ru/1984/09/zolotaya_spiral.htm) (дата обращения: 01.04.2025).
4. Золотое сечение. – URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/Goldener\\_Schnitt](https://de.wikipedia.org/wiki/Goldener_Schnitt) (дата обращения: 01.04.2025).
5. Радзюкевич А. В. К вопросу о научном изучении пропорций в архитектуре и искусстве. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-nauchnom-izuchenii-proportsiy-v-arhitekture-i-iskusstve/viewer> (дата обращения: 01.04.2025).
6. Зубов В. П. Архитектурная теория Альберти. – Санкт-Петербург: Алетейя, 2001. – 464 с.

**Артем Игоревич Томащук**, обучающийся РАСЛИ ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [tomaschuk.a.i-fm-1@donnasa.ru](mailto:tomaschuk.a.i-fm-1@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Осипова Людмила Владимировна**, учитель математики высшей категории РАСЛИ «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [l.v.osipova@donnasa.ru](mailto:l.v.osipova@donnasa.ru)

## **GOLDEN RATIO, MATHEMATICS, CONSTRUCTION: HARMONIOUS CONNECTION**

*Annotation.* This paper explores the golden ratio, a key concept that unites mathematics and architecture. The mathematical definition of the golden ratio is given and its relationship with the Fibonacci sequence is analyzed. A practical approach to using the golden ratio to improve the layout of interior elements is presented. Methods of constructing a regular pentagon and a golden spiral are also considered.

*Keywords:* golden ratio, Fibonacci numbers, golden spiral, regular pentagon, proportions.

**Tomashchuk Artem**, a student of RAS Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Osipova Lyudmila Vladimirovna**, mathematics teacher of the highest category, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.





УДК 51-7

Усачев С. А.,

студ. группы 6201, ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ»

Научный руководитель: Палёнов Е. В.,

старший преподаватель кафедры цифровой экономики

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ»

## **ЧИСЛА ФИБОНАЧЧИ: МАТЕМАТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПРИЛОЖЕНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ**

*Аннотация.* Статья посвящена исследованию чисел Фибоначчи – одной из наиболее известных рекуррентных последовательностей в математике.

*Ключевые слова:* числа Фибоначчи, золотое сечение, рекуррентные последовательности, алгоритмы, природные паттерны.

**Введение.** Числа Фибоначчи, впервые описанные Леонардо Пизанским в XIII веке, представляют собой последовательность, где каждый элемент равен сумме двух предыдущих. Изначально использовавшиеся для моделирования роста популяции кроликов, эти числа получили широкое распространение в науке благодаря уникальным математическим свойствам и гармоническим пропорциям, связанным с золотым сечением.

Цель работы – систематизировать знания о числах Фибоначчи, выделив следующие аспекты: исторический контекст; математические свойства; современные данные.

### *Исторический контекст*

Последовательность, где каждый элемент равен сумме двух предыдущих:  $F_n = F_{(n-1)} + F_{(n-2)}$ ,  $F_0 = 0$ ,  $F_1 = 1$ , была впервые систематизирована Леонардо Пизанским (Фибоначчи) в 1202 году в труде «Liber Abaci». Однако её следы обнаруживаются:

- в древнеиндийской поэзии (метрические схемы «матрамеру»);
- в архитектуре Парфенона (пропорции  $5:8 \approx 0.625$  – близко к золотому сечению  $\phi = 1,618$ );
- в библейских текстах (числа 3, 5, 8 в описании Ноева ковчега).

#### *Математические свойства*

##### 1. Формула Бине

Формула позволяет вычислить  $n$ -е число Фибоначчи без рекурсии, используя степени золотого сечения:

$$F_n = \frac{\phi^n - (-\phi)^{-n}}{\sqrt{5}}, \text{ где } \phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2}.$$

Устраняет необходимость рекурсивных вычислений, что критично для больших  $n$  (например, в криптографии с ключами на основе  $F(10^6)$ ).

2. Предел отношения последовательных чисел объясняет, почему золотое сечение возникает в природных структурах, таких как спирали галактик или рост растений, где эффективное заполнение пространства требует оптимального соотношения.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{F_{n+1}}{F_n} = \phi.$$

#### *Современные данные*

##### 1. Метод Фибоначчи в оптимизации

Алгоритм минимизирует количество итераций для поиска экстремума функции на отрезке  $[a, b]$ .

Пример: для функции  $f(x) = x^2 + 3x$  метод Фибоначчи находит минимум за  $y = x(\log n)$  шагов, тогда как дихотомический метод требует  $y = x(n)$  (табл. 1).

Таблица 1. Сравнение методов оптимизации

Метод	Кол-во итераций	Сложность
Фибоначчи	~12	$x(\log n)$
Дихотомический	~20	$x_n$

## 2. Криптография

Последовательности Фибоначчи используются в генераторах псевдослучайных чисел (например, Fibonacci LFSR) из-за их нелинейности и сложности предсказания. Такие генераторы имеют длинный период и низкую корреляцию между битами, что усложняет криптоанализ.

Числа Фибоначчи используются для создания S-блоков (таблиц подстановки) в блочных шифрах. S-блоки, основанные на операциях с числами Фибоначчи, повышают стойкость к линейному и дифференциальному криптоанализу.

В некоторых алгоритмах (например, на основе решеток) свойства чисел Фибоначчи помогают строить задачи с вычислительной сложностью, устойчивые к атакам.

### *Финансовый анализ*

Метод Фибоначчи в финансовом анализе применяется для прогнозирования ценовых движений на основе уровней коррекции и расширения, связанных с золотым сечением  $\phi = 1.618$ .

Уровни коррекции Фибоначчи:

Ключевые проценты: 38,2%, 50%, 61,8%, 78,6%.

Рассчитываются как доли от предыдущего тренда следующим образом

$$38,2\% = 1 - \phi^{-1},$$

$$61,8\% = \phi^{-1},$$

50% – не является числом Фибоначчи, но широко используется как психологический уровень,

$$78,6\% = \sqrt{\phi^{-1}}.$$

По правилам, инструмент «Уровни Фибоначчи» растягивается от начала тренда к его окончанию (на самом деле, если вы растянете уровни, наоборот, от конца к началу, в Quik разницы не будет). Если растянуть его таким образом, то получившиеся уровни станут возможными целям для коррекции. От этих уровней можно входить по тренду, либо использовать в качестве цели в контр-трендовых сделках.

**Выводы.** Формула Бине демонстрирует, как числа Фибоначчи связывают дискретную математику с линейной алгеброй. Междисциплинарность: В биологии – оптимизация пространственного роста. В информатике – эффективные алгоритмы и защита данных. В физике – моделирование фрактальных структур. Исследование чисел Фибоначчи в квантовых вычислениях и нейросетях для создания адаптивных моделей.

### Литература

1. Воробьев, Н.Н. Числа Фибоначчи. – М.: Наука, 1984. – 144 с.
2. Кнут, Д. Искусство программирования. Том 3. – М.: Вильямс, 2001. – 832 с.
3. <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/urovni-fibonachchi-cto-eto-i-kak-ikh-ispol-zovat-v-treidinge>

**Усачев Семён Алексеевич**, студент группы 6201, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», 420111, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.

e-mail: [justsemen63@gmail.com](mailto:justsemen63@gmail.com)

Научный руководитель:

**Палёнов Евгений Викторович**, старший преподаватель кафедры цифровой экономики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный

исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», 420111,  
Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.

e-mail: [eVPalyenov@kai.ru](mailto:eVPalyenov@kai.ru)

## **FIBONACCI NUMBERS: MATHEMATICAL PROPERTIES AND APPLICATIONS IN MODERN SCIENCE**

*Annotation.* The article is devoted to the study of Fibonacci numbers – one of the most famous recurrence sequences in mathematics.

*Keywords:* Fibonacci numbers, golden ratio, recurrence sequences, algorithms, natural patterns.

**Usachev Semyon Alekseevich**, student of group 6201, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI”, 420111, Russia, Kazan, K. Marks str., 10.

Scientific supervisor:

**Palenov Evgeny Viktorovich**, Senior Lecturer of the Department of Digital Economy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI”, 420111, Russia, Kazan, K. Marks str., 10.







УДК 51-7

Билич В.В.,

студ. группы ЭУН 9-а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к. пед. н. Галибина Н.А.,

доцент кафедры «Высшая математика», ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ МАТЕМАТИКИ**

*Аннотация.* В данной статье мы досконально изучили историю развития математики, начиная с ее самых ранних форм и заканчивая современными достижениями. Кроме того, особое внимание уделяется подробному анализу того, как математика была усвоена и развивалась на протяжении различных временных этапов в истории человечества, включая значимые открытия и внесенные вклад в ее развитие известными математиками.

*Ключевые слова:* математика. числа. история. система.

История математики – это захватывающее повествование, простирающееся на протяжении многих веков и отражающее эволюцию человеческого интеллекта и открытий. Математика, исследующая числа, фигуры и пространство, берет свои корни в глубокой древности, когда люди впервые осознали потребность в измерении и учете. В начале цивилизационного развития, в древних Месопотамии и Египте, зарождались первые математические представления, тесно связанные с практическими нуждами – земледелием, учетом хозяйств, астрономическими наблюдениями. Эти общества создали системы счисления и заложили фундамент геометрии, чтобы эффективно решать насущные задачи. По мере прогресса человечества математика неуклонно развивалась, впитывая в себя идеи и достижения различных культур. В Древней Греции, к примеру, мыслители, такие как Пифагор, Евклид и Архимед, создали основы математической логики, принципы

доказательства и теории. Их труды не только расширили математические знания, но и определили методологию, которая применяется до сих пор.

В древности прогресс математики был тесно связан с практическими нуждами человеческой деятельности. Задачи, связанные с сельским хозяйством, ремеслами, торговлей, уплатой налогов, обеспечением продовольствием, организацией армии, определением размеров земли и ёмкости сосудов, стимулировали развитие вычислительных навыков. В процессе подсчета и систематизации различных объектов сформировалось представление о натуральном числе, которое выражало не только количество, но и порядок. Понимание понятия «величина» появилось благодаря сопоставлению масс и объемов разнообразных вещей и емкостей. Изучение форм изделий, предметов, построек и земельных участков привело к появлению этого понятия. На свет появились дробные числа. Они стали необходимы, когда результаты измерений не поддавались выражению натуральными числами. Именно в древности в Египте и Вавилонии появились первые цифры. У многих народов (древние греки, финикийцы, евреи, сирийцы) для обозначения чисел использовались буквы алфавита. Первоначальные геометрические знания обнаружены в египетских папирусах и вавилонских клинописных табличках. В Древней Греции произошел важный прорыв – стало формироваться и развиваться понятие математического доказательства. Греческие ученые классифицировали и открыли все виды правильных многогранников, вывели формулы для расчета объемов тел, исследовали кривые, такие как эллипс, гипербола, парабола и спираль. Наивысшей точкой древнегреческой математики стали «Начала» Евклида, которые на протяжении двух тысячелетий служили образцом математической строгости [2, с. 38-42].

В эпоху Средневековья развитие математики происходило неравномерно, охватывая различные регионы, такие как Ближний и Средний Восток, Византия, Индия и Китай. На Востоке, в первую очередь, для астрономических расчётов разрабатывались тригонометрия и связанные с ней методы приближённых вычислений. Значительная часть восточных математиков совмещали эту

деятельность с занятиями астрономией. В Багдадском халифате уже в IX веке геодезия применяла градусные измерения. В Европе в период с XI по XIV века математики в основном занимались освоением знаний, полученных из науки исламских стран, Древней Греции и Индии. Одним из первых заметных математиков средневековой Европы был ирландский монах Беда Достопочтенный, создатель трактата «О счёте времени». К наиболее значимым достижениям математики того времени можно отнести Леонардо Фибоначчи. Итальянский математик в 1202 году создал первый учебник арифметики, предназначенный для широкой аудитории – «Книгу Абака». Позднее он написал «Практическую геометрию» и «Книгу квадратов», где впервые были систематизированы правила работы с нулём и отрицательными числами, а также были представлены знаменитые числа Фибоначчи. Другой немаловажный математик Николай Шюке в 1484 году опубликовал «Науку о числах в трёх частях», содержащую правила операций с рациональными числами и радикалами, а также теорию уравнений. Итальянские алгебраисты Дель Ферро, Тарталья и Феррари независимо друг от друга открыли общий способ решения уравнений третьей и четвёртой степени. Франсуа Виет в своей книге «Введение в аналитическое искусство» (1591 год) окончательно сформулировал символический язык арифметики – буквенную алгебру.

Одной из характерных особенностей средневековой математики было преобладание практического подхода над теоретическим: учебники представляли собой скорее сборники практических правил и приёмов, нежели систематизированные теоретические выводы [4, с. 131].

В новое время математика прочувствовала невиданные изменения. В этот период развитие математики приобрело новые черты. Препрежне ограничение количественных отношений и пространственных форм числами, уравнениями и геометрическими фигурами было преодолено. В математику вошли идеи движения и изменения. Центральным объектом изучения стало понятие функции и функциональной зависимости между величинами. В то же время были заложены основы математического анализа, включая такие понятия, как предел,

производная, дифференциал и интеграл. Началось формирование анализа бесконечно малых, прежде всего, в форме дифференциального и интегрального исчисления. Основные законы механики и физики стали формулироваться в виде дифференциальных уравнений, а задача их интегрирования превратилась в одну из ключевых задач математики. Появилось математическое естествознание, стремящееся объяснять отдельные природные явления посредством общих законов природы, выраженных математически. В алгебре были достигнуты значительные успехи, включая разработку метода решения произвольных систем линейных уравнений с использованием определителей, теорию делимости многочленов и метод исключения неизвестных. В XIX веке математика вступила в новый этап, получивший название периода современной математики. Характерные черты этого периода: новые математические теории возникали, в первую очередь, из внутренних потребностей самой математики, например, теория функций комплексного переменного и геометрия Лобачевского. В тесной взаимосвязи с запросами математики и физики формировались векторное и тензорное исчисления. Внимание к вопросам обоснования математики усилилось: начался критический пересмотр исходных положений (аксиом), строилась строгая система определений и доказательств. Зародившиеся в конце XIX и начале XX веков численные методы анализа и алгебры выделились в самостоятельное направление математики – вычислительную математику [1, с. 17].

Следующее время, которому характерно значительное изменение математики можно считать нынешнюю эпоху. В современный период развитие математики характеризуется стремительными тенденциями. Значительно расширилась сфера применения математических методов, затрагивая экономику, физику, биологию, перспективные отрасли техники и многие другие области. Появление новых направлений научных исследований стало возможным благодаря развитию информационно-компьютерных технологий. Появилось огромное количество новых математических теорий, среди которых: математическая статистика и теория вероятностей, математическое

моделирование, численные методы, теория групп, теория чисел, векторная алгебра, теория множеств, аналитическая и проективная геометрия, математический анализ и другие. Если в классической вычислительной математике преобладали формулы алгебры, геометрии и анализа, то современный язык опирается на алгоритмы и программы, включающие традиционные формулы как частный случай. Впервые в истории доказательства некоторых теорем стали осуществляться с использованием компьютеров. Например, теорема о четырёх красках, сформулированная в 1852 году, была доказана лишь в 1976 году и стала первой значимой теоремой, доказанной при помощи вычислительной техники. В процессе решения сложных математических задач разрабатываются инструменты и методы, которые впоследствии находят применение в других областях. Так, методы, разработанные для доказательства теоремы Ферма, активно используются в других исследованиях. Математика перестала быть уделом лишь узкого круга ученых, привлекая к себе всё больше талантливых людей [3, с. 96].

Последним отрезком, в котором человечество существенно развивается в сфере математики, считается XXI век. Развитие математики определяется рядом важнейших направлений и тенденций. Математика всё активнее интегрируется в различные научные и прикладные сферы, такие как биология, медицина, экономика, экология и компьютерные науки. Например, математическое моделирование применяется для имитации биологических процессов, анализа данных в медицине и оптимизации работы предприятий. В связи с экспоненциальным ростом объемов информации, поступающей из интернета и других источников, математика и статистика становятся ключевыми инструментами для обработки и анализа этих данных. Активно развиваются методы машинного обучения и искусственного интеллекта, базирующиеся на математических принципах. Изучение сложных систем, таких как сети, динамические системы и хаотические процессы, приобрело широкую популярность. Математика позволяет понять взаимодействие компонентов в этих системах и прогнозировать их поведение. Благодаря прогрессу в области

вычислительной техники, возможности численных методов и моделирования значительно возросли. Это открывает возможность решения задач, которые ранее были неразрешимы аналитически. Топология и алгебраическая геометрия: Эти области математики продолжают активно развиваться и находят применение в различных дисциплинах, включая физику и экономику. В XXI веке особое внимание уделяется популяризации математики и совершенствованию математического образования. Внедряются новые методы преподавания, включая онлайн-курсы и интерактивные платформы. Многие важные математические задачи, такие как гипотеза Пуанкаре и гипотеза Римана, остаются в центре внимания исследователей. Решение этих задач стимулирует новые вопросы и направляет исследовательские усилия. В целом, математика в XXI веке продолжает динамично развиваться, играя важнейшую роль в научных открытиях и технологическом прогрессе, оставаясь при этом фундаментальной областью знаний [3, с. 157].

История математики – это летопись человеческого познания, демонстрирующая неутолимую жажду разобраться в устройстве мира. Каждая ступень в ее развитии приносила новые идеи и методы, а мудрость прошлых поколений остается востребованной и сейчас. Математика не стоит на месте, постоянно эволюционируя, чтобы отвечать на современные задачи и открывать неизведанные области знаний.

### Литература

1. Арнольд В. И. Математическое понимание природы. – 2-е издание, исправленное. – М.: МЦНМО, 2010. – 144 с.
2. Ван дер Варден Б. Л. Пробуждающаяся наука. Математика Древнего Египта, Вавилона и Греции. – М.: Физматгиз, 1959. – 456 с.
3. Гнеденко Б. В. «Математика и математическое образование в современном мире». — М.: Просвещение, 2005. – 192 с.
4. Матвиевская Г. П. Развитие учения о числе в Европе до XVII века. – АН УзССР. Ин-т математики им. В. И. Романовского. – Ташкент: Фан, 1971. – 231 с.

**Билич Владимир Владимирович**, студент группы ЭУН 9-а, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [bilich.v.v-eun-9a@donnasa.ru](mailto:bilich.v.v-eun-9a@donnasa.ru).

Научный руководитель:

**Галибина Надежда Анатольевна**, к.пед.н., доцент кафедры «Высшая математика» Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [galibina@donnasa.ru](mailto:galibina@donnasa.ru).

## HISTORY OF MATHEMATICS DEVELOPMENT

*Annotation.* In this article, we have thoroughly studied the history of the development of mathematics, starting from its earliest forms and ending with modern achievements. In addition, special attention is paid to a detailed analysis of how mathematics was assimilated and developed during various time stages in the history of mankind, including significant discoveries and contributions to its development by famous mathematicians.

*Keywords:* mathematics. numbers. history. system.

**Bilich Vladimir Vladimirovich**, student of the EUN 9-a group, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Galibina Nadezhda Anatolyevna**, PhD, Associate Professor, Department of Higher Mathematics, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.





УДК 51-7

Билич Д.В.,

студ. группы ЭУН 9-а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к. пед. н. Галибина Н.А.,

доцент кафедры «Высшая математика», ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

### **БИОГРАФИЯ АРХИМЕДА**

*Аннотация.* В данной статье мы провели детальный анализ биографии великого ученого и математика Архимеда, который является одной из ключевых фигур в истории науки. Мы также тщательно рассмотрели его значительный вклад в различные области науки, включая математику, физику и инженерию, что подчеркивает его выдающееся влияние на развитие научного мышления и технологий.

*Ключевые слова:* Архимед, ученый, открытие, изобретения.

Архимед, живший в Сиракузах (приблизительно с 287 по 212 год до нашей эры), был одним из величайших ученых и математиков древности, чье наследие оказало огромное влияние на развитие науки и технологий. Его научные интересы были широки и включали математику, физику, инженерию и астрономию. Особенно знаменит Архимед своими геометрическими открытиями, в том числе нахождением площадей и объемов различных форм, а также формулированием законов гидростатики. Кроме того, он создал ряд изобретений, таких как архимедов винт и различные боевые машины, что ярко демонстрирует его гениальность в области инженерного дела. Архимед стал воплощением научного подхода, объединяя теоретические изыскания с практическим применением. Его трактат «О плавающих телах» считается основой гидростатики, а идеи, представленные в «Началах», опередили свое время и получили широкое распространение лишь спустя столетия [1, с. 16].



Близким родственником будущего гения был Гиерон, впоследствии ставший правителем Сиракуз – Гиероном II. Отец Архимеда, Фидий, был уважаемым астрономом и математиком, служившим при дворе, что обеспечило мальчику достойное образование. Чувствуя нехватку глубоких теоретических знаний, юноша вскоре отправился на учебу в Александрию, где в то время работали выдающиеся умы античного мира. В юности Архимед отправился за знаниями в Египетскую Александрию, которая в те времена являлась культурным центром всего Древнего мира. Вероятно, именно здесь он смог ознакомиться с работами Демокрита и других известных ученых. В Александрии молодой исследователь завязал знакомства и подружился с ведущими учеными своего времени. Особенно крепкую дружбу он завел с астрономом Кононом, с которым поддерживал переписку на протяжении всей жизни, даже упоминая его имя в нескольких своих трудах. Несколько лет Архимед провел в Александрии, после чего вернулся на родину, где и прожил до конца своих дней. С юности Архимеда привлекали различные механизмы, и некоторые его изобретения появились еще в молодости. Так, будучи юношей, он создал винт, предназначенный для подъема воды из низин и подачи ее на большую высоту [1, с. 35].

Научная деятельность Архимеда имеет большое значение в истории человечества. Ученый преуспел не только в математике, но еще и в других немаловажных науках.

Архимед внёс значительный вклад в геометрию. Он занимался исследованием площадей и объемов фигур, таких как сфера и цилиндр. Его работа «Об объёмах тел» содержит формулы для расчета объёмов и площадей. Он также разработал метод исчерпывающих, который предшествовал интегральному исчислению. Архимед известен своими исследованиями в области гидростатики. Его знаменитый принцип, известный как "закон Архимеда", гласит, что любое тело, погруженное в жидкость, теряет в весе столько же, сколько весит вытолкнутая им жидкость. Он объяснил явления, связанные с плаванием и давлением. Архимед разработал ряд машин и

устройств, включая Архимедов винт, который использовался для подъема воды. Он создал лучшие крепости и осадные машины, которые помогали защищать Сиракузы от римских войск. В области оптики Архимед изучал свойства световых лучей и зеркало, которое собирало световые лучи, сосредоточивая их на определенной точке, что позволяет усугубить разрушительную силу солнечного света. [2, с. 87].

Архимед также известен своими работами по приближению числа  $\pi$  (пи). Он использовал метод вписанных и описанных многоугольников для точного вычисления числа  $\pi$ .

Помимо достижений в науках, Архимед также славится своими патентами и изобретениями. Закон Архимеда является основополагающий принципом в гидростатике, который описывает выталкивающую силу, действующую на тело, погруженное в жидкость, которая равна весу вытесненной ею жидкости. Архимедова спираль- эта кривая, детально изученная и описанная в его трудах, имеет значительную ценность в математике. Помимо этого, он является изобретателем. Одним из них значится Архимедов винт. Это устройство для подъема воды, представляющее собой спираль, намотанную на вал. Оно широко применялось для орошения и отвода воды. Архимед проектировал различные осадные машины, включая катапульты, которые использовались для защиты Сиракуз. Архимед разработал ряд геометрических методов, позволяющих вычислять площади и объемы различных фигур, таких как круги и сферы [3, с. 87].

В 212 году до нашей эры, во время римского захвата Сиракуз, погиб великий Архимед. По сведениям, приводимым Плутархом, римский воин, действуя по приказу, попытался доставить Архимеда к Марцеллу, командующему римскими войсками. Однако, гений был поглощен решением сложной математической задачи и категорически отказался подчиниться. Разъяренный солдат лишил его жизни [1, с. 50].

### Литература

1. Каган В. Ф. Архимед. Краткий очерк о жизни и творчестве. – М.-Л., 1949. – 52 с.
2. Никифоровский В. А. Путь к интегралу. – М.: Наука, 1985 – 188 с.
3. Попов Г. Н. Краткий очерк научной деятельности Архимеда. –М.-Л.: Гостехиздат, 1932. – С. 9–64.

**Билич Данил Владимирович**, студент группы ЭУН 9-а, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [bilich.d.v-eun-9a@donnasa.ru](mailto:bilich.d.v-eun-9a@donnasa.ru).

Научный руководитель:

**Галибина Надежда Анатольевна**, к.пед.н., доцент кафедры «Высшая математика» Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [galibina@donnasa.ru](mailto:galibina@donnasa.ru).

### BIOGRAPHY OF ARCHIMEDES

*Annotation.* In this article, we conducted a detailed analysis of the biography of the great scientist and mathematician Archimedes, who is one of the key figures in the history of science. We also carefully reviewed his significant contributions to various fields of science, including mathematics, physics, and engineering, which highlights his outstanding influence on the development of scientific thinking and technology.

*Keywords:* Archimedes, scientist, discovery, inventions.

**Bilich Danil Vladimirovich**, student of the EUN 9-a group, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Galibina Nadezhda Anatolyevna**, PhD, Associate Professor, Department of Higher Mathematics, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.





УДК 622.14+681.332

Седых А.А.,

студ. группы ПОИСм-23, ФГБОУ ВО «ДонНТУ»

Научный руководитель: к.т.н., доцент Прокопенко Е.В.,

доцент кафедры прикладной математики и искусственного интеллекта,

ФГБОУ ВО «ДонНТУ»

## **РОЛЬ ТЕСТИРОВАНИЯ В ДИСТАНЦИОННОМ ОБРАЗОВАНИИ**

*Аннотация.* В статье рассматриваются основные особенности дистанционного образования, роль тестов в обучении, их виды и различия. Статья подчеркивает необходимость тестирования при обучении.

*Ключевые слова:* обучение, дистанционное образование, тестирование.

**Постановка проблемы.** Современные условия информационного общества, развитие телекоммуникаций требуют иных подходов, методов и технологий в сфере образования. В настоящее время для активизации деятельности студентов применяются различные методы обучения и современные образовательные технологии, базирующиеся на использовании компьютерной техники. Освоение информационных технологий в образовательных целях предполагает переход к их использованию в сетевом варианте, включая системы и средства мультимедиа, развитие электронного обучения и дистанционного образования. Появление и развитие новых технических средств обмена информацией между участниками образовательного процесса создало условия для получения образования без отрыва от основного занятия, обучающегося и перемены места жительства. С их распространением идет достаточно интенсивное внедрение новой формы обучения в учебных заведениях. Из этого вытекает актуальность данного исследования Дистанционное обучение с использованием протоколов сети.

Интернет значительно расширяет возможности предоставления образовательной услуги, особенно для тех, кто проживает в местности, где затруднено обучение или же требуется углубленная подготовка для сдачи экзамена, например. Следовательно, удаленная форма обучения может стать для учреждений среднего профессионального образования хорошим вариантом, или дополнением, для получения всесторонней подготовки учащихся, в том числе и для подготовки к сдаче экзаменов.

Сегодня использование дистанционных образовательных технологий (ДОТ) в образовательном процессе – требование времени. Дистанционная форма обучения все увереннее заявляет о себе, особенно в профессиональном образовании. Давно просчитано, что экономически она более выгодна по сравнению с очной формой. Это еще и более демократичная форма обучения, поскольку любой человек при сравнительно небольших материальных затратах может получить профессию, повысить квалификацию, переориентироваться в профессиональной деятельности, дополнить свое образование новыми областями знаний и т.д.

Подводя итог, можно сделать вывод о необходимости применения технологий дистанционного обучения, выделив их преимущества перед традиционными методами:

- дистанционное обучение позволяет существенно повысить эффективность процесса самоподготовки студентов;
- организация хранения учебных материалов в электронном виде позволяет облегчить доступ студентам и преподавателям к необходимой информации;
- современные технологии СДО помогают улучшить качество обучения, особенно при заочной и вечерней форме;
- автоматизация обучения облегчает работу преподавателей;
- современные компьютерные технологии привлекают студентов к процессу обучения;
- дистанционные технологии дают огромные возможности роста и развития учебного заведения в мировой образовательной системе.

### **Роль тестов в дистанционном образовании**

Важным и неотъемлемым аспектом обучения в любой форме обучения является контроль учебной деятельности студентов, в том числе тестовой, которая при обучении с использованием технологий дистанционного обучения становится одной из ведущих. В то же время возникает ряд психолого-педагогических проблем использования интернет-тестирования в дистанционном обучении. В связи с усилением роли информационно-коммуникационных технологий в образовательном процессе наблюдается тенденция перехода от традиционных форм мониторинга определения качества образования к компьютерному тестированию. Эффективность и осуществимость такого контроля с использованием этих средств во многом определяется качеством материала для тестирования, его целями, методологической обоснованностью их согласованности, систематическим характером его проведения и спецификой самой учебной дисциплины. Наиболее эффективной формой контроля в настоящее время является контроль в форме тестовых заданий.

Правильно подобранное тестирование обучающихся на всех этапах обучения поможет оценить эффективность программ обучения и самого процесса обучения (реализации этих программ). Как правило в высшей школе тесты используют при проверке качества знаний обучающихся при итоговом контроле. Но в последнее время тесты все чаще используют при промежуточном контроле знаний и при обучении, что является не менее важным. При дистанционной форме обучения без использования тестов не обойтись как на этапе получения знаний, так и на этапе проверки полученных знаний, а также на этапе проверки умения применять эти знания к решению задач. Анализ различных источников литературы, посвященных проблемам тестирования, показал подчас настороженное отношение к более активному применению тестирования в высшей школе. Кроме того, при тестировании не всегда используется все многообразие тестовых форм и заданий, которые могли бы помочь повысить, в частности эффективность дистанционного обучения.

Вопросам целесообразности использования тестов, видам тестов и различным вариантам применения тестов уделено достаточно большое внимание в современной литературе.

Педагогическим тестом, прежде всего, называют систему заданий специфической формы, определенного содержания. Упомянутая система должна содержать задания возрастающей трудности и должна позволить получить качественную оценку уровня знаний, умений и навыков обучающихся. В такой интерпретации тесты в дистанционном образовании целесообразно использовать для диагностики уровня записанных на определенный обучающий курс студентов. Это поможет при необходимости скорректировать курс в соответствии с уровнем подготовки обучающихся (понижить на первоначальном этапе сложность заданий с последующим повышением, сразу повысить трудность заданий, добавить дополнительные задания). Тестирование рассматривается как аттестационная процедура. Эта помогает оценивать соответствие личностной и экспертной модели знаний. Главной целью тестирования является обнаружение несоответствия этих моделей. Кроме того, тестирование может оценивать уровень несоответствия этих моделей в количественной форме. Тестирование при этом проводится с помощью специальных тестов, состоящих из заданного набора тестовых заданий, в равных для всех испытуемых условиях. Тестирование можно рассматривать как научный метод, который способствует установлению уровня знаний, умений и навыков, способностей и других качеств обучающихся, также соответствие этих уровней определенным нормам путем анализа способов выполнения испытуемыми ряда специальных заданий. Именно такие задания называют тестами. Поэтому тест можно рассматривать как стандартизированное задание или особым образом связанные между собой задания. Эти задания помогают определить степень выраженности определенных умений и знаний обучающегося. Таким образом, в результате тестирования как правило получают некоторую характеристику, численно описывающую степень выраженности проверяемой особенности у испытуемого. В случае проверки, например, уровня



подготовки студентов первого курса, обучающихся дистанционно, степень готовности к изучению предусмотренного программой материала (упомянутая характеристика) будет выражена в процентах. Здесь важным моментом является то, что эта характеристика должна соотноситься с установленными для данной категории лиц нормами. Под нормами подразумевается в нашем случае возможность определить уровень знания некоторого материала в текущем периоде и сравнить его уровнем знания в более ранний период. Тестирование является технологичным, объективным, эффективным методом мониторинга, который позволяет оценить качество обучения в вузе. Тест рассматривается и как инструмент самопроверки, и как инструмент обучения, и как средство для проведения промежуточных и итоговых аттестаций, которые могут быть назначены либо одному студенту, либо группе студентов.

### **Виды тестов и тестирования**

Тестовые задания подразделяются по типам и форма, среди которых можно выделить:

#### ***типы:***

- открытые,
- закрытые;

#### ***формы:***

- дополнения,
- свободного изложения,
- альтернативных ответов,
- множественного выбора,
- восстановления соответствия,
- восстановления последовательности.

Типы и формы тестовых заданий представлены на рисунке 1.

В тестовых заданиях закрытой формы необходимо выбрать один ответ из нескольких предложенных. Составными частями таких заданий являются инструкция, само задание с вариантами ответа и эталон правильного ответа. Неправильный, но правдоподобный вариант ответа называется дистрактором.

Дистракторов обычно бывает не более пяти. При составлении теста многие разработчики стараются увеличить количество дистракторов, чтобы исключить возможность угадывания тестируемым правильного варианта ответа. Все дистракторы задания должны быть выбраны в качестве правильного ответа.

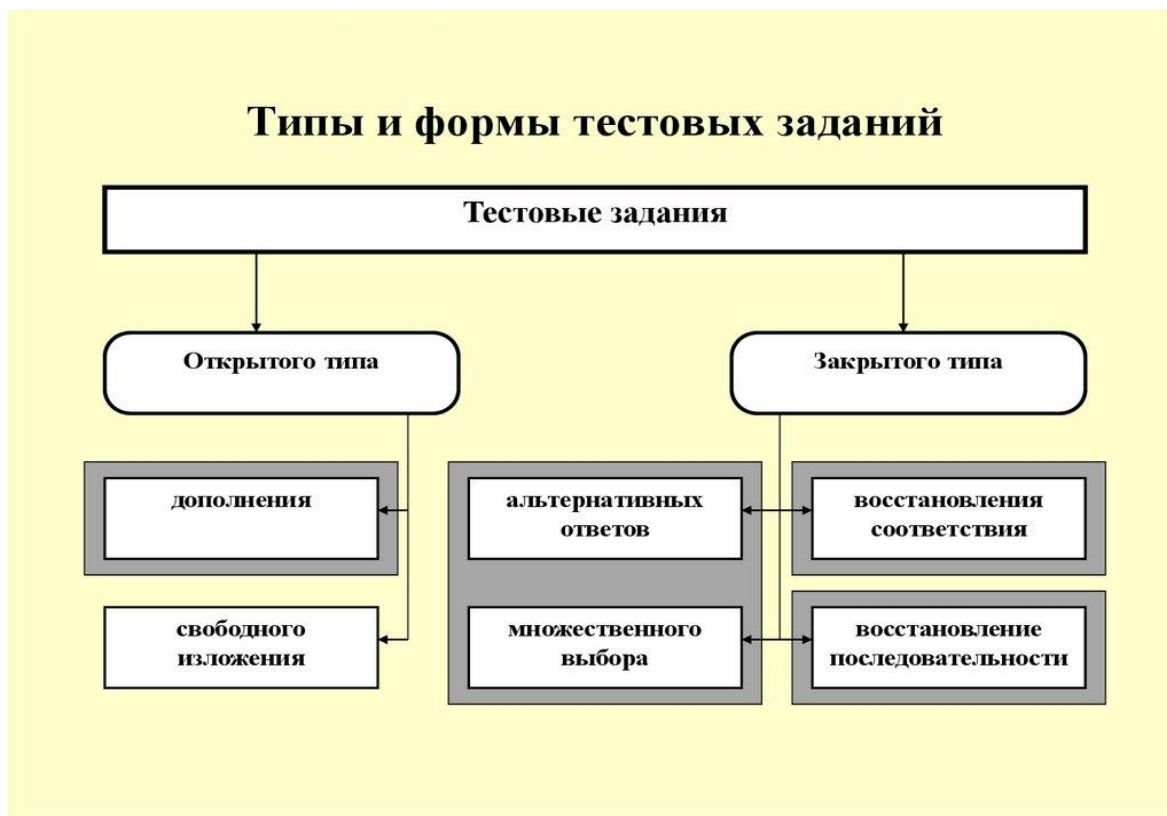


Рис. 1. Виды тестовых заданий

Задания множественного выбора – это основной вид заданий, применяемый в педагогических тестах. Такие задания предполагают наличие вариативности в выборе. Тестируемый должен выбрать среди предложенных вариантов ответов правильный вариант или варианты – в зависимости от того, какое это задание – предполагающее выбор одного правильного ответа или выбор нескольких правильных ответов.

Задания на восстановление последовательности можно рассматривать как вариант заданий на восстановление соответствия, когда одним из рядов является время, расстояние или иной континуальный конструкт, который подразумевается в виде ряда. Поскольку этот вид заданий требует особой инструкции, мы выделили его рассмотрение в отдельный подраздел.

Особенность инструкции к заданиям на последовательность заключается в том, что в ней необходимо указывать в какой именно последовательности располагать элементы – от большего к меньшему, в алфавитном, хронологическом порядке и т. п.

Задания открытой формы не содержат готового ответа. Каждому испытуемому ответ приходится вписывать самому, во время тестирования, в отведенном для этого месте. После дополнения задания определенным ответом получается истинное или ложное высказывание.

**Выводы.** Грамотно организованное тестирование может быть инструментом для установления уровня соответствия результатов образования в любой момент учебного процесса и компетенций, которые определены в образовательных стандартах. Тестовые задания удобно использовать при организации самостоятельной работы обучающихся в режиме самоконтроля, а также при повторении учебного материала. Но надо обязательно упомянуть о том, что задания в тестовой форме играют обучающую роль в том случае, когда они становятся органической частью новых образовательных технологий. Исследование, проведенное в рамках данной статьи, позволяет сделать вывод о необходимости применения тестирования для соединения процесса обучения с контролем и самоконтролем, что особенно важно для студентов, обучающихся дистанционно. Контент (включающий тесты и тестовые задания), создаваемый для дистанционного обучения, не может быть чем-то раз и навсегда устоявшимся. Он должен все время меняться, подстраиваясь под ситуацию, под уровень развития вновь записанных на тот или иной курс студентов. Тестирование, используемое в рамках самоконтроля и в рамках промежуточного контроля, позволяет преподавателю оценивать эффективность обучения и принимать в этом процессе активное участие (а не просто предоставлять некоторый объем информации). Такая работа, безусловно требует большого внимания, времени и творческого подхода. При дистанционном обучении студентов важен не сам факт использования тестов, а важно обдуманное

использование тестов и тестовых заданий не только и не столько для контроля уровня полученных знаний, но и для организации самого процесса обучения.

### Литература

1. Калачев, Н. В. Проблемы и особенности использования дистанционных образовательных технологий в преподавании естественнонаучных дисциплин в условиях открытого образования: монография / Н. В. Калачев. – Москва: Издательский дом Московского физического общества, 2011. – 103 с.

2. Астанина, С. Ю. Организация научно-исследовательской работы студентов в дистанционном вузе: учебно-методическое пособие / С.Ю. Астанина, Е. В. Чмыхова, Н. В. Шестак. – Москва: Современная гуманитарная академия, 2010. – 129 с.

3. Екимова, М. А. Методическое руководство по разработке электронного учебно-методического обеспечения в системе дистанционного обучения Moodle / М. А. Екимова. – Омск: Омская юридическая академия, 2015. – 22 с.

**Седых Алексей Андреевич**, студент группы ПОИСм-23, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донецкий национальный технический университет», 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58.

e-mail: [sedikh-2003@mail.ru](mailto:sedikh-2003@mail.ru)

Научный руководитель:

**Прокопенко Елена Васильевна**, к.т.н., доцент, доцент кафедры прикладной математики и искусственного интеллекта, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донецкий национальный технический университет», 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58.

e-mail: [prokopenko1515@rambler.ru](mailto:prokopenko1515@rambler.ru)

## THE ROLE OF TESTING IN DISTANCE EDUCATION

*Abstract.* The article discusses the main features of distance education, the role of tests in learning, their types and differences. The article emphasizes the need for testing in learning.

*Keywords:* learning, distance education, testing.

**Sedykh Aleksey Andreevich**, student of the POISm-23 group, Donetsk National Technical University, 83001, Donetsk, Artem str., 58.

Scientific supervisor:

**Prokopenko Elena Vasilievna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Mathematics, Donetsk National Technical University, 83001, Donetsk, Artem str., 58.



УДК 004.94

Романова Д. Р.,

студ. группы 2206, НГАСУ (Сибстрин)

Научный руководитель: к.т.н., доцент Табанюхова М. В.,

заведующий кафедрой строительной механики

ФГБОУ ВО «НГАСУ» (Сибстрин)

## **АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ FDM (FUSED DEPOSITION MODELING) 3D-ПЕЧАТИ: СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ДЕФЕКТОВ И ПУТИ ИХ УСТРАНЕНИЯ**

*Аннотация.* Работа посвящена анализу проблем, возникающих в процессе FDM (Fused Deposition Modeling) 3D-печати и поиску их решения.

*Ключевые слова.* 3D-печать, FDM, дефекты печати.

**Введение.** FDM, или моделирование методом послойного наплавления, является одним из самых распространенных и доступных методов 3D-печати. Благодаря относительно невысокой стоимости оборудования и материалов, а также простоте использования, данная технология нашла широкое применение в различных областях, включая прототипирование, образование, производство функциональных деталей, медицину, изготовление моделей в экспериментальной механике [1-7].

Однако, несмотря на все преимущества, FDM-печать не лишена недостатков [4-5, 8]. Процесс послойного наплавления может приводить к возникновению различных дефектов, таких как расслоение, коробление, неточность размеров, низкая прочность и дефекты поверхности. Это не только снижает качество конечного продукта, но и ограничивает область применения FDM-технологии.

**Постановка задачи.**

1. Систематизация основных дефектов, возникающих при FDM печати.
2. Анализ причин возникновения систематизированных дефектов.
3. Практические пути устранения дефектов, основанные на оптимизации параметров и использовании различных материалов.
4. Оценка эффективности предложенных путей устранения дефектов.

Поставленные задачи были реализованы в рамках создания компьютерной модели рельефа (рис.1) и водоема (рис.2), а затем их печати. При подготовке к печати рельефа размером 45х45 см, ключевым этапом стало изучение функционала 3D-принтера Anycubic Chiron. Этот принтер использует технологию FDM (Fused Deposition Modeling), также известную как FFF (Fused Filament Fabrication) и PJP (Plastic Jet Printing). Понимание особенностей конструкции принтера, таких как тип экструдера, наличие подогрева печатного стола (до 100°C), а также совместимость с различными видами пластиков (PLA, ABS, HIPS, TPU), было необходимо для выбора оптимальных параметров печати и минимизации потенциальных дефектов.

Изначально для печати рельефа был выбран ABS-пластик, благодаря его доступности и простоте обработки. Однако опыт работы с ABS выявил ряд проблем, которые пришлось учитывать при дальнейшей настройке параметров печати. В результате массивные объекты печатались PLA-пластиком.

После выбора материала была создана компьютерная модель рельефа. Печать рельефа оказалась наиболее сложным этапом, требующим многократных корректировок. Был выявлен ряд проблем.

- **Перерасход пластика.** Неоптимизированная модель приводила к избыточному потреблению материала, что экономически нецелесообразно.
- **Сложности в построении поддержек.** Программное обеспечение слайсера UltiMaker Cura не всегда корректно генерировало поддерживающие структуры, необходимые для печати нависающих элементов рельефа. Это приводило к дефектам, таким как провисание и деформация слоёв.

- **Чрезмерное время печати.** Некоторые элементы рельефа требовали слишком длительного времени печати, что снижало общую производительность.

В связи с указанными проблемами модель рельефа была переработана, оптимизирован расход материала, упрощена конструкция с целью минимизации поддержек и сокращения времени печати.

Печать рельефа позволила сосредоточиться на решении проблем, связанных с дефектами печати и путями их устранения, что является основной целью настоящей работы.

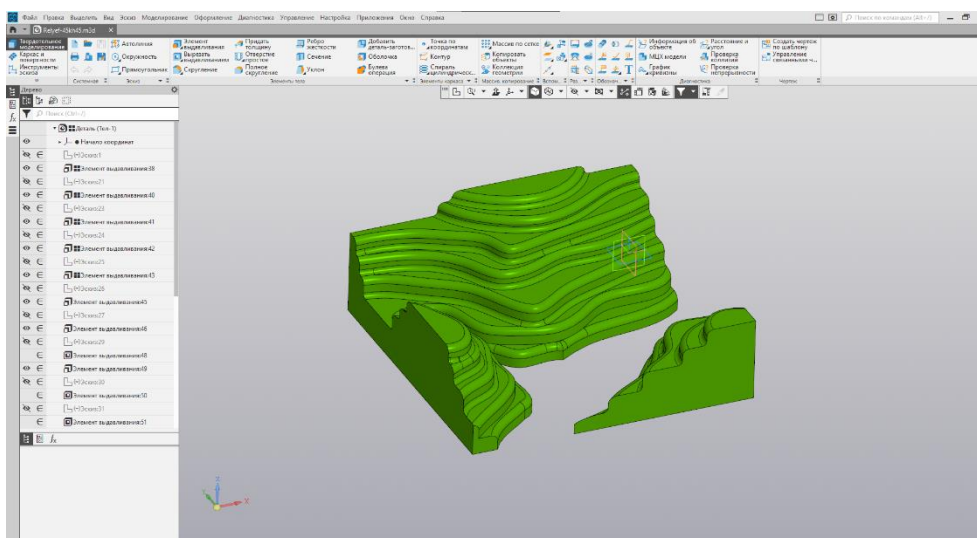


Рис. 1. Модель рельефа

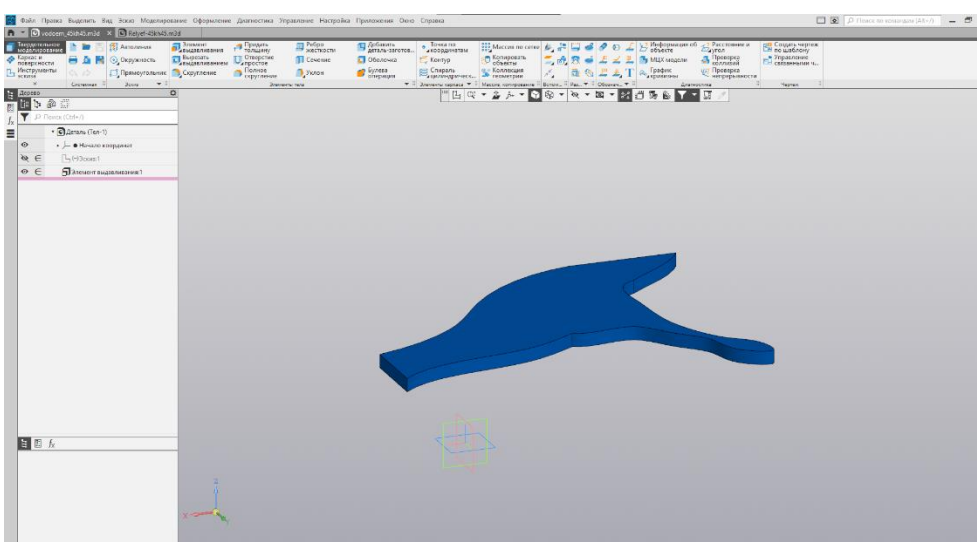


Рис.2. Модель водоема

**Результаты.** В результате проведенного исследования создана библиотека проблем FDM-печати и эффективных способах их решения. Была напечатана



объёмная модель с размерами 45х45 см, для выявления дефектов, возникающих в ходе печати и наглядного метода их устранения. Разработанные рекомендации позволяют существенно повысить качество FDM-печатных изделий, расширить область их применения и снизить количество брака. Полученные результаты могут быть использованы как для обучения начинающих пользователей 3D-принтеров, так и для оптимизации производственных процессов на предприятиях, использующих FDM-технологию.

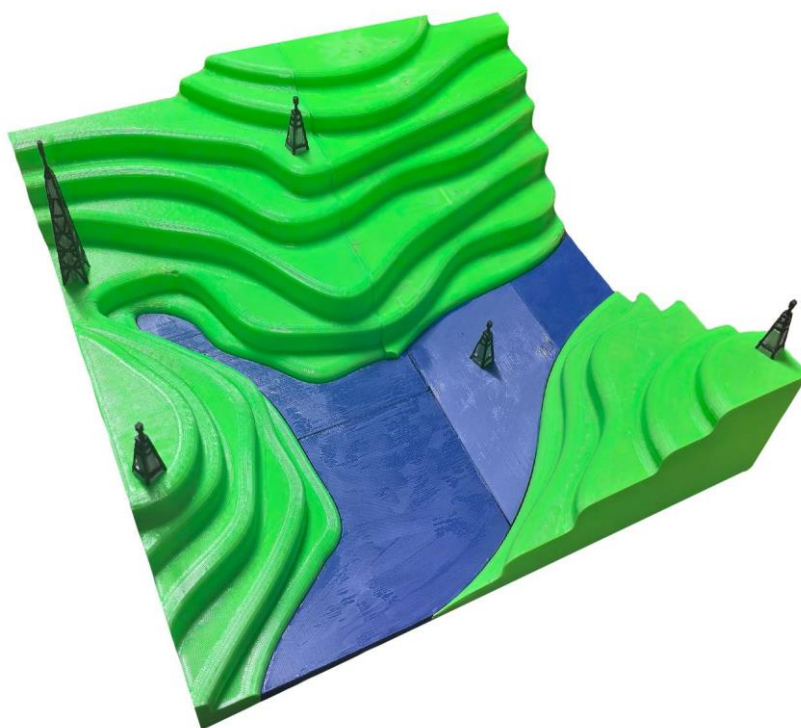


Рис.3. Готовая модель рельефа и водоема

**Выводы.** В заключение, можно отметить, что проведенное исследование позволило систематизировать сведения о проблемах FDM-печати и разработать практические рекомендации по их устранению, что, в свою очередь, способствует повышению качества FDM-печатных изделий и расширению области их применения.

### Литература

1. Асеев, М. А. Исследование пьезооптических свойств пластика / М.А. Асеев, М. В. Табанюхова // Интеллектуальный потенциал Сибири :

материалы 28-ой Региональной научной студенческой конференции: в 3 частях, Новосибирск, 13–22 мая 2020 года / Под. ред. Соколовой Д.О.. Том Часть 2. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2020. – С. 79-81. – EDN FGOCZR.

2. Aseyev, M. A. Search for plastics with piezo optic properties / M.A. Aseyev, K. A. Tabanyukhov, M. V. Tabanyukhova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Sochi, 06–12 сентября 2020 года. – Sochi, 2020. – P. 022074. – DOI 10.1088/1757-899X/962/2/022074. – EDN BZNEUP.

3. Столяров, Н. Н. Остаточные напряжения в моделях при печати на 3D-принтере / Н. Н. Столяров, А. Д. Сухих, М. В. Табанюхова // Труды Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин). – 2021. – Т. 24, № 1/2(79/80). – С. 48-54. – DOI 10.32683/1815-5987-2021-24-79/80-1/2-48-54. – EDN HGYRWJ.

4. Сухих, А. Д. Проблема остаточных напряжений в моделях при печати на 3d-принтере / А. Д. Сухих, Н. Н. Столяров, М. В. Табанюхова // Интеллектуальный потенциал Сибири: Сборник научных трудов 29-ой Региональной научной студенческой конференции, посвященной Году науки и технологии в России. В 5-ти частях, Новосибирск, 17–21 мая 2021 года / Под редакцией Д.О. Соколовой. Том Часть 3. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2021. – С. 88-92. – EDN ICLUSA.

5. Нагель, А. Е. Проблема остаточных напряжений при использовании технологии послойного наплавления / А. Е. Нагель, Н. Н. Столяров, М. В. Табанюхова // Труды Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин). – 2022. – Т. 25, № 1/2(83/84). – С. 91-102. – DOI 10.32683/1815-5987-2022-25-83/84-1/2-91-102. – EDN UGDWES.

6. Tabanyukhova, M. V. The issue of residual stresses in additive technologies / M. V. Tabanyukhova, N. Stolyarov, A. E. Nagel // MATEC Web of Conferences: Conference on Advanced Materials for Engineering and Functional Purposes (AMEFP 2022), Tomsk, 17–21 октября 2022 года. Vol. 376. – Tomsk: EDP Sciences, 2023. – P. 01008. – DOI 10.1051/matecconf/202337601008. – EDN UBACIC.

7. Нагель, А. Е. Перспективы использования аддитивных технологий / А.Е. Нагель, М.В. Табанюхова // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению: Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 16–17 ноября 2023 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2023. – С. 368-370. – EDN EHBSFR.

8. The Simplify3D Advantage. – URL: <https://www.simplify3d.com/products/simplify3d-software/features/> (дата обращения: 18.04.2025).

**Романова Диана Романовна**, студентка 2206 группы, ФГБОУ ВО Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113.

e-mail: [d.romanova@sibstrin.ru](mailto:d.romanova@sibstrin.ru)

Научный руководитель:

**Табанюхова Марина Владимировна**, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой строительной механики, ФГБОУ ВО Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113.

e-mail: [m.tabanyukhova@sibstrin.ru](mailto:m.tabanyukhova@sibstrin.ru)

## **ANALYSIS OF THE PROBLEMS OF FDM (FUSED DEPOSITION MODELING) 3D PRINTING: SYSTEMATIZATION OF DEFECTS AND WAYS TO ELIMINATE THEM**

*Annotation.* The paper is devoted to the analysis of the problems that arise in the process of FDM (Fused Deposition Modeling) 3D printing and the search for their solutions.

*Keywords:* 3D printing, FDM, printing defects.

**Romanova Diana Romanovna**, student of group 220b, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), 630008, Novosibirsk, Leningradskaya str., 113.

Scientific supervisor:

**Tabanyukhova Marina Vladimirovna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Structural Mechanics, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), 630008, Novosibirsk, Leningradskaya str., 113.



УДК 004.051

Сафаров И.О.,

студ. группы УИ-41, ФГБОУ «ПГУТИ»

Научный руководитель: Тамиров А.А.,

старший преподаватель кафедры информатики и вычислительной  
техники, ФГБОУ «ПГУТИ»

## **ПОСТРОЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ КАРТЫ СЕТИ НА ОСНОВЕ ПРОТОКОЛОВ LLDP И CDP**

*Аннотация.* Конфигурационное управление сетевым оборудованием становится важным аспектом в современных информационных технологиях. Автоматизация процессов управления сетевыми устройствами с использованием инструментов, таких как Ansible, становится ключевым элементом для обеспечения стабильности, безопасности и эффективности сетевой инфраструктуры предприятий. Целью данной работы является построение динамической карты сети на основе протоколов LLDP и CDP.

*Ключевые слова:* Ansible, протокол LLDP и CDP.

### **1. Система управления конфигурациями Ansible**

Ansible – это современный инструмент автоматизации, который позволяет управлять конфигурацией и оркестрировать процессы в ИТ-инфраструктуре. Его основные преимущества включают простоту использования, гибкость и расширяемость. Модули Ansible представляют собой инструменты, которые используются для выполнения конкретных задач на управляемых узлах. Некоторые из основных модулей, которые могут быть полезны при управлении сетевым оборудованием, включают [2]:

- `ios_config`: позволяет применять конфигурационные изменения на устройствах Cisco IOS;

- `nexus_config`: используется для управления конфигурацией оборудования Cisco Nexus;
- `eos_config`: предназначен для применения изменений на оборудовании от Arista Networks;
- `raw`: позволяет выполнять произвольные команды на устройствах без необходимости использовать специфические модули для определенных производителей оборудования.

Функциональные возможности Ansible также включают:

- **Playbooks**: файлы, содержащие набор инструкций (tasks) для управления конфигурацией и выполнения действий на управляемых узлах;
- **Inventory**: файл, содержащий список узлов, которыми Ansible управляет, и их параметры подключения;
- **Roles**: набор предварительно определенных задач, переменных, файлов конфигурации и т.д., которые могут быть повторно использованы в различных проектах;
- **Handlers**: действия, которые выполняются в ответ на определенные события, например, перезапуск сервиса после изменения конфигурации.

## **2. Подготовительные работы**

Правильная настройка виртуальных машин является одной из ключевых задач в работе. За основу была взята ОС Ubuntu версии 23.10. После успешной установки Ubuntu, в ней я установил необходимый в работе Ansible `openssh-server`. После чего были сделаны 3 копии этой Ubuntu. В каждой из которых настроили 2 сетевых адаптера: NAT, необходимый для доступа в интернет, и `host-only`, для доступа к другим виртуальным машинам. Затем, после входа на каждую из виртуальных машин настроили каждой свой `ip`-адрес для выхода в сеть и последующего подключения к ней, через `ssh`.

## **3. Протоколы LLDP, CDP**

Безопасность протокола CDP обеспечивает аутентификация и шифрование, например, с использованием протокола 802.1X и шифров, таких

как SSL или IPSec. Однако CDP является проприетарным и доступен только на устройствах Cisco.

Сетевая карта (NIC) – это устройство, позволяющее компьютеру подключаться к сети и обмениваться данными с другими устройствами, выступая интерфейсом между ними.

Файл `main_config.yml` представляет собой Ansible playbook, который собирает информацию о соседних устройствах с помощью LLDP и CDP и выводит ее в консоль для анализа.

Протоколы LLDP и CDP служат для обнаружения соседних устройств в сети, передавая их идентификаторы и типы. LLDP, открытый стандарт IEEE 802.1AB, поддерживается большинством сетевых устройств и работает на любых соединениях. CDP – проприетарный протокол Cisco, предоставляющий дополнительную информацию о моделях и серийных номерах оборудования.

Принципы работы LLDP включают агента, среду передачи данных и приложение управления. Агент отправляет и обрабатывает сообщения LLDP, содержащие информацию о соседних устройствах. Безопасность достигается через аутентификацию 802.1X и шифрование (SSL, IPSec).

CDP аналогичен, но имеет два компонента – агента и приложение управления, осуществляющее мониторинг. Оба протокола используют Ethernet и другие протоколы передачи данных, и управляют сообщениями, содержащими идентификаторы и типы устройств.

Файл `main_config.yml` (рис. 1) представляет собой Ansible playbook, который выполняет сбор информации о соседних устройствах с помощью протоколов LLDP и CDP и выводит эту информацию в консоль для дальнейшего анализа.

```

- name: Build Network Map
  hosts: all
  gather_facts: no
  tasks:
    - name: Get LLDP Information
      command: /usr/sbin/lldpcli show neighbors
      register: lldp_output

    - name: Get CDP Information
      command: /usr/sbin/ladvdc
      register: cdp_output

    - name: Display LLDP Information
      debug:
        var: lldp_output.stdout_lines

    - name: Display CDP Information
      debug:
        var: cdp_output.stdout_lines

```

Рис. 1

Файл main\_config.yaml:

1. определяет группу хостов "all", для которых будет выполняться playbook;
2. отключает сбор фактов о хостах (gather\_facts: no), что означает, что Ansible не будет собирать информацию о хостах перед выполнением задач;
3. задает список задач (tasks), которые будут выполняться на каждом хосте из группы "all";
4. первая задача "Get LLDP Information" запускает команду [/usr/sbin/lldpcli show neighbors](#) на каждом хосте и сохраняет вывод в переменную lldp\_output;
5. вторая задача "Get CDP Information" запускает команду [/usr/sbin/ladvdc](#) на каждом хосте и сохраняет вывод в переменную cdp\_output;
6. третья задача "Display LLDP Information" выводит содержимое переменной lldp\_output.stdout\_lines в формате отладочной информации (debug);
7. четвертая задача "Display CDP Information" выводит содержимое переменной cdp\_output.stdout\_lines в формате отладочной информации (debug).

```

127.0.0.5 ansible_connection=local
127.0.0.6 ansible_connection=local
127.0.0.7 ansible_connection=local

```

Рис. 2. Файл inventory.ini



Файл inventory.ini: этот файл содержит переменные, в данном случае, переменную item, которая представляет собой список словарей, описывающих различные IP:

1. IP: уникальный идентификатор сети;
2. Ansible\_connection: тип подключения.

При запуске playbook main\_config.yml Ansible будет использовать переменные из inventory.ini и выполнит задачи, указанные в нем. Перед запуском этого playbook необходимо убедиться, что все устройства в сети поддерживают протоколы LLDP и CDP и они включены на всех интерфейсах. Содержание сетевой карты в данном случае, включает информацию о соседних устройствах в сети, полученную через протоколы LLDP, CDP.

```
PLAY [Build Network Map] *****
TASK [Get LLDP Information] *****
changed: [127.0.0.6]
changed: [127.0.0.7]
changed: [127.0.0.5]

TASK [Get CDP Information] *****
changed: [127.0.0.6]
changed: [127.0.0.7]
changed: [127.0.0.5]

TASK [Display LLDP Information] *****
ok: [127.0.0.5] => {
  "lldp_output.stdout_lines": [
    "-----",
    "LLDP neighbors:",
    "-----"
  ]
}
ok: [127.0.0.6] => {
  "lldp_output.stdout_lines": [
    "-----",
    "LLDP neighbors:",
    "-----"
  ]
}
ok: [127.0.0.7] => {
  "lldp_output.stdout_lines": [
    "-----",
    "LLDP neighbors:",
    "-----"
  ]
}

TASK [Display CDP Information] *****
ok: [127.0.0.5] => {
  "cdp_output.stdout_lines": [
    "Capability Codes:",
    "\tr - Repeater, B - Bridge, H - Host, R - Router, S - Switch,",
    "\tW - WLAN Access Point, C - DOCSIS Device, T - Telephone, O - Other",
    "=",
    "Device ID      Local Intf  Proto  Hold-time  Capability  Port ID"
  ]
}
ok: [127.0.0.6] => {
  "cdp_output.stdout_lines": [
    "Capability Codes:",
    "\tr - Repeater, B - Bridge, H - Host, R - Router, S - Switch,",
    "\tW - WLAN Access Point, C - DOCSIS Device, T - Telephone, O - Other",
    "=",
    "Device ID      Local Intf  Proto  Hold-time  Capability  Port ID"
  ]
}
ok: [127.0.0.7] => {
  "cdp_output.stdout_lines": [
    "Capability Codes:",
    "\tr - Repeater, B - Bridge, H - Host, R - Router, S - Switch,",
    "\tW - WLAN Access Point, C - DOCSIS Device, T - Telephone, O - Other",
    "=",
    "Device ID      Local Intf  Proto  Hold-time  Capability  Port ID"
  ]
}

PLAY RECAP *****
127.0.0.5      : ok=4  changed=2  unreachable=0  failed=0  skipped=0  rescued=0  ignored=0
127.0.0.6      : ok=4  changed=2  unreachable=0  failed=0  skipped=0  rescued=0  ignored=0
127.0.0.7      : ok=4  changed=2  unreachable=0  failed=0  skipped=0  rescued=0  ignored=0
```

Рис. 3. Вывод работы программы

**Заключение.** В ходе данной работы были исследованы и применены методы автоматизации управления конфигурацией сетевого оборудования с использованием инструмента Ansible. Основной целью работы было построение динамической карты сети на основе протоколов LLDP и CDP. Использование протоколов LLDP и CDP, в сочетании с инструментами для построения динамической карты сети, позволяет упростить процесс мониторинга и анализа сети, что является важным элементом для обеспечения безопасности и эффективности работы сети.

### Литература

1. Ansible for DevOps Server and configuration management for humans / Jeff Geerling. — URL: <https://nhthai2005.github.io/eBooks/DevOps/Ansible%20for%20DevOps.pdf> (дата обращения: 08.04.2025). — ISBN 978-0-9863934-0-2.
2. Документация Ansible: Ansible — URL: <https://www.ansible.com/resources/get-started> (дата обращения: 08.04.2025).
3. LLDP — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/LLDP> (дата обращения: 08.04.2025).
4. CDP — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/CDP> (дата обращения: 08.04.2025).
5. Ansible: Github — URL: <https://github.com/ansible/ansible/> (дата обращения: 08.04.2025).
6. Ansible Community Working Group: Github — URL: <https://ansible.github.io/community/> (дата обращения: 08.04.2025).

**Сафаров Илья Олегович**, студент группы УИ-41, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», 443010 г. Самара, ул. Льва Толстого, 23.

e-mail: [safari.ilia@mail.ru](mailto:safari.ilia@mail.ru).

Научный руководитель:

**Тамиров Андрей Андреевич**, старший преподаватель кафедры информатики и вычислительной техники, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», 443010, г. Самара, ул. Льва Толстого, 23.

e-mail: [a.tamirov@psuti.ru](mailto:a.tamirov@psuti.ru).

## **BUILDING A DYNAMIC NETWORK MAP BASED ON LLDP AND CDP PROTOCOLS**

*Annotation.* Configuration management of network equipment is becoming an important aspect in modern information technologies. Automation of network device management processes using tools such as Ansible is becoming a key element to ensure the stability, security and efficiency of enterprise network infrastructure. The purpose of this work is to build a dynamic network map based on the LLDP and CDP protocols.

*Keywords:* Ansible, LLDP and CDP protocol.

**Safarov Ilya Olegovich**, student of the UI-41 group, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 443010, Samara, L. Tolstoy str., 23.

Scientific supervisor:

**Tamirov Andrey Andreevich**, Senior Lecturer of Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 443010, Samara, L. Tolstoy str., 23.



УДК 004.93

Кириченко И.П.,

студ. группы САУм-23, ФГБОУ ВО «ДонНТУ»

Научный руководитель: к.т.н., доцент Прокопенко Е.В.,

доцент кафедры прикладной математики и искусственного интеллекта,

ФГБОУ ВО «ДонНТУ»

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ**

*Аннотация.* Рассмотрены использование ИИ для управления технологического процесса на примере информационной безопасности.

*Ключевые слова:* ИИ, информационная безопасность, управление, система, архитектура.

**Постановка проблемы.** С каждым годом количество и сложность кибератак стремительно растут, затрагивая как крупные компании и государственные структуры, так и небольшие предприятия. Современные атаки становятся все более целенаправленными и изощренными, что позволяет злоумышленникам обходить традиционные методы защиты, такие как статические системы фильтрации и базовые системы обнаружения угроз. В этих условиях возникает потребность в гибких и адаптивных подходах к защите, которые могут анализировать поведение и динамически реагировать на выявленные угрозы [1].

Адаптивные методы, особенно те, что используют возможности искусственного интеллекта, способны автоматически подстраиваться под текущие условия и угрозы, минимизируя вмешательство человека и ускоряя реакцию на потенциальные инциденты. Это позволяет значительно повысить

уровень безопасности, делая систему устойчивой к новым, неизвестным ранее атакам. Таким образом, внедрение ИИ становится одной из важнейших стратегий для поддержания надежной защиты информационных систем.

Целью данной статьи является исследование подходов к использованию искусственного интеллекта для автоматизации процессов управления и повышения гибкости систем информационной безопасности.

Задачами статьи являются:

1. изучить роль ИИ в адаптивном управлении информационной безопасностью;
2. изучить архитектуру системы управления кибербезопасностью на основе ИИ;
3. изучить примеры применения ИИ в информационной безопасности и их оценки.

### **Роль ИИ в адаптивном управлении информационной безопасностью**

Искусственный интеллект (ИИ) играет важнейшую роль в адаптивном управлении информационной безопасностью, поскольку позволяет автоматизировать сложные задачи, которые требуют высокой скорости обработки данных и точного анализа. Использование ИИ в кибербезопасности помогает создать динамическую защиту, способную приспосабливаться к новым угрозам и минимизировать риски для системы.

Основные задачи ИИ в информационной безопасности:

1. ИИ позволяет выявлять угрозы на основе анализа поведения системы и сетевого трафика в реальном времени. Алгоритмы машинного обучения обучаются на огромных массивах данных и могут обнаруживать подозрительные активности или аномалии, которые могли бы остаться незамеченными при традиционных методах. Это позволяет своевременно предотвращать как известные, так и новые виды атак, обеспечивая проактивную защиту;
2. ИИ может не только выявлять угрозы, но и мгновенно реагировать на них. Например, система на базе ИИ может автоматически блокировать доступ к сети, изолировать подозрительные файлы или закрывать уязвимые порты при

обнаружении активности, характерной для атак. Это значительно снижает время реакции на инциденты и минимизирует возможный ущерб [2];

3. ИИ-системы способны предсказывать потенциальные угрозы на основе анализа исторических данных и текущих тенденций в киберугрозах. Используя методы прогнозного анализа, ИИ может определить возможные векторы атак и подготовить систему к их предотвращению. Это особенно важно в условиях, когда характер кибератак стремительно меняется и появляются новые методы взлома.

Преимущества и недостатки ИИ по сравнению с традиционными методами защиты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Преимущества и недостатки внедрения ИИ в системы управления информационной безопасностью

№	Достоинства	Недостатки
1	ИИ позволяет обнаруживать и реагировать на угрозы практически в реальном времени. Традиционные методы требуют ручной проверки и анализа, что замедляет время реакции и может привести к увеличению ущерба. Системы на базе ИИ работают автономно и оперативно принимают меры для минимизации последствий.	Эффективность ИИ напрямую зависит от качества и объема данных, на которых он обучен. Для точного обнаружения угроз требуется огромный массив качественных данных о прошлых инцидентах, нормальном и аномальном поведении сети. Если данных недостаточно или они содержат ошибки, ИИ может допускать промахи, пропуская реальные угрозы или выдавая ложные срабатывания.
2	ИИ использует алгоритмы, которые адаптируются и учатся на новых данных, благодаря чему повышается точность выявления атак и уменьшается число ложных срабатываний. К тому же, ИИ эффективен для обнаружения сложных, скрытых и многослойных угроз, которые могут быть незаметны при статическом анализе.	ИИ подвержен специфическим атакам, таким как атаки на модели (adversarial attacks), когда злоумышленники могут целенаправленно манипулировать входными данными, чтобы обмануть ИИ и заставить его принять неправильное решение. Традиционные системы, основанные на четко заданных правилах, менее уязвимы к такому роду атак.
3	ИИ-системы могут адаптироваться под условия, изменяясь вместе с развитием угроз. Это обеспечивает высокий уровень защиты в долгосрочной перспективе и позволяет системе «учиться» на каждом новом инциденте, чтобы в будущем точнее реагировать на аналогичные ситуации.	Разработка, настройка и внедрение ИИ-систем требуют значительных финансовых и временных затрат. Кроме того, такие системы нуждаются в постоянном обновлении и обучении, что также требует ресурсов. Традиционные системы часто дешевле в реализации и проще в обслуживании, так как не требуют регулярного обучения на новых данных.

Таким образом, ИИ предоставляет значительные преимущества для адаптивного управления информационной безопасностью, обеспечивая динамическую и проактивную защиту в условиях растущих киберугроз, но также и создает дополнительные трудности во время внедрения и поддержания системы.

### Архитектура системы управления кибербезопасностью на основе ИИ

Система управления кибербезопасностью на основе искусственного интеллекта состоит из нескольких взаимосвязанных модулей, которые обеспечивают комплексный подход к обнаружению, реагированию и прогнозированию угроз. Такая структура (см. рис. 1) позволяет системе не только анализировать текущие данные для выявления аномалий, но и автоматически реагировать на инциденты и предсказывать потенциальные атаки, основываясь на исторических данных и текущих тенденциях [3].

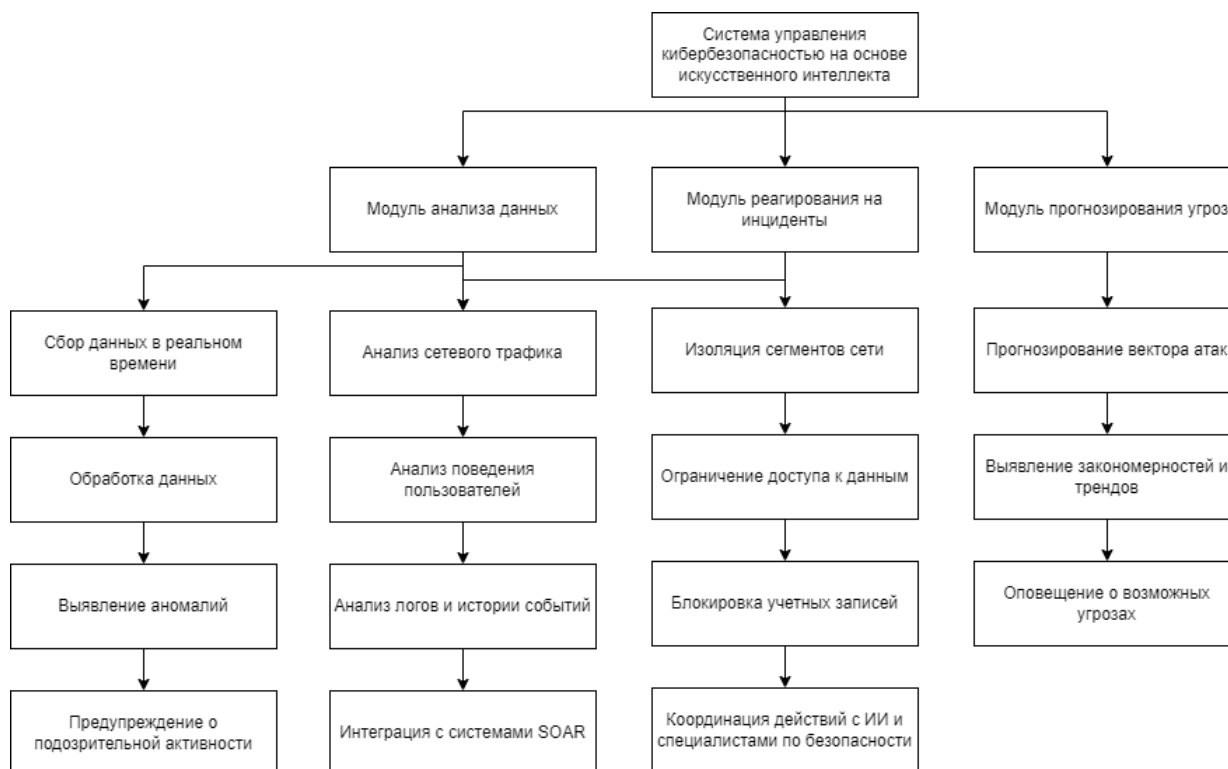


Рис.1. Структура системы управления кибербезопасностью на основе ИИ

Модуль анализа данных отвечает за сбор и обработку данных в реальном времени. Он включает механизмы анализа сетевого трафика, поведения пользователей, логов и других источников данных, чтобы выявлять

потенциальные угрозы. Для этого используются алгоритмы машинного обучения и методов анализа аномалий, которые позволяют системе обучаться и находить отклонения от обычных шаблонов поведения. Обнаруженные аномалии могут быть признаками кибератак, например, фишинговых попыток, вирусного распространения или необычной активности пользователей.

Модуль реагирования на инциденты автоматически выполняет действия для нейтрализации выявленных угроз. Например, при обнаружении подозрительной активности система может заблокировать пользователя, изолировать сегмент сети или ограничить доступ к определенным данным. Реагирование на инциденты позволяет оперативно минимизировать ущерб и предотвратить распространение атаки. Модуль может использоваться совместно с системами автоматического устранения последствий (SOAR), что позволяет более эффективно управлять инцидентами и координировать действия ИИ и специалистов по безопасности.

Модуль прогнозирования угроз применяет алгоритмы прогнозного анализа для выявления потенциальных угроз на основе накопленных данных. Система анализирует исторические данные о кибератаках и выявляет закономерности, что позволяет предсказывать возможные векторы атак и заранее готовить систему к защите. Такой подход снижает вероятность успешного инцидента, давая организации преимущество проактивной защиты.

Алгоритмы машинного обучения (например, деревья решений, метод опорных векторов) помогают анализировать сетевой трафик и поведение пользователей, выявляя аномалии и потенциальные угрозы. Они могут обучаться на данных об известных атаках и автоматически классифицировать действия как безопасные или подозрительные.

Нейронные сети, включая глубокие нейронные сети (DNN) и рекуррентные нейронные сети (RNN), используются для распознавания сложных паттернов и последовательностей, которые могут указывать на кибератаки. Они хорошо подходят для анализа данных с временными зависимостями, например, для мониторинга активности сети или анализа логов.



Алгоритмы кластеризации (например, K-средних, DBSCAN) помогают группировать похожие данные и выявлять отклонения, которые могут указывать на аномальные действия. Алгоритмы детектирования аномалий (например, Isolation Forest) могут автоматически определять необычные поведения и предупреждать о возможных угрозах.

Используются для предсказания атак на основе анализа временных зависимостей в данных. Они позволяют распознавать закономерности, предшествующие атакам, и заранее предупреждать оператора о потенциальных инцидентах.

### **Примеры применения ИИ в информационной безопасности и их оценки**

Искусственный интеллект уже активно применяется в различных сферах кибербезопасности, демонстрируя высокую эффективность в защите от кибератак.

Многие современные системы IDS/IPS используют машинное обучение и ИИ для обнаружения аномалий в сетевом трафике. Например, система Darktrace, основанная на ИИ, использует технологии машинного обучения для мониторинга корпоративных сетей и обнаружения аномалий в реальном времени. Она обучается на нормальном поведении сети и мгновенно выявляет отклонения, такие как несанкционированный доступ или утечку данных. Эта система использует алгоритмы самонастройки, которые позволяют адаптироваться к новым угрозам, минимизируя зависимость от заранее определенных правил.

Компания Cylance разрабатывает решения для защиты от вирусных атак, используя искусственный интеллект и машинное обучение для анализа и блокировки вредоносных программ до того, как они смогут нанести вред. Вместо традиционного подхода с подписками на базы данных вирусов, Cylance применяет предсказательные модели, которые способны обнаружить и заблокировать новые, неизвестные угрозы на основе анализа поведения файлов

и программ. Это позволяет системе успешно предотвращать вирусные атаки в реальном времени, даже если они ранее не встречались в базе данных.

В некоторых современных фаерволах используются ИИ-алгоритмы для определения и блокировки угроз на основе контекста и текущей ситуации в сети. Например, фаерволы, использующие нейронные сети, могут оценивать типичный трафик и автоматически настраивать параметры фильтрации, чтобы блокировать подозрительные пакеты и соединения в зависимости от поведенческих паттернов. Такие фаерволы могут реагировать на угрозы значительно быстрее, чем традиционные системы, которые полагаются только на статические правила [4].

ИИ также используется для прогнозирования кибератак. Примером является IBM QRadar, который применяет машинное обучение для анализа больших данных и выявления потенциальных угроз еще до их возникновения. Система прогнозирует возможные сценарии атак, анализируя текущие данные и тренды в киберугрозах. Это позволяет организациям подготовиться к потенциальным атакам заранее и минимизировать их последствия.

Оценка эффективности систем ИИ в области кибербезопасности включает несколько ключевых метрик, которые помогают понять, насколько эффективно система справляется с задачами защиты.

Точность системы в контексте кибербезопасности – это способность ИИ правильно классифицировать трафик и действия, определяя, являются ли они угрозами или нет. Высокая точность означает, что система правильно определяет реальные атаки и минимизирует ложные тревоги.

Скорость, с которой система реагирует на угрозы, является важной метрикой, так как кибератаки развиваются быстро, и даже задержка в несколько секунд может привести к серьезным последствиям. ИИ-системы способны реагировать в реальном времени, что позволяет минимизировать ущерб.

Ложные срабатывания – это ситуации, когда система ошибочно классифицирует безопасные действия как угрозы. В традиционных системах защиты ложные срабатывания могут привести к излишнему блокированию

доступа, что затрудняет работу пользователей и администраторов. ИИ помогает значительно снизить количество ложных срабатываний за счет улучшенного анализа данных и более точных алгоритмов.

Оценка времени, которое требуется системе для локализации и устранения инцидента, является важным индикатором эффективности защиты. ИИ-системы могут минимизировать время отклика, автоматически реагируя на угрозы, что значительно снижает потенциальный ущерб.

Важно оценить, насколько быстро ИИ-система способна адаптироваться к новым угрозам и учиться на изменениях в поведении системы и сети. Высокая степень адаптивности позволяет системе оставаться эффективной даже в условиях изменения методов атак.

**Выводы.** В условиях постоянного роста и эволюции киберугроз, традиционные методы защиты становятся все менее эффективными для обеспечения надежной безопасности информационных систем. Искусственный интеллект (ИИ) предлагает инновационные решения для адаптивного управления информационной безопасностью, обеспечивая систему, способную оперативно реагировать на угрозы и эффективно приспосабливаться к новым методам атак. Использование ИИ позволяет значительно повысить скорость обнаружения инцидентов, уменьшить количество ложных срабатываний и повысить точность классификации угроз, что в итоге снижает риски и потенциальные потери.

Архитектура системы управления кибербезопасностью на основе ИИ включает в себя несколько взаимосвязанных модулей, таких как анализ данных, реагирование на инциденты и прогнозирование угроз, что позволяет обеспечить комплексную защиту информационных ресурсов. Примеры успешного применения ИИ в кибербезопасности, такие как системы обнаружения аномалий, фаерволы с нейронными сетями и системы прогнозирования атак, подтверждают его высокую эффективность.

Тем не менее, внедрение ИИ в системы информационной безопасности сопряжено с рядом вызовов, таких как потребность в большом объеме

качественных данных, высокая стоимость разработки и обновления систем, а также уязвимость к специфическим атакам.

### Литература

1. Астахова, Л. Герменевтика в информационной безопасности / Л. Астахова. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2020. – 296 с.
2. Аутентификация. Теория и практика обеспечения безопасного доступа к информационным ресурсам: моногр. . – Москва: Мир, 2020. – 552 с.
3. Афанасьев, А.А. Аутентификация. Теория и практика обеспечения безопасного доступа к информационным ресурсам. Учебное пособие для вузов. Гриф УМО МО РФ / А.А. Афанасьев. – М.: Горячая линия – Телеком, 2020. – 438 с.
4. Бабаш, А. В. Информационная безопасность (+ CD-ROM) / А.В. Бабаш, Е.К. Баранова, Ю.Н. Мельников. – М.: КноРус, 2021. – 136 с.

**Кириченко Илья Павлович**, студент группы САУм-23, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донецкий национальный технический университет», 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58.

e-mail: [ilya.ilya.kirichenko@mail.ru](mailto:ilya.ilya.kirichenko@mail.ru)

Научный руководитель:

**Прокопенко Елена Васильевна**, к.т.н., доцент, доцент кафедры прикладной математики и искусственного интеллекта, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донецкий национальный технический университет», 83001, г. Донецк, ул. Артема, 58.

e-mail: [prokopenko1515@rambler.ru](mailto:prokopenko1515@rambler.ru)

### THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ADAPTIVE CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

*Abstract.* The use of AI for process control is considered using the example of information security.

*Keywords:* AI, information security, management, system, architecture.

**Kirichenko Ilya Pavlovich**, student of the SAUm-23 group, Donetsk National Technical University, 83001, Donetsk, Artem str., 58.

Scientific supervisor:

**Prokopenko Elena Vasilievna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Mathematics, Donetsk National Technical University, 83001, Donetsk, Artem str., 58.



УДК 004.5

Воробьева Е. Г.,

Ларин Д. В.,

студ. группы ИВТ-22, ФГБОУ ВО ПГУТИ

Научный руководитель: к.т.н., доцент Коваленко Т.А.,  
доцент кафедры информатики и вычислительной техники  
ФГБОУ ВО ПГУТИ

## **ТРЕНДЫ И БУДУЩИЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ДИЗАЙНЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ**

*Аннотация.* В статье рассматриваются современные тенденции и будущие направления в дизайне пользовательских интерфейсов (UI) в условиях стремительного развития технологий. Особое внимание уделяется применению искусственного интеллекта для персонализации интерфейсов, развитию адаптивного дизайна и внедрению инновационных методов взаимодействия с пользователем. Анализируется влияние дополненной и виртуальной реальности, голосовых интерфейсов и биометрической аутентификации на формирование нового пользовательского опыта. Рассматривается роль экологичного дизайна и минимализма как ключевых подходов в создании удобных и интуитивно понятных интерфейсов. Применение методов машинного обучения для повышения эффективности пользовательских интерфейсов подчеркивает значимость интеграции технологий в UI-дизайн. Сделан вывод о необходимости дальнейшего исследования и внедрения передовых решений для обеспечения максимальной удовлетворенности пользователей.

*Ключевые слова:* дизайн пользовательского интерфейса, UI, искусственный интеллект, персонализация, минимализм, голосовые интерфейсы, AR/VR.

**Введение.** Современный дизайн пользовательских интерфейсов играет ключевую роль в создании удобных и привлекательных цифровых продуктов. Технологические инновации, изменения в пользовательском поведении и новые подходы к визуальной эстетике определяют развитие UI-дизайна. В условиях быстро развивающихся технологий пользователи ожидают от приложений не только функциональности, но и интуитивно понятного интерфейса, который обеспечивает комфортное взаимодействие.

Актуальность исследования обусловлена возрастающим значением UI-дизайна в различных отраслях – от электронной коммерции до образовательных платформ и приложений для здоровья. Стремление к улучшению пользовательского опыта (UX) и внедрение современных технологий, таких как искусственный интеллект (ИИ), дополненная реальность (AR) и виртуальная реальность (VR), формируют новые подходы к проектированию интерфейсов. Эти технологии позволяют создавать интерфейсы, которые динамически адаптируются под пользователя, предлагая персонализированный опыт [3, с. 9-12].

**Постановка задачи.** Несмотря на значительное развитие UI-дизайна, существуют проблемы, связанные с созданием интерфейсов, которые бы удовлетворяли разнообразные потребности пользователей. Проблемы, возникающие при проектировании, включают недостаточную персонализацию, сложность взаимодействия с некоторыми цифровыми продуктами, а также недостаток инклюзивности в дизайне. Нередко пользователи сталкиваются с интерфейсами, которые не учитывают их индивидуальные предпочтения и особенности восприятия информации. Проектировщики часто встречаются с вызовами при создании интерфейсов для различных устройств и платформ, особенно с учетом многообразия пользовательских сценариев. Помимо этого, рост объема данных и развитие технологий искусственного интеллекта требуют новых подходов к обработке информации и визуализации. Вопросы безопасности и защиты данных остаются актуальными при разработке персонализированных UI.

Современные исследования в области UI-дизайна показывают, что минималистичные интерфейсы, темные режимы, микроанимации, голосовые интерфейсы и технологии AR/VR являются основными трендами.

Минимализм обеспечивает чистоту интерфейса и удобство восприятия, создавая акцент на функциональности. Светлые и нейтральные цветовые палитры, акцентные элементы и использование свободного пространства делают взаимодействие пользователя с системой интуитивным и приятным.

Темные режимы стали особенно популярными благодаря преимуществам OLED-дисплеев. Они снижают нагрузку на глаза, уменьшают энергопотребление и создают стильный визуальный эффект. Многие современные приложения и операционные системы предлагают пользователям возможность выбора между светлой и темной темой интерфейса [2, с. 156-158].

Микроанимации и плавные переходы играют важную роль в UI-дизайне. Они используются для улучшения пользовательского опыта, предоставления обратной связи и упрощения навигации. Анимации помогают пользователям лучше понимать логику работы интерфейса и делают взаимодействие с ним более приятным.

Голосовые интерфейсы (VUI) стремительно развиваются благодаря улучшению технологий распознавания речи и естественной обработки языка. Голосовые помощники, такие как Siri, Alexa и Google Assistant, находят широкое применение в мобильных устройствах, умных колонках и автомобилях. VUI делает взаимодействие с цифровыми продуктами удобным для пользователей с ограниченными возможностями [4, 194-198].

Технологии дополненной и виртуальной реальности находят применение в UI-дизайне. Они расширяют способы взаимодействия пользователей с цифровыми продуктами, создавая эффект погружения. Виртуальные шоурумы, интерактивные обучающие программы и навигационные системы на основе AR улучшают пользовательский опыт. ИИ позволяет анализировать поведение пользователей и адаптировать интерфейсы под их предпочтения. Автоматическая адаптация интерфейсов, анализ пользовательских данных для



предсказания потребностей и улучшение доступности интерфейсов с помощью адаптивных алгоритмов становятся важными инструментами UI-дизайнеров [8].

**Результаты.** Дополнительно было изучено исследование «Применение искусственного интеллекта в исследованиях пользовательского опыта» [1], которое анализирует применение ИИ в дизайне интерфейсов. Исследование подтвердило эффективность использования ИИ для адаптации интерфейсов и повышения удовлетворенности пользователей. В рамках исследования были рассмотрены примеры внедрения ИИ в различных приложениях, в том числе в системах персональных рекомендаций, виртуальных ассистентах и приложениях с функцией голосового управления (рис. 1.).

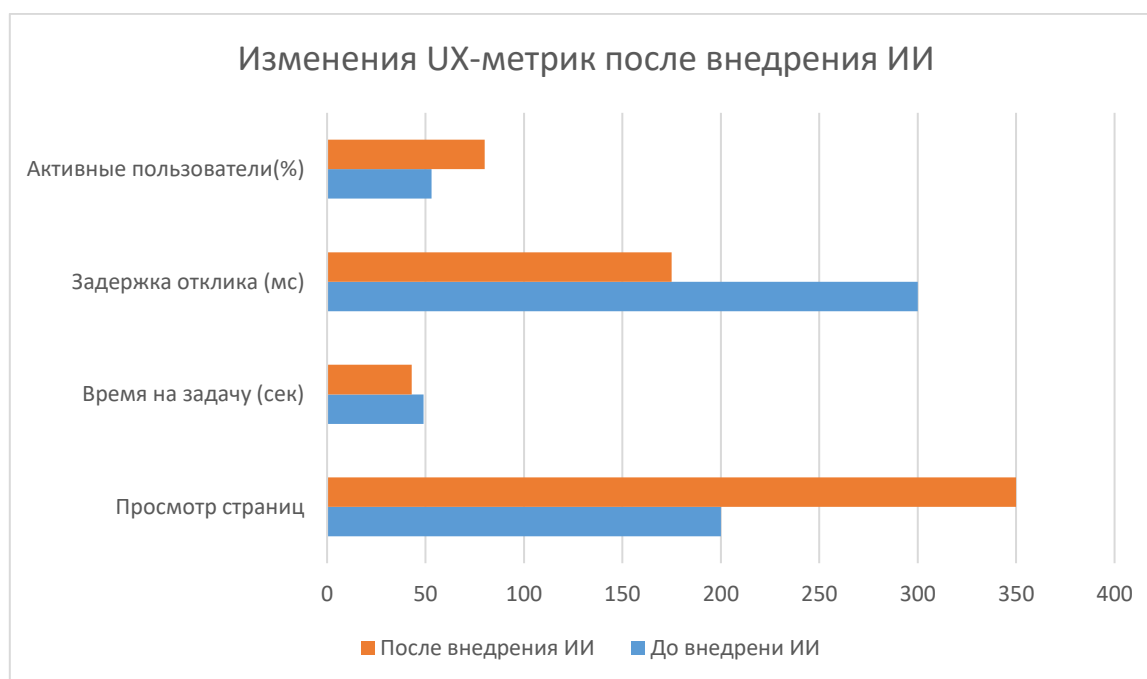


Рис. 1. Изменения UX-метрик после внедрения ИИ

Результаты показали, что использование ИИ позволяет значительно повысить качество взаимодействия пользователя с системой, сократить время выполнения задач и повысить общую удовлетворенность работой интерфейса.

Практическое применение данных решений подтверждает их эффективность. Например, компании, внедряющие ИИ для персонализации интерфейсов, отмечают значительное увеличение времени, проводимого

пользователями в приложении, и рост уровня удовлетворенности клиентов. Исследования показывают, что персонализированные рекомендации и динамически адаптируемые интерфейсы способствуют увеличению конверсии в электронной коммерции на 20-30%. Применение AR в онлайн-магазинах также сокращает количество возвратов товаров за счет возможности виртуального примерочного опыта.

Для проведения данного исследования использовался анализ текущих научных публикаций, экспертных отчетов и практических кейсов в области UI-дизайна. В процессе работы были изучены актуальные тенденции, практические примеры внедрения современных технологий в интерфейсы, а также мнения ведущих специалистов в данной области.[6] Также был проведен сравнительный анализ различных подходов к UI-дизайну с целью выявления их преимуществ и недостатков.[7] Важное внимание было уделено применению методов машинного обучения и анализа данных для создания адаптивных и персонализированных интерфейсов. Рассматривались успешные кейсы компаний, применяющих AI для улучшения пользовательского опыта. Кроме того, были использованы методы экспертного опроса и анализа пользовательских отзывов для определения ключевых предпочтений и проблем, с которыми сталкиваются пользователи современных интерфейсов [5, с. 393-395].

**Выводы.** В заключение можно отметить, что будущее UI-дизайна связано с активным внедрением искусственного интеллекта, развитием голосовых интерфейсов и использованием технологий дополненной и виртуальной реальности. Персонализация интерфейсов позволяет значительно повысить уровень удовлетворенности пользователей и увеличить время их взаимодействия с приложением. Темные режимы и минималистичный дизайн продолжают оставаться актуальными благодаря своей функциональности и визуальной привлекательности. Микроанимации и интерактивные элементы способствуют созданию более интуитивного пользовательского опыта, а голосовые интерфейсы предоставляют новые возможности для удобного взаимодействия.

Постоянное изучение пользовательского поведения и внедрение инновационных решений позволят создавать более инклюзивные, адаптивные и удобные цифровые продукты.

### Литература

1. Глебов Д. Д. Применение искусственного интеллекта в исследованиях пользовательского опыта // Молодой ученый. – 2024. – № 21 (520). – С. 65-68. – URL: <https://moluch.ru/archive/520/114563/> (дата обращения: 18.03.2025).
2. Полонникова А. А. Тренды графического дизайна 2025 года. Взгляд преподавателя // Символ науки. – 2024. – № 12-1-3. – С. 156-158.
3. Пурас И. Ю., Современные тренды в графическом дизайне // Бизнес и дизайн ревю. – 2016. – № 2 (1). – С. 8-13.
4. Малахов Д. В., Особенности современных методов создания и оформления сайтов // Международный журнал гуманитарных и строительных наук. – 2024. – № 2-3 (89). – С. 194-200.
5. Дмитрова Я. Д., Багаева А. П., Тренды ux/ui дизайна 2022 года // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2022. – № 2 – С. 393-395.
6. Нейродизайн: как применение нейронаук помогает улучшить UX и UI. – URL: <https://vc.ru/design/756228-neirodizain-kak-primenenie-neironauk-pomogaet-uluchshit-ux-i-ui> (дата обращения: 10.03.2025).
7. Adaptive User Interface Generation Through Reinforcement Learning: A Data-Driven Approach to Personalization and Optimization. – URL: <https://arxiv.org/abs/2412.16837> (дата обращения: 15.03.2025).
8. 11 UI/UX Design Trends to Track in 2024. – URL: <https://shakuro.com/blog/ui-ux-design-trends-for-2024> (дата обращения: 13.03.2025).
9. Косырев Е.А. Проектирование пользовательских интерфейсов: современные подходы и лучшие практики // Е.А. Косырев, Д.О. Лутаев, Т.А. Коваленко // Актуальные проблемы технических и естественных наук в России и за рубежом: сборник научных статей. – Москва, 2024. – С. 23-25.

**Воробьева Евгения Григорьевна**, студентка группы ИВТ-22, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», 443010, Самарская обл., г. Самара, ул. Л. Толстого, д. 23.

e-mail: [vorobea.g2004@gmail.com](mailto:vorobea.g2004@gmail.com)

**Ларин Денис Вячеславович**, студент группы ИВТ-22, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», 443010, Самарская обл., г. Самара, ул. Л. Толстого, д. 23.

e-mail: [denlar1989@gmail.com](mailto:denlar1989@gmail.com)

Научный руководитель:

**Коваленко Татьяна Анатольевна**, к.т.н., доцент, доцент кафедры информатики и вычислительной техники, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», 443010, Самарская обл., г. Самара, ул. Л. Толстого, д. 23.

e-mail: [t.kovalenko@psuti.ru](mailto:t.kovalenko@psuti.ru)

## **TRENDS AND FUTURE DIRECTIONS IN USER INTERFACE DESIGN**

*Annotation.* The article examines current trends and future directions in user interface (UI) design in the context of rapid technology development. Special attention is paid to the use of artificial intelligence for the personalization of interfaces, the development of adaptive design and the introduction of innovative methods of user interaction. The influence of augmented and virtual reality, voice interfaces and biometric authentication on the formation of a new user experience is analyzed. The role of eco-friendly design and minimalism as key approaches in creating user-friendly and intuitive interfaces is also considered. The use of machine learning methods to improve the effectiveness of user interfaces highlights the importance of integrating

technology into UI design. It is concluded that further research and implementation of advanced solutions is necessary to ensure maximum user satisfaction.

*Key words:* user interface design, UI, artificial intelligence, personalization, minimalism, voice interfaces, AR/VR.

**Vorobeva Evgeniia Grigorievna**, student of the IVT-22 group, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 443010, Samara region, Samara, L. Tolstoy str., 23.

**Larin Denis Vyacheslavovich**, student of the IVT-22 group, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 443010, Samara region, Samara, L. Tolstoy str., 23.

Scientific supervisor:

**Kovalenko Tatiana Anatolyevna**, Candidate of technical sciences, Associate professor of the Department of Computer Science and Computer Engineering, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 443010, Samara region, Samara, L. Tolstoy str., 23.



УДК 004.8

Есин А.А.,  
студ. группы ИСТ-42, ФГБОУ ВО ПГУТИ  
Научный руководитель: Тамиров А.А.,  
старший преподаватель кафедры  
информатики и вычислительной техники, ФГБОУ ВО ПГУТИ

## **ВЛИЯНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ НА СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ**

*Аннотация.* В статье рассматривается влияние нейросетевых технологий на эволюцию современных информационных систем. Описываются ключевые направления применения нейронных сетей, включая обработку данных, автоматизацию, взаимодействие с пользователем и обеспечение информационной безопасности. Отдельное внимание уделено потенциальным рискам и вызовам, связанным с внедрением ИИ в информационные процессы. Сделан вывод о значимости нейросетей как основы для построения интеллектуальных ИС нового поколения.

*Ключевые слова:* нейросети, информационные системы, искусственный интеллект.

В последние годы наблюдается стремительное развитие технологий искусственного интеллекта, в частности, нейронных сетей, которые оказывают существенное влияние на принципы построения и функционирования информационных систем (ИС). Современные ИС функционируют в условиях стремительного роста объёмов данных и усложнения информационных потоков. Возникает необходимость в новых подходах к обработке, анализу и интерпретации информации. Способность нейросетей к обучению, адаптации и

выявлению скрытых закономерностей делает их незаменимыми инструментами в широком спектре прикладных задач.

Задача данной работы – проанализировать ключевые аспекты влияния нейросетей на информационные системы и определить перспективные направления их дальнейшего развития.

Нейросети представляют собой одну из форм машинного обучения, основанную на принципах функционирования биологических нейронов. Современные архитектуры нейросетей включают:

- Сверточные нейронные сети (CNN) – эффективны при анализе изображений и видеоданных;
- Рекуррентные нейронные сети (RNN) – используются в задачах, связанных с временными рядами и текстами;
- Трансформеры – стали стандартом в области обработки естественного языка (например, модели GPT и BERT).

Каждая из них находит применение в специфических задачах обработки данных, распознавания образов и принятия решений. Благодаря способности обучаться на основе примеров и выявлять нелинейные зависимости, они применяются для решения сложных задач, недоступных классическим алгоритмам.

Основные направления применения нейросетей в ИС:

- Хранение и обработка данных: нейросети обеспечивают интеллектуальную обработку информации, включая фильтрацию шумов, восстановление утраченных фрагментов и сжатие без потерь. Это позволяет оптимизировать хранилища данных и повысить качество аналитических выводов.
- Информационный анализ и принятие решений: информационные системы, оснащённые нейросетевыми модулями, способны осуществлять предиктивную аналитику, кластеризацию и оценку рисков в режиме реального времени. Примером служат финансовые ИС, использующие нейросети для оценки кредитоспособности и выявления мошеннических операций.

- **Человеко-машинное взаимодействие:** благодаря технологиям NLP (Natural Language Processing), основанным на нейросетях, ИС могут анализировать и понимать естественный язык. Это упрощает интерфейс взаимодействия, снижает барьеры использования и расширяет пользовательскую аудиторию.
- **Информационная безопасность:** Нейросети позволяют оперативно выявлять киберугрозы и аномальное поведение в системах. Их способность к обучению на актуальных данных делает их особенно ценными в борьбе с быстро меняющимися угрозами.

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение нейросетей сопровождается рядом проблем:

- непрозрачность моделей (проблема интерпретируемости);
- этические и юридические аспекты применения ИИ;
- высокие требования к вычислительным ресурсам и данным;
- риски зависимости от качества обучающих выборок.

Эти факторы ограничивают повсеместное применение нейросетей и требуют дальнейших исследований в области объяснимого ИИ и оптимизации архитектур.

Ожидается, что в ближайшие годы нейросетевые технологии станут основой так называемых когнитивных информационных систем — систем, способных к самообучению, интерпретации контекста и принятию решений без жёстко заданных алгоритмов.

По отчёту McKinsey, компании, интегрировавшие ИИ в бизнес-процессы, фиксируют прирост прибыли на 5-15% в течение первых 1-2 лет.

Примеры успешной окупаемости

- **Финансовый сектор:** системы автоматического анализа транзакций позволили банкам уменьшить число мошеннических операций на 40%, что окупило затраты на ИИ менее чем за 10 месяцев.
- **Производство:** внедрение предиктивного обслуживания оборудования дало экономию на ремонте и простоях в среднем на 20-30%.



Нейросети становятся ключевым элементом цифровой трансформации информационных систем, способствуя повышению их адаптивности, интеллектуальности и безопасности. Их интеграция позволяет не только модернизировать существующие системы, но и создавать принципиально новые архитектуры цифрового взаимодействия. Нейросетевые технологии оказывают комплексное воздействие на современные информационные системы: от структуры хранения и обработки данных до механизмов безопасности и взаимодействия с пользователями. Их применение позволяет перейти от традиционной логики к интеллектуальной адаптивности, повысить точность и скорость обработки информации, обеспечить персонализацию сервисов. Однако при этом необходимо учитывать сопутствующие риски, включая технические, социальные и этические аспекты. Будущее информационных систем напрямую связано с дальнейшим развитием нейросетей и их гармоничной интеграцией в цифровую инфраструктуру.

### Литература

1. LeCun Y., Hinton G., Bengio Y. Deep learning // *Nature*, 2015. – Vol. 521. – P. 436–444.
2. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. – 4th ed. – Pearson, 2021. – 1136 p. – Pp. 561-577.
3. Chollet F. *Deep Learning with Python*. – 2nd ed. – Shelter Island: Manning Publications, 2021. – 504 p. – Pp. 278–295.
4. Doshi-Velez F., Kim B. Towards A Rigorous Science of Interpretable Machine Learning // *arXiv preprint*, arXiv:1702.08608, 2017. – 13 p. – Pp. 3-6.
5. New generation of neural networks // RTS Labs. – URL: <https://rtslabs.com/new-generation-of-neural-networks> (дата обращения: 10.04.2025).

**Есин Александр Алексеевич**, студент группы ИСТ-42, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Поволжский

государственный университет телекоммуникаций и информатики», 443010, г. Самара, ул. Л. Толстого, 23.

e-mail: [kktoto665@gmail.com](mailto:kktoto665@gmail.com)

Научный руководитель:

**Тамиров Андрей Андреевич**, старший преподаватель кафедры информатики и вычислительной техники, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», 443010, г. Самара, ул. Л.Толстого, 23.

e-mail: [a.tamirov@psuti.ru](mailto:a.tamirov@psuti.ru)

## THE IMPACT OF NEURAL NETWORKS ON MODERN INFORMATION SYSTEMS

*Annotation.* The article examines the influence of neural network technologies on the evolution of modern information systems. The key applications of neural networks are described, including data processing, automation, user interaction, and information security. Special attention is paid to the potential risks and challenges associated with the introduction of AI into information processes. The conclusion is made about the importance of neural networks as a basis for building intelligent ICS for a new generation.

*Keywords:* neural networks, information systems, artificial intelligence.

**Esin Alexander Alekseevich**, student of the IST-42 group, Federal State Budgetary Institution of Higher Education "Volga State University of Telecommunications and Informatics", 443010, Samara, L. Tolstoy str., 23.

Scientific supervisor:

**Tamirov Andrey Andreevich**, Senior Lecturer, Senior Lecturer, Department of Computer Science and Computer Engineering, Federal State Budgetary Institution of Higher Education "Volga State University of Telecommunications and Informatics", 443010, Samara, L. Tolstoy str., 23.



УДК 004.8

Костров И.Д.,

студ. группы ИСТ-42, «ФГБОУ ВО ПГУТИ»

Научный руководитель: Тамиров А.А.,

старший преподаватель кафедры информатики и вычислительной

техники «ФГБОУ ВО ПГУТИ»

## **ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ДРОНЫ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРИМЕНЕНИЕ**

*Аннотация.* В статье рассматриваются перспективы и применение искусственного интеллекта (ИИ) в беспилотных летательных аппаратах (дронах). Примеры применения охватывают сельское хозяйство, логистику, охрану окружающей среды и спасательные операции. Также обсуждаются перспективы развития технологий, включая интеграцию с другими системами и повышение безопасности полетов. В статье поднимаются важные вызовы и этические вопросы, связанные с использованием дронов и ИИ. В заключение акцентируется внимание на необходимости сбалансированного подхода к внедрению инноваций с учетом ответственности и безопасности.

*Ключевые слова:* искусственный интеллект, дроны, беспилотные летательные аппараты.

**Основные направления применения дронов с ИИ.** Способы применения дронов с нейросетями:

1. беспилотные летательные аппараты с ИИ-технологиями используются для мониторинга состояния посевов, оценки уровня влажности почвы и обнаружения вредителей. Системы компьютерного зрения позволяют дронам анализировать изображения полей и предоставлять фермерам рекомендации по улучшению урожайности;

2. компании, такие как Amazon и Google, исследуют возможности использования дронов для доставки товаров. ИИ помогает оптимизировать маршруты, избегать препятствий и обеспечивать безопасность доставки;

3. дроны с ИИ могут использоваться для мониторинга экосистем, отслеживания изменений климата и контроля за браконьерством. Они способны собирать данные о состоянии лесов, водоемов и других природных ресурсов;

4. в чрезвычайных ситуациях дроны могут использоваться для поиска и спасения людей. ИИ помогает анализировать изображения с высоты, выявляя людей или объекты, требующие помощи;

5. используются в киноиндустрии для создания аэрофотосъемки и уникальных ракурсов;

6. дроны помогают в сборе данных для исследований в области экологии, метеорологии и других науках;

7. используются для обучения студентов в области технологий, инженерии и программирования;

8. ИИ может анализировать данные о движении дронов и транспортных средств, оптимизировать логистические маршруты и сокращать время доставки;

9. применяются для разведки, наблюдения и даже боевых действий с использованием автономных систем.

**Перспективы развития.** С развитием технологий нейросети и дроны становятся все более автономными. Это позволяет им выполнять сложные задачи без постоянного контроля со стороны оператора.

Дроны могут быть интегрированы с другими технологиями, такими как Интернет вещей (IoT) и большие данные, что позволяет собирать и анализировать информацию в реальном времени, благодаря этому дроны с ИИ обладают значительным потенциалом как для улучшения медицинских услуг и повышения качества жизни пациентов, так и для других услуг. Рассмотрим основные способы применения в будущем беспилотных летательных аппаратов с нейросетью в медицине.

1. Дроны смогут быстро доставлять лекарства в труднодоступные или удалённые районы, что особенно важно в условиях стихийных бедствий, эпидемий или в сельских районах.

2. Беспилотные летательные аппараты с камерами и датчиками смогут проводить удалённый мониторинг состояния пациентов, собирая данные о жизненно важных показателях и передавая их врачам в реальном времени.

3. Дроны смогут использоваться для доставки медицинского оборудования, например, аппаратов УЗИ или рентгеновских аппаратов, в отдалённые районы.

**Этические вопросы и вызовы.** Дроны с ИИ могут собирать и обрабатывать большие объёмы данных, включая видео и изображения. Возникает вопрос о том, как обеспечить защиту этих данных от несанкционированного доступа и использования.

Применение дронов с ИИ в военных операциях поднимает вопросы о морали и этике, включая возможность автономных решений о применении силы. Несмотря на усилия по улучшению безопасности, дроны с ИИ всё ещё могут совершать ошибки. Возникает вопрос об ответственности за эти ошибки и их последствиях.

Внедрение дронов с ИИ может привести к сокращению рабочих мест в некоторых отраслях, таких как логистика или сельское хозяйство. Это вызывает вопросы о социальной справедливости и необходимости переквалификации работников. Необходимо разработать и внедрить эффективные механизмы контроля и регулирования использования дронов с ИИ, чтобы предотвратить их несанкционированное использование или злоупотребления.

Использование дронов с ИИ для мониторинга или наблюдения за людьми может нарушать их право на частную жизнь. Необходимо разработать чёткие правила и регуляции, чтобы сбалансировать потребности в безопасности и защите частной жизни.

Использование дронов с ИИ для создания контента может изменить творческие процессы и повлиять на работу профессионалов в этих областях.

Возникают вопросы о том, как сохранить качество и уникальность творчества в условиях автоматизации.

Необходимо разработать международные соглашения и нормы, регулирующие использование дронов с ИИ, чтобы обеспечить согласованность и справедливость в их применении на глобальном уровне.

**Заключение.** Интеграция искусственного интеллекта и дронов открывает новые возможности для различных отраслей экономики и общества в целом. Однако важно учитывать вызовы и этические вопросы, связанные с их использованием. Будущее этих технологий будет зависеть от того, как мы сможем сбалансировать стремление к инновациям с необходимостью соблюдения норм безопасности и этических стандартов.

### Литература

1. Kaplan, J. Artificial Intelligence: What Everyone Needs to Know. Oxford University Press, 2016. – Pp. 67-113.
2. Zeng, Z., et al. Applications of Unmanned Aerial Vehicles in Precision Agriculture. – Journal of Precision Agriculture. – Agriculture, 2023. – 1375 p.
- 3 Beauchamp T., Childress J. Principles of biomedical ethics: marking its fortieth anniversary. – The American Journal of Bioethics (Volume 19, №11, 2019). – URL: <https://www.bioethics.net/2019/10/principles-ofbiomedical-ethics-marking-its-fortieth-anniversary/> (дата обращения: 16.04.2025).
- 4 Парул Ш. Дроновые технологии для здравоохранения. – Webmedy, 2022. – URL: <https://webmedy.com/blog/ru/drone-technology-for-healthcare/> (дата обращения: 16.04.2025).

**Костров Игорь Денисович**, студент группы ИСТ-42, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», 443010, г. Самара, ул. Л. Толстого, 23.

e-mail: [kos08680@gmail.com](mailto:kos08680@gmail.com).

Научный руководитель:

**Тамиров Андрей Андреевич**, старший преподаватель кафедры информатики и вычислительной техники, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», 443010, г. Самара, ул. Л. Толстого, 23.

e-mail: [a.tamirov@psuti.ru](mailto:a.tamirov@psuti.ru)

## **ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DRONES: PROSPECTS AND APPLICATIONS**

*Annotation.* The article discusses the prospects and application of artificial intelligence (AI) in unmanned aerial vehicles (drones). Application examples cover agriculture, logistics, environmental protection, and rescue operations. The prospects for technology development, including integration with other systems and improving flight safety, are also being discussed. The article raises important challenges and ethical issues related to the use of drones and AI. In conclusion, attention is focused on the need for a balanced approach to innovation, taking into account responsibility and safety.

*Keywords:* artificial intelligence, drones, unmanned aerial vehicles.

**Kostrov Igor Denisovich**, student of the IST-42 group, Federal State Budgetary Institution of Higher Education "Volga State University of Telecommunications and Informatics", 443010, Samara, L. Tolstoy str., 23.

Scientific supervisor:

**Tamirov Andrey Andreevich**, Senior Lecturer at the Department of Computer Science and Computer Engineering, Federal State Budgetary Institution of Higher Education "Volga State University of Telecommunications and Informatics", 443010, Samara, L. Tolstoy str., 23.



УДК 004.658.2

Сафаров И.О.,  
студ. группы УИ-41, ФГБОУ «ПГУТИ»  
Научный руководитель: Тамиров А.А.,  
старший преподаватель кафедры  
информатики и вычислительной техники, ФГБОУ ВО ПГУТИ

## **РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «INVEST MOBI» ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЯМ С ПОМОЩЬЮ ГЕЙМИФИКАЦИИ**

*Аннотация.* В современном мире экономическая грамотность становится все более важной для достижения финансовой стабильности и независимости. Обучающее инвестиционное приложение имеет высокую актуальность по причине роста интереса к инвестициям среди людей, без профильного образования, а также развития технологий, способствующих получению большого потока информации в любой точке мира.

*Ключевые слова:* мобильное приложение «Invest Mobi», обучение инвестициям.

**Цель:** помочь молодому поколению познакомиться с инвестициями и научить их грамотному инвестированию.

**Конечный продукт:** инвестиционное приложение «Invest Mobi»: встроенные игры для обучения инвестированию, микро-инвестирование, персональные советы, отслеживание портфеля, сообщество инвесторов.

### **Инновационные аспекты в приложении «Invest Mobi»**

1. Интерактивное обучение. Игры предлагают пользователям возможность активно участвовать в процессе обучения, что способствует лучшему усвоению информации по сравнению с традиционными методами.



2. Практическое применение знаний. Игры позволяют пользователям применять теоретические знания на практике, что помогает им лучше понять концепции инвестирования и управления рисками.

3. Геймификация. Внедрение игровых элементов, таких как баллы, уровни и награды, делает процесс обучения более увлекательным и мотивирующим.

4. Адаптивное обучение. Игры могут адаптироваться к уровню знаний пользователя, предлагая более сложные задачи по мере их прогресса, что обеспечивает индивидуальный подход к обучению.

5. Социальное взаимодействие. Многопользовательские игры способствуют взаимодействию между пользователями, что может привести к обмену знаниями и лучшему пониманию инвестиционных стратегий.

Геймификация приложения состоит из нескольких этапов.

1. Разработка образовательных модулей: создать контент, который освещает основы инвестирования, включая риски и возможности, особенности различных финансовых инструментов и стратегий.

2. Внедрение интерактивных инструментов: разработать калькуляторы, симуляторы, демо-счета и модели прогнозирования для практического освоения навыков инвестирования пользователями.

3. Создание платформы для обмена опытом: обеспечить пользователям возможность общения через форумы и чаты, где они смогут делиться опытом и задавать вопросы.

4. Организация вебинаров и семинаров: проводить регулярные онлайн-сессии с экспертами в области инвестиций, чтобы повысить уровень знаний пользователей.

5. Разработка системы обратной связи: внедрить инструменты для сбора отзывов от пользователей о содержании и функционале приложения для его постоянного улучшения.

6. Запуск программы лояльности или наград: создать систему поощрений за активное участие в обучении и инвестировании в рамках приложения, чтобы мотивировать пользователей к обучению.

Все задачи должны быть выполнены в рамках двухлетнего договора, с регулярным отслеживанием прогресса и отчетами о достигнутых результатах для корректировок стратегии, если это необходимо.

### **План коммерциализации**

Бесплатный доступ:

- финансовые игры, посвященные основам инвестирования;
- информационные статьи и видео о разных типах инвестиций;
- базовый портфель с ограниченным количеством доступных инструментов;
- сообщество для обмена опытом с другими пользователями.

Premium подписка:

- дополнительные курсы и продвинутые учебные материалы;
- персонализированные рекомендации по инвестированию;
- расширенные функции портфеля с более широким выбором инструментов;
- премиум-сообщество с эксклюзивным контентом и поддержкой экспертов.

Ключевые партнёры:

- поставщики технологий;
- консультанты по безопасности данных;
- маркетинговые агентства;
- инвестиционные компании: Альфа инвестиции, Тинькофф инвестиции, ВТБ инвестиции, Сбер инвестиции.

### **Виды коммерциализации «Invest Mobi»**

Генерация выручки будет осуществляться несколькими способами:

- «Invest Mobi» будет иметь платный доступ с расширенным функционалом и отключённой рекламой, которая будет стоить определённой суммы в зависимости от срока подписки;

- «Invest Mobi» будет предоставлять пользователям возможность открыть счет у партнёрского брокера и получать за это комиссию;
- «Invest Mobi» будет генерировать доход через размещение рекламы. Это может быть как «нативная» реклама (встраиваемая в контент), так и баннеры (это относится только к бесплатному доступу, с Premium-доступом рекламы не будет);
- InvestMoby будет взимать комиссию за каждую куплю-продажу акций или других финансовых инструментов.

**Заключение.** В ходе данной работы было представлено мобильное приложение «Invest Mobi» для обучения инвестициям с помощью геймификации. С его помощью многие молодые люди смогут обучаться, получая информацию в привычной для нового поколения форме.

### Литература

1. Научный форум: рынок мобильных приложений. – URL: <https://scienceforum.ru/2025/article/2018016084> (дата обращения 27.03.25).
2. Число частных инвесторов на Мосбирже перевалило за 33 млн человек. – URL: <https://www.finam.ru/publications/item/chislo-chastnykh-investorov-na-mosbirezhe-perevalilo-za-33-mln-chelovek-20240906-1039/> (дата обращения: 24.03.2025).
3. Как искусственный интеллект меняет сферу образования. – URL: <https://softline.ru/about/blog/kak-iskusstvennyj-intellekt-menyaet-sferu-obrazovaniya> (дата обращения: 23.03.2025).

**Сафаров Илья Олегович**, студент группы УИ-41, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», 443010, г. Самара, ул. Льва Толстого, 23.

e-mail: [safari.ilia@mail.ru](mailto:safari.ilia@mail.ru).

Научный руководитель:

**Тамиров Андрей Андреевич**, старший преподаватель кафедры информатики и вычислительной техники, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», 443010, г. Самара, ул. Льва Толстого, 23.

e-mail: [a.tamirov@psuti.ru](mailto:a.tamirov@psuti.ru).

## **DEVELOPMENT OF A MOBILE APPLICATION «INVEST MOBI» FOR INVESTMENT TRAINING USING GAMIFICATION**

*Annotation.* In the modern world, economic literacy is becoming increasingly important for achieving financial stability and independence. The educational investment application is highly relevant due to the growing interest in investments among people without specialized education, as well as the development of technologies that facilitate the receipt of a large flow of information anywhere in the world.

*Keywords:* mobile application "Invest Mobi", investment training.

**Safarov Ilya Olegovich**, student of the UI-41 group, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 443010, Samara, L. Tolstoy str., 23.

Scientific supervisor:

**Tamirov Andrey Andreevich**, Senior Lecturer of Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 443010, Samara, L. Tolstoy str., 23.



УДК 004.8

Стогний Б.В.,

студ. группы М2Ж, ФГБОУ ВО «ДонГУ»

Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Авдюшина Е.В.,

доцент кафедры теории упругости и вычислительной математики

им. акад. А.С. Космодамианского, ФГБОУ ВО «ДонГУ»

## **РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ- МЕССЕНДЖЕРА ДЛЯ ДЕЛОВОГО ОБЩЕНИЯ С ИИ-ПОМОЩНИКОМ**

*Аннотация.* Данная работа посвящена исследованию информационных моделей мессенджеров, представленных на рынке приложений, изучению их функциональных возможностей, а также созданию программного продукта для делового общения внутри корпорации с функцией ИИ-помощника.

*Ключевые слова:* мессенджер, паттерн, Kotlin, Android Studio, искусственный интеллект, нейросеть, чат-боты.

**Введение.** На сегодняшний день можно отметить: а) многообразие мессенджеров и приложений с разными, но пересекающимися функциями, росту которого способствуют запрос на спецификацию функционала от пользователей; б) остро вставший вопрос о создании госмессенджера, а также корпоративных мессенджеров с повышенным уровнем безопасности; в) внедрение ИИ-помощников как в корпоративные мессенджеры для улучшения внутренней и внешней коммуникации компаний, так и в крупнейшие мессенджеры типа Телеграм.

В связи с этим возникает естественный вопрос – каким образом оценивать функциональность мессенджера, включающую скорость, надежность, популярность, безопасность, возможность подключения чат-бота.

**Постановка задачи.** Поскольку целью исследования является создание мобильного мессенджера-приложения с использованием Android Studio с функцией ИИ-помощника, то для реализации поставленной цели были выдвинуты следующие задачи:

- сравнить информационные модели приложений;
- дать характеристику популярным нейросетям;
- проанализировать паттерны проектирования и выбрать наиболее приемлемый;
- изучить технологии на базе Android и подключения чат-бота (на примере ChatGPT) в Android -приложение;
- обосновать применение языка Kotlin для разработки мобильного приложения;
- оценить Android эмуляторы;
- разработать собственную модель мобильного мессенджера;
- реализовать алгоритм на языке программирования;
- проверить работоспособность алгоритма, т.е. провести тестирование;
- проанализировать результаты.

**Результаты.** Разработка и программная реализация производилась с помощью языка программирования Kotlin. Результатом работы стало создание мобильного мессенджер-приложения для делового общения с функцией ИИ-помощника. Применении чат-бота на примере ChatGPT в Андроид-приложении с запросами под специфику арт-холдинга; реализация программного приложения для мобильного устройства с возможностью использования его представителями бизнеса определенной направленности.

В данном проекте – мессенджере присутствует следующий функционал:

- чат между пользователями;
- работа с видео;
- сортировка информации по разным папкам;
- возможность написания фидбэка (отзыва).

Функциональные возможности программного продукта и интерфейсных возможностей приложения с точки зрения пользователя представлены на рис. 1-2. Здесь представлены экран настроек, редактирования и просмотра видео.

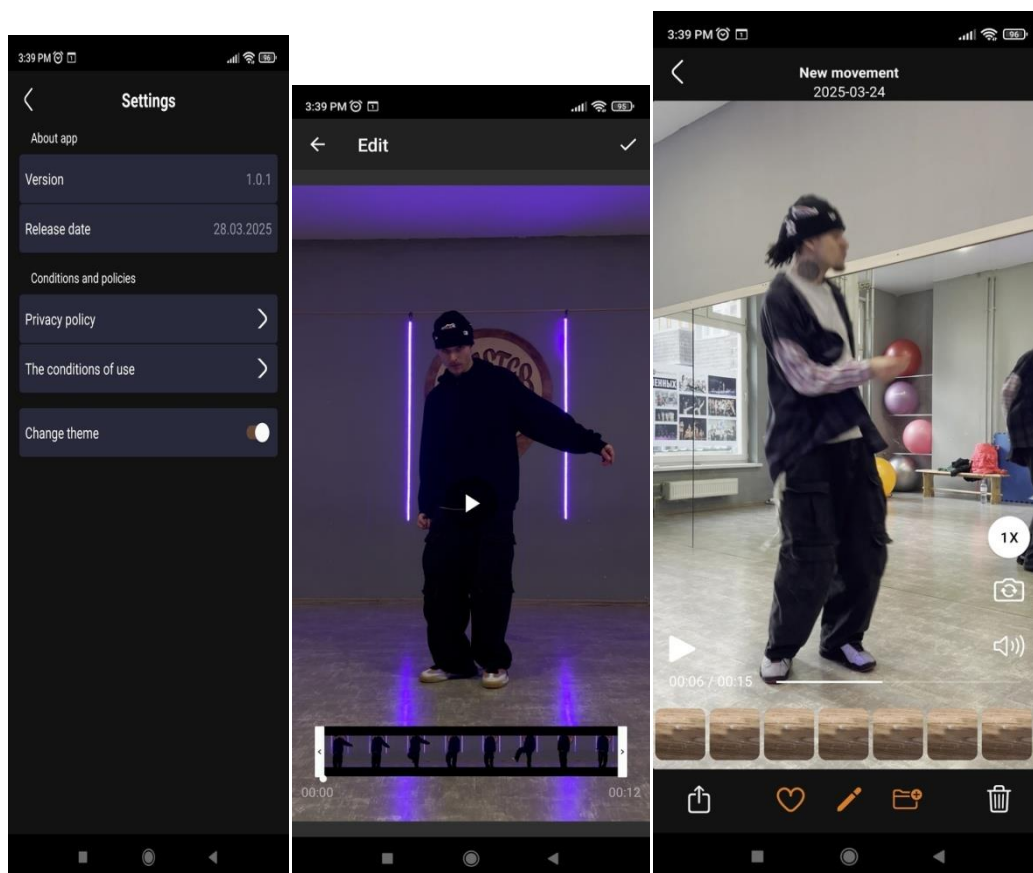


Рис.1. Скриншоты экранов

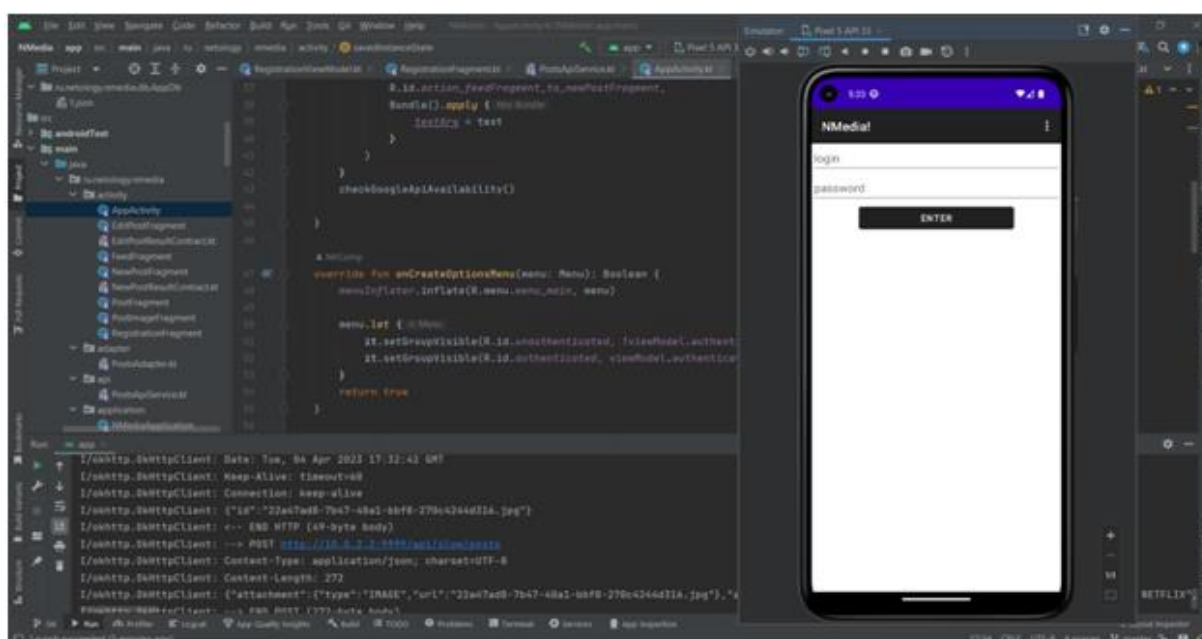


Рис.2. Экран идентификации и аутентификации

Созданное приложение будет скачиваться, устанавливаться и запускаться по общепринятым стандартам для систем Android. В приложении реализована возможность регистрации для новых пользователей и аутентификации для уже зарегистрированных пользователей (функционал отличается в зависимости от идентификационного статуса пользователя).

За отображение экрана (в виде фрагмента) конкретного поста отвечает класс PostFragment.

За отображение экрана (в виде фрагмента) выбранного аттачмента (при клике на картинку под тем или иным постом, открывается экран с увеличенным изображением этого аттачмента) отвечает класс PostImageFragment.

За отображение экрана регистрации (в виде фрагмента) отвечает класс RegistrationFragment.

Кроме того, для функциональности мессенджера в рамках использования ИИ-помощника были разработаны специализированные промпты для ChatGPT в приложении. Пример такого промпта представлен на рис. 3.

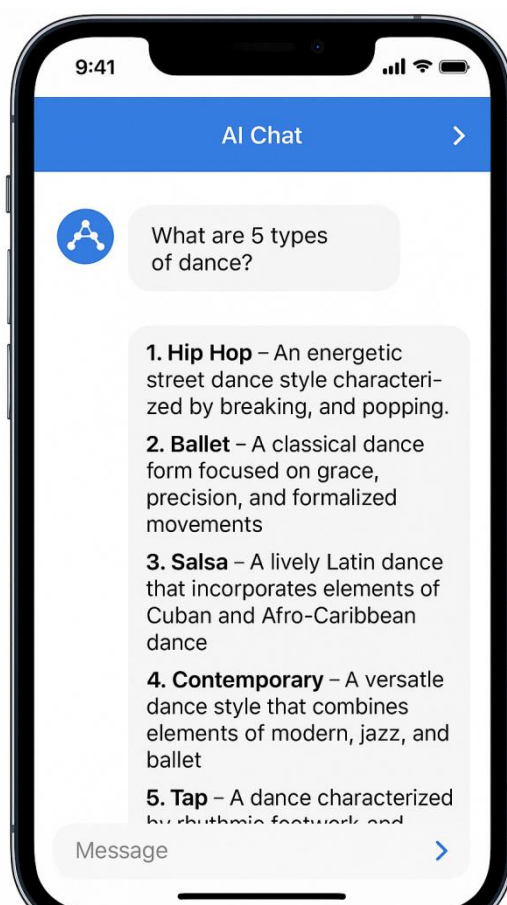


Рис. 3. Пример промпта для использования ИИ-помощника



Возможности использования разработанной информационной модели мессенджера для делового общения и ее программного воплощения - для реализации процесса рабочего взаимодействия арт-холдинга и другой целевой аудитории данного сегмента рынка. В современных реалиях остро стоит вопрос о создании отечественных корпоративных мессенджеров, ориентированных на государственные органы и крупный бизнес, что также повышает значимость данной работы.

**Выводы.** Внедрение искусственного интеллекта в корпоративные мессенджеры является не просто технологической тенденцией, но и стратегическим направлением развития инструментов коммуникации в рамках современного бизнеса.

Одним из важных направлений, безусловно, будет продолжающееся совершенствование чат-ботов. Сегодня они могут отвечать на базовые вопросы и выполнять простые задачи, однако в ближайшем будущем ожидается значительное углубление их функционала. Одним из таких крупных направлений может стать создание виртуальных помощников на уровне всего корпоративного мессенджера. Таким образом, удовлетворенность клиентов и сотрудников возрастает, одновременно сохраняя конкурентоспособность компании в отрасли.

### Литература

1. Денисенко В.В. Применение искусственного интеллекта в разработке мобильных приложений / В.В. Денисенко, А.С. Яценко, Л.С. Чесников // Международный журнал гуманитарных и естественных наук, 2023. – С. 18-21.
2. Донн Ф. Android: разработка приложений для чайников / Android Application Development For Dummies. – М.: [Диалектика](#), 2011. – 336 с.
3. Лукьяненко Т.В. Искусственный интеллект в мобильных приложениях // Итоги научно-исследовательской работы за 2021 год : Материалы Юбилейной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Кубанского ГАУ,

Краснодар, 06 апреля 2022 года / Отв. за выпуск А.Г. Кощев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. – С. 444-446;

4. Медникс З. Программирование под Android / З. Медникс, Л. Дорнин. – СПб.: Питер, 2013. – 560 с.

5. Рассел С. Искусственный интеллект. Современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. – М.: Вильямс, 2015. – 1408 с.

6. Рыжов А.П. Гибридный интеллект. Сценарии использования в бизнесе. – Новосибирск: Академиздат, 2019. – 116 с.

*Исследования проводились в ФГБОУ ВО «ДОНГУ» при финансовой поддержке Азово-Черноморского математического центра (Соглашение от 27.02.2025 № 075-02-2025-1608).*

**Стогний Богдан Вадимович**, студент группы М2Ж, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донецкий государственный университет», 83001, г. Донецк, ул. Университетская, 24.

e-mail: [baran.gagan@mail.ru](mailto:baran.gagan@mail.ru)

Научный руководитель:

**Авдюшина Елена Владимировна**, к.ф.-м.н., доцент; доцент кафедры теории упругости и вычислительной математики им. акад. А.С. Космодамианского, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донецкий государственный университет», 83001, г. Донецк, ул. Университетская, 24.

e-mail: [elena.v.a.2023@mail.ru](mailto:elena.v.a.2023@mail.ru)

## **DEVELOPMENT OF A MOBILE APPLICATION- MESSENGER FOR BUSINESS COMMUNICATION WITH AN AI ASSISTANT**

*Annotation.* This work is devoted to the study of information models of messengers presented on the application market, the study of their functionality, as well

as the creation of a software product for business communication within a corporation with an AI assistant function.

*Keywords:* messenger, pattern, Kotlin, Android Studio, artificial intelligence, neural network, chatbots.

**Stogniy Bogdan Vadimovich**, student of the M2Zh group, Donetsk State University, 83001, Donetsk, Universitetskaya str., 24.

Scientific supervisor:

**Avdyushina Elena Vladimirovna**, Associate Professor of the Department of Elasticity Theory and Computational Mathematics named after Academician A.S. Kosmodamiansky, Donetsk State University, 83001, Donetsk, Universitetskaya str., 24.



УДК 51-7

Журбенко А.Н.,

студ. группы ЭП-316, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Номбре С.Б.,

доцент кафедры «Специализированные информационные технологии и

системы»

ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ – ЛИЧНЫЙ ПОМОЩНИК ЭКОНОМИСТА**

*Аннотация.* Рассмотрено применение искусственного интеллекта для оптимизации процесса работы экономистов, выявлены направления использования ИИ в региональной экономике и повышении квалификации экспертов экономического профиля.

*Ключевые слова:* искусственный интеллект, экономист, автоматизация, прогнозирование, аналитика, персонализация, эффективность, машинное обучение, региональное развитие, цифровая экономика.

**Введение.** В современном мире искусственный интеллект (ИИ) становится незаменимым инструментом для специалистов различных областей, включая экономику. Он открывает новые горизонты для профессионального роста и развития, делая работу более продуктивной, точной и эффективной.

Согласно последним исследованиям, ИИ может принести огромную пользу мировой экономике и благосостоянию людей, хотя и порождает определённые вызовы. Рассмотрим основные направления, в которых ИИ может выступать как личный помощник экономиста.

1. Автоматизация рутинных задач: современные ИИ-системы способны эффективно выполнять множество административных функций: вести график

руководителя, фиксировать задачи, напоминать о важных событиях и встречах, обрабатывать электронную почту и сортировать документы. Это позволяет экономистам сосредоточиться на более сложных и творческих задачах, требующих аналитического мышления и стратегического подхода.

2. Прогнозирование и аналитика: ИИ предоставляет мощные инструменты для работы с временными рядами, создания прогнозных моделей и глубокого анализа экономических процессов. Это позволяет экономистам принимать более обоснованные решения на основе данных, которые раньше было сложно или невозможно обработать вручную. Например, ИИ может анализировать огромные объёмы данных из различных источников, таких как социальные сети, новостные сайты и финансовые отчёты, чтобы выявить скрытые закономерности и тренды [1].

3. Улучшение точности прогнозирования: технологии машинного обучения способны обрабатывать огромные массивы данных и выявлять сложные закономерности, недоступные для человеческого анализа. Это особенно ценно в условиях экономической неопределённости, когда необходимо быстро реагировать на изменения и принимать обоснованные решения. Например, ИИ может использоваться для прогнозирования рыночных тенденций, анализа рисков и разработки стратегий хеджирования [5].

4. Повышение эффективности работы: по данным экспертов, внедрение ИИ в бизнес-процессы приводит к значительному повышению эффективности, улучшению качества принимаемых решений и экономии средств [5]. Это особенно важно для экономистов, работающих в условиях современной динамичной экономики, где требуется быстрая реакция на изменения и принятие взвешенных решений.

5. Персонализация сервисов: ИИ позволяет создавать персонализированные рекомендательные системы, которые могут быть полезны экономистам при разработке индивидуальных финансовых стратегий для клиентов или подразделений компании. Например, на основе анализа данных о

финансовых привычках и целях клиентов ИИ может предложить оптимальные решения для управления личными финансами или инвестициями.

6. Содействие в развитии регионов: генеративный ИИ может помочь развивающимся странам и регионам укрепить конкурентоспособность своих экономик. Например, он может использоваться для анализа данных о состоянии инфраструктуры, демографических тенденциях и экономических показателях, чтобы выявить потенциал для роста и разработать стратегии развития.

7. Поддержка в образовательном процессе: существуют образовательные программы, использующие ИИ для обучения специалистов применению технологий искусственного интеллекта в разных отраслях экономики. Это помогает экономистам постоянно повышать свою квалификацию и быть в курсе последних достижений в области ИИ. Например, ИИ может использоваться для создания интерактивных обучающих материалов, проведения виртуальных лекций и тестирования знаний. [2]

Отметим также этические и социальные аспекты, связанные с использованием ИИ. Например, возникает вопрос о прозрачности алгоритмов и принятии решений на основе ИИ, а также о возможных последствиях автоматизации рабочих мест и изменения структуры занятости [4].

**Заключение.** Стоит отметить, что искусственный интеллект не заменяет экономиста, но становится мощным инструментом, расширяющим его возможности. Как подчёркивалось на Восточном Экономическом Форуме-2024, мы находимся в точке невероятно интересных возможностей развития технологий ИИ [3]. Перед экономистами открывается уникальная возможность использовать ИИ для повышения эффективности своей работы, улучшения качества аналитики и принятия более обоснованных решений. При этом важно помнить о необходимости постоянного профессионального развития и адаптации к новым технологическим реалиям. Только так можно полностью раскрыть потенциал ИИ и использовать его для достижения новых высот в экономике.

### Литература

1. Акулич М. Искусственный интеллект и маркетинг. – Litres, 2022. – URL: <https://books.google.com/books?hl=ru&lr=&id=po9RDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT18&ots=ZmQxGucYt-&sig=DsFy84xqO5YGA4bXj9fR0vF97M4> (дата обращения: 16.04.2025).
2. Блохинская Л. О. О формировании предпринимательских компетенций у студентов-экономистов в условиях развития цифровых технологий // Обучение иностранному языку студентов высших и средних образовательных учреждений на современном этапе. Проблемы сохранения языка и культуры эвенков России и ороочонов Китая. – 2021. – С. 19-29. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45273666> (дата обращения: 15.04.2025).
3. Искусственный интеллект: «Мы находимся в точке невероятно бурного роста» // Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» // URL: <https://www.hse.ru/news/expertise/959550734.html> (дата обращения: 14.04.2025)
4. Подобно электричеству, ИИ может принести невероятную пользу // Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» // URL: <https://www.hse.ru/news/expertise/921191763.html> (дата обращения: 14.04.2025).
5. Применение ИИ в бизнесе // Национальный рекламный форум. – URL: <https://advertisingforum.ru/blog/primenenie-ii-v-biznese/> (дата обращения: 14.04.2025)

**Журбенко Андрей Николаевич**, студент группы ЭП-31б, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [zhurbenko.a.n-ep-31b@donnasa.ru](mailto:zhurbenko.a.n-ep-31b@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Номбре Светлана Борисовна**, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры «Специализированные информационные технологии и системы», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [k.y.chudina@donnasa.ru](mailto:k.y.chudina@donnasa.ru)

### **ARTIFICIAL INTELLIGENCE – AN ECONOMIST’S PERSONAL ASSISTANT**

*Annotation.* The application of artificial intelligence to optimize the work process of economists is considered, the directions of using AI in the regional economy and professional development of economic experts are identified.

*Keywords:* artificial intelligence, economist, automation, forecasting, analytics, personalization, efficiency, machine learning, regional development, digital economy.

**Zhurbenko Andrey Nikolaevich**, student of the EP-31b group, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Nombre Svetlana Borisovna**, Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of Specialized Information Technologies and Systems, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.







УДК 37.012.4, 681.518

Кулик С.В.,

студ. группы ИСТ-1а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Жмыхова Т.В.,

доцент кафедры высшей математики

ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **СТАТИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ: ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

*Аннотация.* В работе анализируется значение статистических моделей в информационных системах, последовательность изучения и их воздействие на процесс принятия решений в сфере управления.

*Ключевые слова:* статистические модели, информационные системы, принятие решений.

**Введение.** Информационные системы стали неотъемлемым элементом современного бизнеса, а статистические модели, интегрированные в них, обеспечивают возможность принятия обоснованных и эффективных управленческих решений. Информация в современных условиях выступает, как ресурс, позволяющий минимизировать расходы других ресурсов. Требования к качеству информации в современных условиях настолько возросли, что, вообще говоря, трудно представить нормальное функционирование общества без соответствующего информационного обеспечения [1]. Функциональность информационных систем и задачи, которые они решают, определяются конкретной сферой деятельности и целями управления, а также инженерными требованиями к информационному обеспечению. Затруднения в классификации и решении этих задач связаны с разнородностью технической базы информационных технологий, разнообразием выполняемых функций, влиянием

структур управления, различиями в подходах к анализу информационных систем и неоднозначностью оценок эффективности их работы. Для решения проблемы предлагается использовать анализ вероятностных моделей процессов и разработать на их основе методы обнаружения, оценки и статистического синтеза управления динамическими системами.

Статистические модели, встроенные в информационные системы, позволяют прогнозировать тенденции, оценивать риски, оптимизировать процессы и выявлять скрытые закономерности. Это, в свою очередь, позволяет организациям повышать свою конкурентоспособность, улучшать качество продукции и услуг, а также более эффективно управлять ресурсами.

В данной работе мы рассмотрим последовательность изучения статистических моделей в информационных системах и приведем примеры практического применения, демонстрирующие их эффективность в различных сферах деятельности.

**Основная часть.** Для более полного понимания использования вероятностных и статистических моделей в информационных системах предлагается систематизировать информацию и изучать вопрос, следуя предложенной структуре.

Теоретические основы статистических моделей в информационных системах: ввести понятие статистических моделей, которые представляют собой математические конструкции, описывающие взаимосвязи между переменными на основе статистических данных. Они позволяют анализировать прошлые и текущие тенденции, а также прогнозировать будущие события. Далее классифицировать статистические модели, основные типы которых включают:

- регрессионные модели;
- модели временных рядов;
- деревья решений;
- кластерный анализ;
- факторный анализ;
- дискриминантный анализ.

Далее необходимо оценить роль информационных систем в обработке статистических данных, для чего следует выстроить архитектуру современных информационных систем, включающих такие компоненты:

- подсистему сбора данных;
- подсистему хранения данных;
- подсистему обработки данных;
- подсистему анализа данных;
- подсистему визуализации результатов.

Выяснить, что используется современными информационными системами для эффективной работы со статистическими моделями, а именно, провести анализ и разобрать такие понятия, как:

- системы управления базами данных;
- распределенные вычисления;
- машинное обучение;
- искусственный интеллект.

После изучения этих понятий перейти непосредственно к изучению статистических моделей, которые участвуют в принятии управленческих решений. Выделим основные этапы процесса принятия решений, основанного на статистических моделях:

- формулировка цели и задач;
- сбор и подготовка данных;
- выбор подходящей статистической модели;
- построение модели;
- оценка качества модели;
- принятие решения на основе результатов.

Далее целесообразно привести примеры практического применения моделей, такие как прогнозирование спроса и планирование производства, оценка рисков и управление финансами, анализ поведения потребителей и оптимизация логистических процессов, а также оценить выгоды от

использования статистических моделей. Необходимо уделить внимания повышению точности прогнозирования за счет учета множества факторов, автоматизации расчетов, выявления скрытых закономерностей, снижения влияния человеческого фактора. Оптимизацию бизнес-процессов проводят за счет рационализации использования ресурсов, сокращения издержек, повышения эффективности производства, улучшения качества продукции.

Необходимо также принимать во внимание проблемы и ограничения применения статистических моделей, которые могут возникнуть при их внедрении в информационные системы, а именно технические ограничения, сложность обработки больших массивов данных, проблемы хранения информации, а также имеющиеся требования к вычислительным мощностям. Среди прочего имеются и методологические ограничения, к которым относят сложность интерпретации результатов, необходимость качественной подготовки данных, риск переобучения моделей. Данные проблемы могут быть решены посредством интеграции с искусственным интеллектом, развития технологий больших данных, улучшения систем хранения, оптимизации алгоритмов обработки, развития методов визуализации.

**Выводы.** Статистические модели в современных информационных системах играют ключевую роль в повышении эффективности принятия управленческих решений. Они позволяют организациям принимать более обоснованные решения на основе анализа данных, что приводит к улучшению бизнес-показателей и повышению конкурентоспособности. Для успешного внедрения статистических моделей необходимо учитывать как технические, так и организационные аспекты. Важно обеспечить качественную подготовку данных, выбрать подходящие методы анализа и обеспечить обучение персонала. Перспективы развития данной области связаны с дальнейшим совершенствованием технологий обработки данных, развитием искусственного интеллекта и методов машинного обучения. Это позволит создавать более точные и эффективные модели, способствующие принятию оптимальных управленческих решений.

### Литература

1. Городецкий А.Я. Информационные системы. Вероятностные модели и статистические решения: Учеб. пособие. – СПб: Изд-во СПбГПУ, 2003. – 326 с.

**Кулик Сергей Владиславович**, студент группы ИСТ-1а, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2,

e-mail: [kulik.s.v-ist-1a@donnasa.ru](mailto:kulik.s.v-ist-1a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Жмыхова Татьяна Владимировна**, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры высшей математики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2,

e-mail: [t.v.zhmykhova@donnasa.ru](mailto:t.v.zhmykhova@donnasa.ru)

### STATISTICAL MODELS IN INFORMATION SYSTEMS: IMPROVING DECISION-MAKING

*Annotation.* The paper analyzes the importance of statistical models in information systems, the sequence of studies and their impact on management decision-making.

*Keywords:* Statistical models, information systems, decision-making.

**Kulik Sergey Vladislavovich**, student of the IST-1a group, Donbass national academy of Building and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Zhmykhova Tetiana Vladimirovna**, Ph.D., Associate Professor; Associate Professor of the Department of Higher Mathematics, Donbass national academy of Building and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.



УДК 51-7

Байрамов А.Ш.,

Хабибуллина К.А.,

студ. группы 6201, ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ»

Научный руководитель: Палёнов Е. В.,

старший преподаватель кафедры цифровой экономики

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ»

## **ФОРМУЛЫ КРЕАТИВНОСТИ: КАК С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИКИ ГЕНЕРИРОВАТЬ БОЛЬШЕ ИДЕЙ**

*Аннотация.* В данной работе рассматривается возможность применения математического подхода к анализу и развитию креативного мышления. На основе концепции дизайн-мышления и чередования двух когнитивных режимов – открытого (ассоциативного) и закрытого (аналитического) – предлагается модель, позволяющая систематизировать творческий процесс. Особое внимание уделяется влиянию внешних и внутренних факторов (времени, уверенности, уровня стресса, среды) на эффективность креативной деятельности.

*Ключевые слова:* креативность; математическое мышление; генерация идей; дизайн-мышление; когнитивные режимы; ассоциативное мышление; теория решений.

**Введение.** Настоящая работа направлена на переосмысление природы креативности как когнитивного процесса, поддающегося формализации и структурированию. Исходя из предположения, что креативность – не стихийное проявление вдохновения, а навык, который можно целенаправленно развивать с использованием математических и логических подходов. Особое внимание уделяется роли математического мышления как инструмента систематизации генерации идей.

**Цель работы** – продемонстрировать, каким образом математические принципы и логика могут быть интегрированы в процессы творческого мышления, повышая эффективность генерации идей и решений. Работа направлена на создание моста между гуманитарным понятием «креативность» и формализованным, аналитическим инструментарием, используемым в математике. Важно количество или качество идей? Мы рассмотрим, как оптимально переключаться между понятиями. Где эффективно генерируются идеи? Какие метрики успеха? Как понять, что мы придумали лучшее решение или уже можно остановиться? Может, мы остались в шаге от лучшего решения, помножив на ноль множество усилий до этого?

Каждый человек в той или иной степени обладает способностью к креативному мышлению в повседневной жизни, однако развитие этой способности возможно и необходимо для повышения её эффективности. Важно отметить, что математика может выступать инструментом, способствующим развитию креативного потенциала. Парадоксально, но одной из наиболее сложных задач является изложение сущности креативного и творческого мышления. Основные фундаментальные исследования в области креативности были проведены в 1960-х годах XX века; с тех пор существенных прорывов в данной области не произошло. Согласно ряду исследований, уровень креативности не коррелирует с показателями интеллекта (IQ), то есть способность к генерации идей и поиску новых решений не определяется исключительно уровнем умственных способностей. Креативность не является врождённым талантом.

Даже при отсутствии выраженных творческих способностей это не является критическим фактором. Следует отметить, что овладеть креативностью посредством приобретения знаний невозможно. Творчество представляет собой особый образ мышления.

Рассмотрим, например, концепцию «childlike» – состояние, характеризующееся сохранением детского восприятия мира на протяжении

значительного периода времени, что, по некоторым данным, сыграло решающую роль в формировании теории относительности Альберта Эйнштейна.

Процесс творчества сопряжён с определёнными трудностями, причём не все его этапы являются психологически комфортными. Следует быть готовыми к тому, что лица с высоким креативным потенциалом, а также те, кто уже продемонстрировал значительный уровень творческих достижений, склонны выбирать задачи с высокой степенью сложности и значительным уровнем фрустрации.

Для развития подлинной креативности необходимо сохранять детское восприятие действительности: не бояться сложностей, быть открытым к новым идеям, не поддаваться разочарованию в случае неудач и сохранять веру в возможность достижения цели. Истинное творчество требует значительных временных затрат, терпения и своеобразной «по-детски упрямой» убеждённости в том, что любые задачи разрешимы.

#### 1. Открытый и закрытый режим.

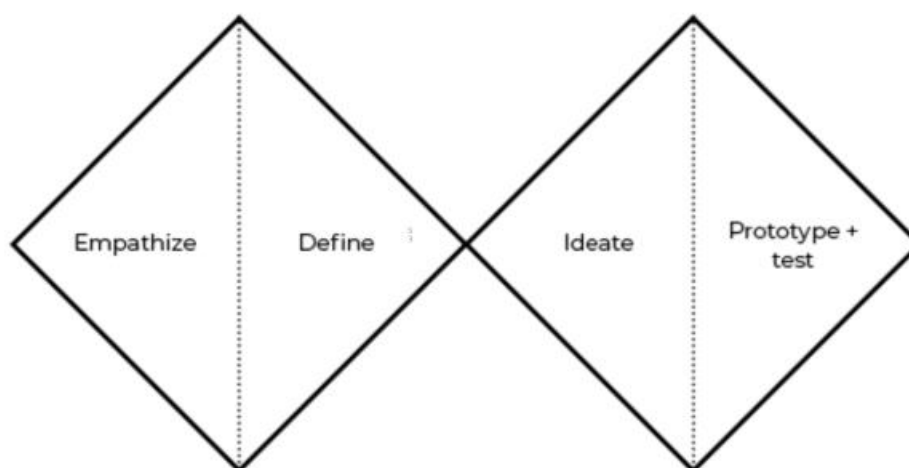


Рис.1. Открытый и закрытый режим

Схема, содержит этапы Empathize → Define → Ideate → Prototype + Test. Схема называется «Дизайн-мышление» — человеко-ориентированный процесс



решения проблем, широко применяемый в дизайне, бизнесе, образовании и инновациях. Это пятиэтапный процесс, включающий:

1. Empathize (эмпатия) – понимание потребностей и проблем пользователей;
2. Define (определение) – формулировку ключевой проблемы на основе собранных данных;
3. Ideate (генерация идей) – мозговой штурм и поиск креативных решений;
4. Prototype (прототипирование) – создание простых версий решений для тестирования;
5. Test (тестирование) – проверку прототипов с реальными пользователями и сбор обратной связи.

Эмпатия способствует более глубокому пониманию пользователей, их мотивации и возникающих затруднений. Определение проблемы направляет фокус на реальные потребности, а не на предположения. Генерация идей поощряет свободное мышление и выход за рамки стандартных решений. Прототипирование и тестирование позволяют быстро проверять гипотезы и учиться на ошибках. Этот процесс особенно полезен в условиях неопределенности и требует от участников гибкости мышления и готовности к экспериментам.

Например:

- Empathize – «О чем же рассказать на лекции?»
- Define – «Ах вот о чем!»
- Ideate – «А как рассказать?»
- Prototype + Test – «А... Вот так!»

Так максимизируется креативность. Рассмотрим открытый режим (Childlike).

- 1) Принимаются любые идеи, даже фантастические.
- 2) Предполагает активную работу в группе.
- 3) Как можно меньше критики.
- 4) Главная задача – больше идей.

А теперь закрытый режим.

1) Заранее оговорены границы.

2) Идеи жестко фильтруются.

3) Главная задача – точные идеи.

4) Лучше использовать в одиночку или при работе в небольших группах (2-3 человека).

Закрытый режим характеризуется состоянием, при котором индивид находится под давлением и испытывает стресс, что обуславливает преимущественно прагматичный стиль мышления; данный режим, как правило, является доминирующим в повседневной деятельности. Примером иллюстрации данного подхода может служить игра «Да и?».

Для объяснения принципа «да и?» участники делятся на пары и получают задание разыграть сценку. На первом этапе на любое предложение партнёра требуется отвечать «нет». Пример:

– Пойдём на рыбалку ловить карасей?

– Нет, мы пойдём на охоту.

Данный этап продолжается в течение одной минуты. На втором этапе ответы строятся по схеме «да, но»:

– Пойдём на рыбалку ловить карасей?

– Да, но мы возьмём с собой ружья!

– Да, но мы не будем из них стрелять, а будем ими драться.

Этот этап также длится одну минуту. На третьем этапе все ответы должны начинаться с «да и»:

– Да, и заодно сварим уху!

После завершения упражнения участникам предлагается ответить, какой из этапов им понравился больше. Как правило, большинство участников отмечают, что наиболее привлекательным оказался этап «Да и?».

**Принципы открытого режима: пространство ББ (без беспокойства).**

В открытом режиме крайне важно устранить любые отвлекающие факторы, в частности рекомендуется полностью отказаться от использования

мобильного телефона. На этапе поиска идей часто возникает спонтанное желание проверить новые уведомления, что приводит к потере концентрации и затрудняет возвращение к исходной мысли. Даже кратковременное отвлечение способно прервать ход размышлений и привести к утрате ценной идеи. Поэтому для эффективной работы в открытом режиме целесообразно не только убрать телефон, но и, по возможности, уединиться в отдельном помещении.

### **Психологическое напряжение пространства ББ.**

Существует определённая разница между текущим и желаемым состоянием. Например, когда отсутствуют идеи для контент-плана на месяц вперёд, а требуется иметь полностью готовый план, возникает значительный разрыв между настоящим положением дел и необходимым результатом. Это приводит к внутреннему напряжению, уровень которого должен находиться в оптимальных пределах – выше минимального, но ниже максимального значения. Избыточное «пребывание в моменте» может негативно сказаться на процессе генерации идей. Важно научиться избегать чрезмерного стресса, однако полное его отсутствие также не способствует продуктивности. Кроме того, при разработке идей рекомендуется сохранять физическую активность, так как статичное положение снижает эффективность мыслительного процесса. Существуют исследования, подтверждающие, что регулярная ходьба значительно повышает когнитивные способности мозга.

### **Принцип открытого режима – это время.**

Таким образом, как и в описанной выше игре, процесс генерации идей организован по определённым правилам и в течение строго ограниченного времени – например, 25 минут. В течение этого интервала участники работают в открытом режиме, активно генерируя идеи, после чего переходят на такой же промежуток времени в закрытый режим.

Временное ограничение играет ключевую роль, поскольку мозг склонен экономить усилия и стремится к минимизации когнитивных затрат. Во время сессии генерации идей важно не задерживаться на первой пришедшей в голову мысли, даже если она кажется удачной, а продолжать поиски новых вариантов

на протяжении всего отведённого времени. Это связано с тем, что первоначальные идеи зачастую являются наиболее очевидными и не требуют значительных умственных усилий. Таким образом, рекомендуется строго придерживаться временных рамок – по 25 минут на каждый из этапов, описанных выше.

### **Принцип открытого режима – уверенность.**

Уверенность, выражающаяся в склонности к быстрому принятию решений, как правило, не способствует развитию креативности. Лица, которые однозначно и заранее знают, что и как необходимо делать, зачастую демонстрируют низкий уровень творческого мышления. Напротив, определённая неуверенность может быть положительным фактором для креативности, поскольку она способствует поиску нестандартных решений и расширяет спектр рассматриваемых вариантов.

### **Принцип открытого режима – юмор.**

Смех и юмор действительно являются индикаторами того, что человек находится в так называемом «открытом режиме» мышления, способствующем креативности. Исследования показывают, что юмор расслабляет, переводит нас в более игровой и открытый для новых идей настрой, снижает серьёзность восприятия задачи и способствует легкости в поиске нестандартных решений. В упражнениях на импровизацию, таких как игра «Да и?», смех возникает естественно, что подтверждает включённость участников в открытый, творческий процесс.

Креативность можно и нужно развивать – она поддается тренировке. Эффективными инструментами для этого являются специальные упражнения и игры, направленные на генерацию и соединение разнородных идей. Например, игра «Что общего между?» стимулирует поиск неожиданных связей между объектами, что лежит в основе творческого мышления и синтеза новых идей. Такие упражнения помогают развивать гибкость мышления, способность видеть необычные комбинации и находить новые решения.

Суть креативности заключается в умении находить общее между, казалось бы, несвязанными вещами, а также в создании нового на стыке разных идей. Это подтверждается как в психологических, так и в нейронаучных исследованиях: креативность – это не случайная вспышка вдохновения, а управляемый и гибкий процесс, который развивается через системное мышление, чередование режимов работы, соблюдение временных рамок и осознанное отношение к своим когнитивным состояниям.

Математика, в свою очередь, помогает структурировать творческий процесс и наводить порядок в кажущемся хаосе идей, а психология — понять, как активировать нужное состояние для генерации новых решений. Хотя универсального рецепта для креативности не существует, ясно, что она возникает не случайно, а как результат целенаправленно созданных условий и регулярной практики.

#### **Выводы.**

1. Креативность может быть формализована и систематизирована; она не является исключительно спонтанным процессом.
2. Использование чередования когнитивных режимов – эффективный способ стимулирования продуктивного мышления.
3. Математические структуры, включая алгоритмы, логические последовательности и вероятностные модели, применимы к задачам генерации идей.
4. Творческое мышление поддаётся тренировке через регулярные практики, в которых активизируются механизмы ассоциативного синтеза.
5. Креативность – это область, в которой математика может выступать не только как инструмент анализа, но и как средство активации новых идей, что делает её релевантной в междисциплинарных исследованиях.

### Литература

1. Donald W. MacKinnon. Identification and Development of Creative Abilities.  
– URL: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED027965.pdf> (дата обращения: 18.04.2025).

2. Ильин Е.П. Психология творчества, креативность, одаренность/ Е.П. Ильин. – СПб.: Питер, 2009. – 434 с.

**Байрамов Амин Шахинович**, студент группы 6201, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», 420111, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.

e-mail: [bajramovamin692@gmail.com](mailto:bajramovamin692@gmail.com)

**Хабибуллина Камилла Амировна**, студентка группы 6201, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», 420111, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.

e-mail: [kamillahab270404@gmail.com](mailto:kamillahab270404@gmail.com)

Научный руководитель:

**Палёнов Евгений Викторович**, старший преподаватель кафедры цифровой экономики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», 420111, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, 10.

e-mail: [eVPalyenov@kai.ru](mailto:eVPalyenov@kai.ru)

### FIBONACCI NUMBERS: MATHEMATICAL PROPERTIES AND APPLICATIONS IN MODERN SCIENCE

*Annotation.* This paper examines the possibility of applying a mathematical approach to the analysis and development of creative thinking. The author explores how formalized structures and logical models can be used to increase the productivity

of idea generation. Based on the concept of design thinking and the alternation of two cognitive modes – open (associative) and closed (analytical) – a model is proposed that allows systematizing the creative process. Particular attention is paid to the influence of external and internal factors (time, confidence, stress level, environment) on the effectiveness of creative activity. The work illustrates that creativity is not a spontaneous act, but a controlled skill that can be mathematically described and trained. The proposed methods are applicable both in educational and professional contexts, and in everyday life.

*Keywords:* creativity; mathematical thinking; idea generation; design thinking; cognitive modes; open and closed mode; structuring creativity; thinking algorithms; associative thinking; decision theory.

**Bayramov Amin Shakhinovich**, student of group 6201, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI”, 420111, Russia, Kazan, K. Marks St., 10.

**Khabibullina Kamilla Amirovna**, student of group 6201, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI”, 420111, Russia, Kazan, K. Marks str., 10.

Scientific supervisor:

**Palenov Evgeny Viktorovich**, Senior Lecturer of the Department of Digital Economy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI”, 420111, Russia, Kazan, K. Marks str., 10.



УДК 539.5

Гриценко Н. Е.,

студ. группы 1РФ-24м, ФГБУ ВО «ДонГУ»

Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор Малащенко В.В.,

главный научный сотрудник ФГБНУ «ДонФТИ»

## ДИНАМИЧЕСКИЙ ПРЕДЕЛ ТЕКУЧЕСТИ СПЛАВА С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ПРИМЕСИ

*Аннотация.* Получено аналитическое выражение зависимости динамического предела текучести легированного сплава от параметра несоответствия примеси.

*Ключевые слова:* дислокации, легированные сплавы, высокоскоростная пластическая деформация, параметр несоответствия.

**Введение.** Легирующие примеси добавляются в различные сплавы для улучшения их механических свойств. Радиусы атомов легирующих добавок отличаются от радиусов атома матрицы. Чем больше разность этих радиусов, тем больше их параметр несоответствия, тем большее сопротивление оказывают примеси движению дислокаций, а, следовательно, сильнее их влияние на формирование механических свойств сплава, поскольку именно движение дислокаций и их взаимодействие с другими структурными дефектами оказывает основное влияние на эти свойства. При эксплуатации металлы и сплавы могут быть подвержены высоким внешним нагрузкам, в результате чего дислокации переходят к надбарьерному режиму движения, а материалы при этом испытывают высокоскоростную пластическую деформацию [1, 2]. Во многих случаях проанализировать высокоскоростную деформацию металлов и сплавов



удаётся в рамках теории динамического взаимодействия дефектов (ДВД) [3-5]. Целью настоящей работы является получение аналитического выражения зависимости динамического предела текучести сплава от параметра несоответствия легирующих добавок.

**Постановка задачи.** Пусть ансамбль бесконечных краевых дислокаций под действием постоянного внешнего напряжения  $\sigma_0$  совершает надбарьерное скольжение в плоскостях параллельных  $XOZ$  с постоянной скоростью  $v$ . Легирующие добавки распределены в сплаве случайным образом. Линии дислокаций параллельны оси  $OZ$ . Положение  $k$ -ой дислокации определяется функцией

$$S_k(z, t) = vt + s_k(z, t). \quad (1)$$

Здесь  $s_k(z, t)$  – случайная величина, описывающая поперечные колебания дислокации, которые возникают при её взаимодействии с примесями.

Уравнение движения  $k$ -й дислокации имеет вид:

$$m \left\{ \frac{\partial^2 S_k}{\partial t^2} - c^2 \frac{\partial^2 S_k}{\partial z^2} \right\} = b \left[ \sigma_0 + \sigma_{xy}^p + \sigma_{xy}^{dis} \right] - B \frac{\partial S_k}{\partial t}. \quad (2)$$

Здесь  $m$  – масса единицы длины дислокации,  $c$  – скорость распространения поперечных звуковых волн в сплаве,  $b$  – модуль вектора Бюргерса дислокации,  $\sigma_{xy}^p$  – компонента тензора напряжений, создаваемых на линии  $k$ -й дислокации примесями,  $\sigma_{xy}^{dis}$  – компонента тензора напряжений, созданных другими дислокациями ансамбля,  $B$  – константа фононного торможения.

**Результаты.** Считая малыми поперечные колебания дислокации в плоскости скольжения, вычислим вклад легирующих добавок в величину динамического предела текучести сплава во втором порядке теории возмущений

$$\tau = \left\langle \frac{\partial \sigma_{xy}^p}{\partial S_k} w_k \right\rangle = \left\langle \frac{\partial}{\partial S_k} G \sigma_{xy}^p \right\rangle \quad (3)$$

где  $G$  – функция Грина уравнения движения дислокации. Фурье-образ этой функции имеет вид:

$$G(\omega, q_z) = \frac{1}{\omega^2 - i\beta\omega - c^2 q_z^2 - \Delta^2}; \quad \beta = \frac{B}{m} \quad (4)$$

Здесь  $\Delta$  – щель в спектре дислокационных колебаний. Рассмотрим случай, когда главный вклад в её формирование вносит коллективное взаимодействие дислокаций ансамбля. Это реализуется в случае высокой плотности дислокаций.

Выражение для вклада примесей в динамический предел текучести в рамках теории ДВД может быть представлено в виде

$$\tau = \frac{n_p}{8\pi^2 m} \int d^3 q |q_x| \cdot |\sigma_{xy}^p(\mathbf{q})|^2 \delta(q_x^2 v^2 - \omega^2(q_z)) \quad (5)$$

где  $\omega(q_z)$  – спектр дислокационных колебаний,  $n_p$  – объемная концентрация примесей,  $\sigma_{xy}(\mathbf{q})$  – Фурье-образ соответствующей компоненты тензора напряжений, создаваемых примесью.

Выполняя необходимые вычисления, получим зависимость динамического предела текучести металла от параметра несоответствия дефекта. Она является квадратичной:

$$\tau = \mu \frac{n_0}{(\rho b^2)^2} \frac{\dot{\epsilon} b}{c} \chi^2 \quad (6)$$

Здесь  $\mu$  – модуль сдвига.  $n_0$  – безразмерная концентрация примесей,  $\rho$  – плотность дислокаций,  $\dot{\epsilon}$  – скорость пластической деформации,  $\chi$  – параметр размерного несоответствия примеси, который определяется выражением

$$\chi = \left| \frac{R_d - R_m}{R_m} \right|. \quad (7)$$

Здесь  $R_d$  – радиус атома примеси,  $R_m$  – радиус атома матрицы.

**Выводы.** Динамический предел текучести легированного сплава с высокой плотностью дислокаций возрастает пропорционально квадрату параметра размерного несоответствия легирующей примеси.

Полученный результат может быть полезным при анализе высокоскоростной деформации легированных сплавов.

### Литература

1. Kiyotaka, S. Strain Rate Dependence of Dynamic Flow Stress Considering Viscous Drag for 6061 Aluminum Alloy at Very High Strain Rates / S. Kiyotaka // J. Soc. Mater. Sci. Japan. – 2005. – Vol. 54, № 12. – Pp. 1301–1306.
2. Куксин, А. Ю. Зарождение и движение дислокаций в металлах и сплавах при высокоскоростной деформации: молекулярно-динамическое моделирование / А. Ю. Куксин, А. В. Янилкин // Изв. РАН. МТТ. –2015. – № 1. – С. 54–63.
3. Malashenko, V.V. Self-Consistent Description of the Effect of Point Defects on Spectrum and Dynamic Deceleration of Dislocations / V.V. Malashenko, V.L. Sobolev, B.I. Khudik // Phys. Stat. Sol. (b). – 1987. – Vol.143, №2. – Pp. 425-431.
4. Malashenko, V.V. Dynamic drag of dislocation by point defects in near-surface crystal layer / V.V. Malashenko // Modern Phys. Lett. B. – 2009. – Vol. 23, № 16. – Pp. 2041–2047.
5. Malashenko, V. V. Dynamic drag of edge dislocation by circular prismatic loops and point defects / V. V. Malashenko // Physica B: Phys. Cond. Mat. – 2009. – Vol. 404, № 21. – P. 3890–3893.

**Гриценко Никита Евгеньевич**, студент группы 1РФ-24м, ФГБУ ВО «Донецкий государственный университет», 283001, г. Донецк, пр-т Гурова, 14.

e-mail: [gricenko.nikita@gmail.com](mailto:gricenko.nikita@gmail.com)

Научный руководитель:

**Малашенко Вадим Викторович**, доктор физ.-мат. наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ «Донецкий физико-технический институт имени А.А. Галкина», 283114, г. Донецк, ул. Р. Люксембург, 72.

e-mail: [malashenko@donfti.ru](mailto:malashenko@donfti.ru)

### **DYNAMIC YIELD STRENGTH OF A HIGH IMPURITY ALLOY**

*Annotation.* An analytical expression is obtained for the dependence of the dynamic yield strength of an alloy on the impurity misfit parameter.

*Keywords:* dislocations, alloys, high strain rate plastic deformation, misfit parameter.

**Gritsenko Nikita Evgenievich**, student of the 1RP-23m group, Donetsk State University, 283001, Donetsk, Gurov str., 14.

Scientific supervisor:

**Malashenko Vadim Viktorovich**, doctor of physical and mathematical sciences, professor, chief researcher of the Donetsk Institute for Physics and Engineering named after A.A. Galkin, 283114, Donetsk, R. Luxembourg str., 72.



УДК 539.5

Сорокин А.С.,  
студ. группы ЭЛЭТ-24, ФГБОУ ВО «ДонНТУ»  
Научный руководитель: Малашенко Т.И.,  
ст. преподаватель кафедры физики  
ФГБОУ ВО «ДонНТУ»

## **ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ СПЛАВОВ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ НАГРУЗОК**

*Аннотация.* Получена зависимость динамического предела текучести состаренного сплава от концентрации зон Гинье-Престона.

*Ключевые слова:* дислокации, пластическая деформация, сплавы, зоны Гинье-Престона.

**Введение.** Старение сплавов, как искусственное, так и естественное, является одним из эффективных методов улучшения их механических свойств. На первой стадии старения образуются зоны Гинье-Престона, которые, препятствуя движению дислокаций, повышают прочностные свойства сплава. При высоких внешних нагрузках (штамповка, ковка, резка, ударно-волновые воздействия) дислокации разгоняются до скоростей в десятки и сотни метров в секунду, преодолевая структурные дефекты, в том числе и зоны Гинье-Престона, динамическим образом, т.е. без помощи тепловых флуктуаций. При этом сплавы подвергаются высокоскоростной деформации.

Целью настоящей статьи является получение аналитического выражения зависимости динамического предела текучести состаренного сплава от концентрации зон Гинье-Престона в условиях высоких внешних нагрузок.

**Постановка задачи.** Поставленная задача решается в рамках теории динамического взаимодействия дефектов (ДВД) [2-5].

Рассмотрим стационарное движение ансамбля бесконечных краевых дислокаций в состаренном сплаве, содержащем хаотически распределённые атомы второго компонента и зоны Гинье-Престона. Дислокация рассматривается как струна, совершающая поперечные колебания в плоскости скольжения. Механизм диссипации заключается в переходе энергии внешних воздействий в энергию дислокационных колебаний.

**Результаты.** Эффективность исследуемого механизма диссипации зависит от вида колебательного спектра, в первую очередь от наличия щели в спектре дислокационных колебаний. Наличие спектральной щели является результатом возникновения подвижной параболической потенциальной ямы, в которой дислокация совершает колебания, перемещаясь по кристаллу. Эта яма может быть создана коллективным взаимодействием атомов второго компонента сплава с дислокацией. В этом случае щель в колебательном спектре дислокации имеет следующий вид:

$$\Delta = \Delta_d = \frac{c}{b} \left( n_d \chi^2 \right)^{1/4}, \quad (1)$$

где  $c$  – скорость распространения поперечных звуковых волн в сплаве,  $b$  – модуль вектора Бюргерса дислокации,  $n_d$  – безразмерная концентрация атомов второго компонента,  $\chi$  – параметр их размерного несоответствия. Спектр дислокационных колебаний в этом случае становится нелинейным:

$$\omega(q_z) = \sqrt{c^2 q_z^2 + \Delta^2}. \quad (2)$$

Вклад зон Гинье-Престона в динамический предел текучести состаренного сплава вычисляется по формуле:

$$\tau_G = \frac{n_G b}{8\pi^2 m} \int d^3 q |q_x| \cdot \left| \sigma_{xy}^G(\mathbf{q}) \right|^2 \delta(q_x^2 v^2 - \omega^2(q_z)). \quad (3)$$

Здесь  $n_G$  – объемная концентрация зон Гинье-Престона,  $m$  – масса единицы длины дислокации,  $\sigma_{xy}^G(\mathbf{q})$  – Фурье-образ компоненты тензора напряжений,

созданных зоной Гинье-Престона,  $v$  – скорость дислокационного скольжения. Выполняя необходимые вычисления, окончательно получим:

$$\tau_G = \mu \frac{n_G b^2 R}{\sqrt[4]{n_d \chi^2}}. \quad (4)$$

Здесь  $\mu$  – модуль сдвига,  $R$  – средний радиус зоны Гинье-Престона.

**Выводы.** При высоких внешних нагрузках динамический предел текучести состаренного сплава увеличивается с ростом концентрации зон Гинье-Престона, при этом рост концентрации атомов второго компонента ослабляет влияние этих зон.

Полученный результат может быть полезен при анализе высокоскоростной деформации состаренных сплавов.

### Литература:

1. Куксин, А. Ю. Зарождение и движение дислокаций в металлах и сплавах при высокоскоростной деформации: молекулярно-динамическое моделирование / А. Ю. Куксин, А. В. Янилкин // Изв. РАН. МТТ. – 2015. – № 1. – С. 54–63.
2. Малащенко, В.В. Коллективное преодоление дислокациями точечных дефектов в динамической области / В.В. Малащенко // ФТТ. – 2014. – Т. 56. – №8. – С. 1528–1530.
3. Малащенко, В.В. Динамическая неустойчивость дислокационного движения при высокоскоростной деформации кристаллов с высокой концентрацией точечных дефектов / В.В. Малащенко // ФТТ. – 2015. – Т. 57. – №12. – С. 2388–2390.
4. Малащенко, В.В. Влияние фоновой вязкости и дислокационного взаимодействия на скольжение пары краевых дислокаций в кристалле с точечными дефектами / В.В. Малащенко // ФТТ. – 2006. – Т. 48. – № 3. – С. 433–435.
5. Малащенко, В.В. Коллективное взаимодействие точечных дефектов с движущейся винтовой дислокацией / В.В. Малащенко // ФТТ. – 1997. – Т. 39. – №3. – С. 493–494.

**Сорокин Александр Сергеевич**, студент группы ЭЛЭТ-24, ФГБУ ВО «Донецкий национальный технический университет», 283001, г. Донецк, ул. Артема, 58.

e-mail: [sorokinsasha006@mail.ru](mailto:sorokinsasha006@mail.ru)

Научный руководитель:

**Малашенко Татьяна Ивановна**, старший преподаватель кафедры физики, ФГБУ ВО «Донецкий национальный технический университет», 283001, г. Донецк, ул. Артема, 58.

e-mail: [t.i.mal@mail.ru](mailto:t.i.mal@mail.ru)

### **PLASTIC DEFORMATION OF ALLOYS UNDER HIGH LOADS**

*Annotation.* The dependence of the dynamic yield strength of an aged alloy on the concentration of Guinier-Preston zones is obtained.

*Key words:* dislocations, plastic deformation, alloys, Guinier-Preston zones.

**Sorokin Alexander Sergeevich**, student of the ELET-24 group, Donetsk National Technical University, 283001, Donetsk, Artem str., 58.

Scientific supervisor:

**Malashenko Tatyana Ivanovna**, Senior Lecturer of the Department of Physics, Donetsk National Technical University, 283001, Donetsk, Artem str., 58.





УДК 625.033.38

Колесникова Д.А.,

студ. группы АД-30 а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.т.н., доцент Покинтелица Е.А.,

доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАНИЙ ПОЧВЫ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

*Аннотация.* В данной статье исследуется влияние колебаний почвы на прочностные характеристики автомобильных дорог. Рассматриваются механические вибрации и динамические нагрузки, возникающие в грунтовом основании, и их воздействие на устойчивость и долговечность дорожных покрытий. Проведен анализ факторов, вызывающих колебания почвы, включая природные и техногенные источники, а также методы оценки изменений прочности земляного полотна под воздействием этих колебаний.

*Ключевые слова:* колебания почвы, прочностные характеристики, автомобильные дороги, вибрации грунта, динамические нагрузки, грунтовые основания.

**Введение.** Современное состояние транспортной инфраструктуры требует повышения надежности и долговечности автомобильных дорог, что обусловлено ростом интенсивности движения и увеличением веса транспортных средств. Одним из ключевых факторов, влияющих на эксплуатационные характеристики дорожных покрытий, является состояние грунтового основания, в частности его прочностные параметры, подверженные воздействию динамических нагрузок. Колебания почвы, возникающие вследствие движения транспорта, а также под воздействием природных и техногенных факторов, оказывают существенное влияние на механические свойства грунтов и, как следствие, на устойчивость и

долговечность дорожных конструкций [1]. Изучение процессов взаимодействия вибрационных воздействий с грунтовым основанием представляет собой важную научно-практическую задачу, решение которой способствует разработке эффективных методов проектирования и эксплуатации автомобильных дорог с учетом динамических факторов.

**Постановка задачи.** Рассмотреть воздействие механических вибраций и динамических нагрузок грунтового покрытия на устойчивость и долговечность дорожных покрытий. Провести анализ факторов, вызывающих колебания почвы.

**Результаты.** Влияние вибрационных процессов на прочностные характеристики грунтов обусловлено изменением структуры и плотности почвы, что приводит к снижению несущей способности земляного полотна и ускоренному развитию деформаций дорожного покрытия [2]. Особое значение имеет учет сезонных изменений влажности и температуры, которые в совокупности с динамическими нагрузками способствуют возникновению пучинистых явлений и локальных просадок. Анализ существующих методов оценки прочностных параметров грунтов под воздействием колебаний показывает необходимость интеграции данных о механических свойствах материалов, гидрогеологических условиях и спектральном составе вибраций [3]. Решение этих задач позволяет повысить надежность и безопасность автомобильных дорог, снизить затраты на ремонт и увеличить срок их службы.

Влияние колебаний почвы на прочностные характеристики автомобильных дорог является сложным физико-механическим процессом, требующим учета множества факторов. Для количественной оценки этого влияния необходимо рассмотреть динамическое поведение грунтов под воздействием вибрационных нагрузок. Согласно исследованиям, динамические свойства грунтов существенно отличаются от их статических характеристик, что обусловлено реологическими особенностями и способностью к диссипации энергии [4].

Одним из ключевых параметров, характеризующих динамическое состояние грунта, является динамический модуль деформации  $E_d$ , который

может быть определен экспериментально или расчетным путем. Для описания связи между напряжениями и деформациями в грунте при динамическом воздействии часто используется модель вязкоупругого тела, в которой деформации зависят не только от величины приложенного напряжения, но и от скорости его изменения. В рамках этой модели динамический модуль деформации может быть представлен в виде:

$$E_d = E_0 + \eta \frac{d\sigma}{dt},$$

где  $E_0$  – статический модуль деформации,  $\eta$  – коэффициент динамической вязкости,  $\frac{d\sigma}{dt}$  – скорость изменения напряжения во времени [5].

В работах отмечается, что динамический модуль деформации зависит от частоты колебаний и амплитуды напряжений. С увеличением частоты колебаний модуль деформации, как правило, возрастает, что связано с уменьшением времени релаксации грунта. При больших амплитудах напряжений в грунте могут возникать необратимые деформации, приводящие к снижению его прочностных характеристик [2].

Для описания распространения вибраций в грунтовом массиве используется волновое уравнение, которое в общем виде имеет вид:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = (\lambda + 2\mu) \nabla(\nabla \cdot u) - \mu \nabla \cdot (\nabla u),$$

где  $\rho$  – плотность грунта,  $u$  – вектор перемещения,  $\lambda$  и  $\mu$  – параметры Ламе, характеризующие упругие свойства грунта [4].

Решение этого уравнения позволяет определить амплитуду и фазу колебаний в различных точках грунтового массива, что необходимо для оценки влияния вибраций на дорожные конструкции. Подчеркивается, что при расчетах необходимо учитывать диссипацию энергии, связанную с внутренним трением в грунте и рассеянием волн на неоднородностях [6].

Особое внимание уделяется анализу резонансных явлений в грунтовом основании. Если частота вынужденных колебаний совпадает с собственной частотой колебаний грунтового массива, то амплитуда колебаний может

значительно возрасти, что приводит к увеличению динамических напряжений и деформаций. Собственная частота колебаний грунтового массива зависит от его размеров, формы и физико-механических свойств грунта. Для предотвращения резонансных явлений необходимо предусматривать специальные мероприятия, такие как изменение геометрии дорожной конструкции или применение виброизолирующих материалов [1].

Для оценки влияния колебаний почвы на прочностные характеристики автомобильных дорог необходимо учитывать взаимодействие дорожной конструкции и грунтового основания. Дорожная конструкция представляет собой многослойную систему, состоящую из различных материалов, обладающих разными упругими свойствами. Под воздействием вибраций в дорожной конструкции возникают динамические напряжения и деформации, которые могут приводить к разрушению дорожного покрытия и снижению его эксплуатационных характеристик [7].

Влияние динамических нагрузок на дорожную конструкцию может быть оценено с использованием метода конечных элементов. Этот метод позволяет моделировать поведение дорожной конструкции под воздействием различных видов нагрузок, учитывать геометрическую и физическую нелинейность материалов, а также определять распределение напряжений и деформаций в различных точках конструкции. При моделировании необходимо учитывать демпфирующие свойства материалов дорожной конструкции, которые способствуют снижению амплитуды колебаний и уменьшению динамических напряжений [3].

Для повышения устойчивости дорожных конструкций к вибрационным воздействиям рекомендуется применять геосинтетические материалы, которые позволяют улучшить механические свойства грунта и повысить его несущую способность. Геосинтетические материалы могут использоваться для укрепления грунтового основания, армирования дорожного покрытия и создания виброизолирующих слоев. Применение геосинтетических материалов позволяет

снизить динамические напряжения в дорожной конструкции, уменьшить деформации и увеличить срок службы дорожного покрытия.

Важным аспектом при исследовании влияния колебаний почвы на прочностные характеристики автомобильных дорог является учет нелинейных деформационных процессов, происходящих в грунтовом основании под воздействием динамических нагрузок. В отличие от статических условий, при вибрационном воздействии наблюдается накопление остаточных деформаций, что приводит к постепенному снижению несущей способности земляного полотна. Это явление объясняется развитием микропластических сдвигов и изменением структуры грунтового массива, что подтверждается результатами лабораторных испытаний и полевых наблюдений [4].

Для количественного описания накопления остаточных деформаций применяется концепция циклической прочности грунта, которая характеризуется пределом выносливости при повторных нагрузках. В рамках этой концепции вводится параметр циклической деформации  $\varepsilon_{cyc}$ , который определяется зависимостью:

$$\varepsilon_{cyc} = \varepsilon_0 \cdot N^{-b},$$

где  $\varepsilon_0$  – деформация при первой нагрузке,  $N$  – число циклов нагружения,  $b$  – эмпирический коэффициент, зависящий от типа грунта и условий испытаний. Данная зависимость отражает уменьшение величины деформации с увеличением числа циклов, однако при достижении определенного порога происходит резкое увеличение остаточных деформаций, что свидетельствует о начале разрушения структуры грунта [2].

Кроме того, динамические колебания способствуют изменению порового давления в грунтовом основании, что особенно актуально для насыщенных водонасыщенных грунтов. Повышение порового давления приводит к снижению эффективного напряжения и, как следствие, к временному уменьшению прочности грунта. Этот эффект особенно выражен при воздействии высокочастотных вибраций и может вызывать явления, сходные с

жидкообразованием грунта (ликвифакцией), что значительно ухудшает устойчивость дорожных конструкций [6].

Математическое моделирование порового давления  $u$  в динамических условиях основано на уравнении диффузии жидкости в пористой среде:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = c_v \nabla^2 u + S(t),$$

где  $c_v$  – коэффициент фильтрации,  $S(t)$  – источник порового давления, связанный с динамическими нагрузками. Решение данного уравнения позволяет прогнозировать временные изменения порового давления и оценивать риск снижения прочностных характеристик грунта в различных условиях эксплуатации [4].

Важным направлением повышения устойчивости автомобильных дорог является разработка методов контроля и мониторинга динамического состояния грунтового основания. Использование геофизических методов, таких как сейсмическая томография и вибрационный анализ, позволяет выявлять зоны с повышенной подвижностью и сниженной прочностью. Полученные данные служат основой для принятия своевременных технических решений по укреплению и ремонту дорожных конструкций [1].

Как следствие, комплексный подход, включающий экспериментальные исследования, математическое моделирование и практические мероприятия по укреплению грунтового основания, является необходимым для обеспечения долговечности и безопасности автомобильных дорог в условиях воздействия колебаний почвы. Такой подход позволяет не только выявлять причины деградации дорожных покрытий, но и разрабатывать эффективные методы их предотвращения и устранения.

**Выводы.** В результате проведённого исследования установлено, что колебания почвы оказывают существенное влияние на прочностные характеристики автомобильных дорог, приводя к изменению механических свойств грунтового основания и снижению его несущей способности. Анализ динамических процессов в грунтовом массиве показал, что вибрационные

нагрузки способствуют накоплению остаточных деформаций, изменению порового давления и развитию локальных разрушений, что в конечном итоге отражается на долговечности и устойчивости дорожных конструкций [4]. Учет этих факторов при проектировании и эксплуатации автомобильных дорог позволяет значительно повысить их надежность и безопасность.

Практическая значимость работы заключается в разработке методов оценки и прогнозирования влияния вибрационных воздействий на грунтовое основание, а также в предложении мероприятий по укреплению и виброизоляции дорожных конструкций. Внедрение данных рекомендаций способствует снижению затрат на ремонт и увеличению срока службы автомобильных дорог, что имеет важное значение для развития транспортной инфраструктуры. Перспективы дальнейших исследований связаны с совершенствованием математических моделей динамического поведения грунтов и созданием систем мониторинга, обеспечивающих оперативное выявление и устранение негативных последствий колебаний почвы [3].

### Литература

1. Дашевский, М.А. Изучение колебаний поверхности грунта на площадках, расположенных вблизи транспортных магистралей / М.А. Дашевский, В.П. Иванов // Техническая механика. – Т. 29, № 3. – 2009. – С. 12-20.
2. Кузнецов, В.И. Физико-механические свойства грунтов под воздействием динамических нагрузок // Строительная механика, № 1, 2008. – С. 15-23.
3. Каменчуков, А.В. Качественное покрытие дороги: два этапа контроля проектных решений / А.В. Каменчуков // Урбанистика. – № 4, 2020. – С. 99-109. URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=34295](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=34295) (дата обращения: 02.03.2025). – DOI: 10.7256/2310-8673.2020.4.34295.
4. Сидоров, Е.П. Экспериментальные исследования влияния вибраций на прочность грунтового основания автомобильных дорог / Е.П. Сидоров, Н.В. Лебедев // Транспортные системы, № 5, 2007. – С. 56-62.

5. Хенсртдинова, А.С. Технология устройства укрепленных грунтов с повышенными прочностными показателями для строительства лесовозных автомобильных дорог / А.С. Хенсртдинова, С.А. Чудинов // Лесное хозяйство. – № 2. – 2010. – С. 77-83.

6. Осиновская, В.А. Динамика грунта земляного полотна при вибрационном нагружении дорожной конструкции / В.А. Осиновская // Строительные материалы: научно-технический и производственный журнал. - Москва: ООО РИФ «Стройматериалы». – № 2. – 2011. - С. 45-46. – ISSN 0585-430X.

7. Смирнов, А.В. Некоторые причины сползания откосов земляного полотна и опыт их восстановления / А.В. Смирнов // Дороги России. – № 6. – 2010. - С. 34-40.

**Колесникова Дарья Андреевна**, студентка группы АД-30 а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286128, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [kolesnikova.d.a-ad-30a@donnasa.ru](mailto:kolesnikova.d.a-ad-30a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Покинтелица Елена Анатольевна**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286128, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru](mailto:o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru)

## **THE EFFECT OF SOIL FLUCTUATIONS ON THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF HIGHWAYS**

*Annotation.* This article investigates the impact of soil vibrations on the strength characteristics of highways. Mechanical vibrations and dynamic loads occurring in the soil foundation and their effects on the stability and durability of road pavements are examined. An analysis of factors causing soil vibrations, including natural and



anthropogenic sources, as well as methods for assessing changes in the strength of the roadbed under these vibrations, is conducted.

*Keywords:* soil fluctuations, strength characteristics, highways, soil vibrations, dynamic loads, soil foundations.

**Kolesnikova Darya Andreevna**, student of the AR-30a, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286128, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Pokintelitsa Elena Anatolyevna**, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286128, Makeevka, Derzhavin str., 2.



УДК 534.2

Сахно М.В.,

студ. группы ПУС-9 а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.т.н., доцент Покинтелица Е.А.,

доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗВУКОВЫХ ВОЛН В ГИТАРАХ

*Аннотация.* В статье исследуются физические основы распространения звуковых волн в гитарах, включая механизмы генерации колебаний струн, резонансные свойства корпуса и акустические характеристики материалов. Рассмотрены математические модели звукообразования, особенности различных типов гитар (акустических, классических, электрогитар) и современные экспериментальные методы их исследования. Особое внимание уделено роли конструкционных параметров и материалов в формировании тембра инструмента.

*Ключевые слова:* звуковые волны, резонансные свойства, акустическая гитара.

**Введение.** Звучание гитары – результат сложного взаимодействия колебаний струн, резонансных свойств корпуса и акустических характеристик материалов. Изучение распространения звуковых волн в гитарах представляет интерес не только для музыкантов и мастеров, но и для физиков, исследующих волновые процессы в неоднородных средах [1]. Актуальность темы обусловлена потребностью в оптимизации конструкции инструментов для достижения лучшего звучания, а также развитием новых материалов и технологий в производстве гитар.

**Постановка задачи.** В данной статье ставится задача рассмотреть механизмы генерации и распространения звуковых волн в гитарах,

проанализировать влияние конструкции и материалов на акустические свойства инструмента.

**Результаты.** Звукообразование в гитаре представляет собой сложный физический процесс, основанный на принципах волновой механики и теории колебаний. Первичным источником звука являются колебания струны, возбуждаемые щипком или ударом. Частота основного тона  $f_0$  определяется соотношением

$$f_0 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}},$$

где  $L$  – длина колеблющегося участка струны,  $T$  – сила натяжения,  $\mu$  – линейная плотность материала струны. Помимо основного тона, струна генерирует набор гармоник с частотами, кратными  $f_0$ , что формирует характерный тембр звука.

Колебания струны передаются на корпус гитары через бридж (подставку), где механическая энергия преобразуется в акустические волны. Этот процесс описывается теорией вынужденных колебаний, при этом дека и воздушный объем корпуса действуют как сложный резонатор, усиливая определенные частоты. Резонансные свойства корпуса определяются несколькими ключевыми факторами: формой и объемом, которые влияют на моды колебаний деки и воздушной полости; материалом (ель, кедр, красное дерево и др.), определяющим скорость распространения звука и демпфирование; а также конструкцией пружин (распорок под декой), изменяющих жесткость и распределение резонансных частот.

В процессе распространения звуковых волн в гитаре наблюдаются важные акустические явления. Резонанс проявляется как усиление звука на частотах, совпадающих с собственными частотами деки и воздушной полости (для классической гитары основная резонансная частота обычно находится в диапазоне 100-200 Гц). Интерференция волн, отражающихся от внутренних поверхностей, приводит к сложной картине усиления или подавления отдельных частот. Процесс затухания колебаний, обусловленный вязкостью воздуха и

внутренним трением в материале корпуса, существенно влияет на продолжительность звучания (сустейн).

Математическое моделирование распространения звука в гитаре основывается на уравнениях акустики для упругих сред. Колебания деки могут быть приближенно описаны уравнением мембраны

$$\nabla^2 z - \frac{\left(\frac{1}{c^2}\right) \partial^2 z}{\partial t^2} = 0,$$

где  $z$  – смещение поверхности деки,  $c$  – скорость распространения волн в материале. Для более точного анализа применяются современные методы конечных элементов, позволяющие учесть сложную геометрию инструмента и неоднородность материалов. Такое моделирование дает возможность прогнозировать акустические характеристики гитар и оптимизировать их конструкцию.

Акустические характеристики гитар существенно различаются в зависимости от их конструкции, что обусловлено физическими особенностями распространения звуковых волн в различных резонансных системах. Для акустических гитар основным резонатором служит корпус с воздушной полостью, где звуковая волна формируется в результате сложного взаимодействия колебаний деки ( $z(x,y,t)$ ), описываемых уравнением изгибных волн:

$$D \nabla^4 z - \rho h \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = p(x, y, z),$$

где  $D = \nabla^4 z - \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$  – цилиндрическая жесткость деки,  $E$  – модуль Юнга материала,  $h$  – толщина,  $\nu$  – коэффициент Пуассона,  $\rho$  – плотность,  $p(x,y,t)$  – давление со стороны струн.

В классических гитарах с нейлоновыми струнами (линейная плотность  $\mu \approx 1-3$  г/м) преобладают низкочастотные составляющие спектра ( $f < 1$  кГц), так как скорость волны в струне  $c = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$  при типичном натяжении  $T \approx 50-70$  Н составляет 120-150 м/с. Резонансные частоты корпуса  $f_{nm}$  определяются

решением уравнения Гельмгольца для сложной формы деки с граничными условиями закрепления.

Электрогитары, где корпус играет меньшую роль в формировании звука, демонстрируют иной физический механизм. Здесь преобладает прямое преобразование механических колебаний струны в электрический сигнал посредством электромагнитных звукоснимателей, описываемое законом электромагнитной индукции:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt},$$

где  $\Phi = \int B dS$  – магнитный поток через катушку с  $N$  витками. Однако остаточные акустические свойства корпуса по-прежнему влияют на сустейн через коэффициент затухания  $\gamma = b/m$ , где  $b$  – коэффициент вязкого трения,  $m$  – эффективная масса струны.

Экспериментальные исследования (лазерная виброметрия) показывают, что распределение амплитуд колебаний  $A(x,y)$  на поверхности различных гитар существенно отличается, что объясняется разными значениями модуля упругости  $E$  материалов: от 10 ГПа для красного дерева до 15 ГПа для ели. Это приводит к различиям в скорости распространения изгибных волн и, соответственно, в спектральном составе излучаемого звука.

Современная физика предлагает несколько точных методов исследования распространения звуковых волн в гитарах. Современная физика располагает разнообразными точными методами исследования акустических свойств гитар. Одним из наиболее совершенных подходов является лазерная доплеровская виброметрия, которая обеспечивает бесконтактное измерение колебаний поверхности деки с исключительно высокой точностью. Этот метод позволяет фиксировать вибрации в широком частотном диапазоне, что делает его незаменимым для изучения динамических характеристик инструмента.

Важную роль в исследованиях играет акустическая спектроскопия, основанная на частотном анализе звукового сигнала. Данная методика обеспечивает высокоточное определение резонансных частот гитары, что крайне

важно для понимания ее акустических особенностей. Точность измерений при этом достигает десятых долей герца.

Модальный анализ с использованием акселерометров предоставляет ценную информацию о собственных колебательных характеристиках корпуса гитары. Этот метод позволяет изучать поведение отдельных мод колебаний, их взаимодействие и влияние на общее звучание инструмента.

Значительный прогресс в исследованиях связан с применением компьютерного моделирования методом конечных элементов. Данный подход позволяет анализировать сложные взаимодействия между различными компонентами гитары, учитывая их механические и акустические свойства. Моделирование дает возможность прогнозировать акустические характеристики инструмента на этапе проектирования.

Экспериментальные исследования выявили ключевые параметры акустических гитар. Установлено, что основная резонансная частота обычно находится в определенном диапазоне, характерные значения коэффициента затухания и добротности резонаторов также попадают в конкретные интервалы. Эти данные имеют важное значение для совершенствования конструкции гитар и улучшения их акустических качеств.

Совокупность перечисленных методов предоставляет исследователям комплексный инструментальный для детального изучения акустических свойств гитар, что открывает новые возможности для оптимизации их конструкции и улучшения звуковых характеристик.

**Выводы.** Проведённый анализ физических основ распространения звуковых волн в гитарах демонстрирует сложное взаимодействие колебательных процессов в струнах, корпусе и воздушной полости инструмента. Исследование показало, что акустические характеристики гитар определяются комплексом факторов: от физических свойств материалов до конструктивных особенностей. Современные методы математического моделирования и экспериментальных исследований позволяют не только глубже понять природу звукообразования в струнных инструментах, но и открывают новые пути для оптимизации их

конструкции. Полученные результаты имеют важное значение как для совершенствования музыкальных инструментов, так и для развития акустики как науки.

### Литература

1. Гуляев, В.И. Методы лазерной виброметрии в исследовании музыкальных инструментов / В.И. Гуляев, А.П. Иванов, С.К. Петров // Акустический журнал. – 2015. – Т. 61, № 4. – С. 456-465.

**Сахно Максим Владимирович**, студент группы ПУС-9а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286128, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [sahno.m.v-pus-9a@donnasa.ru](mailto:sahno.m.v-pus-9a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Покинтелица Елена Анатольевна**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286128, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru](mailto:o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru)

### SOUND WAVE PROPAGATION IN GUITARS

*Abstract.* The article investigates the physical foundations of sound wave propagation in guitars, including the mechanisms of string vibration generation, resonance properties of the body, and acoustic characteristics of materials. Mathematical models of sound formation, features of various types of guitars (acoustic, classical, electric), and modern experimental research methods are examined. Special attention is paid to the role of design parameters and materials in shaping the instrument's timbre.

*Keywords:* sound waves, resonance properties, acoustic guitar.

**Sakhno Maksym Vladimirovich**, student of the PMC-9a, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286128, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Pokintelitsa Elena Anatolyevna**, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286128, Makeevka, Derzhavin str., 2.





УДК 621.317.33

Иванисов Н.С.,

студ. группы ПГС-78 а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.т.н., доцент Покинтелица Е.А.,

доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **ИЗМЕРЕНИЕ НЕИЗВЕСТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МОСТА УИТСТОНА**

*Аннотация.* В данной статье рассматривается методика определения неизвестного электрического сопротивления с использованием схемы моста Уитстона. Описываются принципы работы прибора и особенности настройки моста для достижения точных результатов.

*Ключевые слова:* сопротивление, мост Уитстона.

**Введение.** Мост Уитстона является эффективным и точным инструментом для измерения неизвестных сопротивлений, что делает его незаменимым в научных и технических лабораториях.

**Постановка задачи.** Рассмотреть принцип работы моста Уитстона, его применение для измерения неизвестного сопротивления. Оценить преимущества и недостатки при использовании данной установки, а также проследить какое влияние оказал мост Уинстона на современные измерительные приборы.

**Принцип работы моста постоянного тока.** Мост Уитстона (измерительный мост постоянного тока) – электрическая схема или устройство для измерения электрического сопротивления [1-3]. Работа данной установки основана на принципах баланса, как у рычажных весов. Только вместо сил будут уравниваться потенциалы среднего вывода двух ветвей.

Основные компоненты моста:

1. источники тока. Обеспечивают стабильное напряжение, необходимое для работы схемы моста;
2. резисторы. Включают как известные (референтные) значения сопротивлений, так и одно неизвестное сопротивление, которое требуется измерить;
3. измерительные приборы. Обычно представляют собой гальванометры или вольтметры, которые позволяют определить разность потенциалов между двумя точками.

Схема моста Уинстона состоит из четырех резисторов, соединенных в виде замкнутого контура. Эти резисторы обычно обозначаются как  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_x$  (неизвестное сопротивление) и  $R_c$  (компенсационное сопротивление):

- $R_1$  и  $R_2$  – известные сопротивления, которые обычно подбираются так, чтобы обеспечить нужный диапазон измерений.
- $R_x$  – это неизвестное сопротивление, которое необходимо определить.
- $R_c$  – дополнительный резистор, который может быть использован для точной настройки схемы.

Схема может быть выполнена в виде квадрата, где источники тока подключаются к двум противоположным вершинам, а измерительный прибор – к двум другим.

Мост считается сбалансированным, когда разность потенциалов между двумя точками, к которым подключен измерительный прибор, равна нулю. Это происходит при выполнении следующего условия:  $R_1/R_2 = R_x/R_c$ .

Когда условия баланса соблюдены, вольтметр или гальванометр показывает нулевое значение тока, и можно точно вычислить значение неизвестного сопротивления ( $R_x$ ) с помощью известного сопротивления ( $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_c$ ).

**Роль известных и неизвестных сопротивлений.** Известные сопротивления ( $R_1$ ,  $R_2$ ) позволяют установить опорные значения, которые необходимы для вычислений. Они следует подбирать так, чтобы их значения были

как можно ближе к значению неизвестного сопротивления для повышения точности измерений.

Неизвестное сопротивление ( $R_x$ ) – это сопротивление, значение которого мы хотим определить. Правильное значение  $R_x$  можно получить только при условии, что мост находится в состоянии равновесия.

### **Применение моста Уитстона**

#### **1. Применение в лабораторных условиях и в практических исследованиях.**

Мост Уитстона часто используется в лабораториях для определения низких значений сопротивления и измерения электрических параметров. Он позволяет точно измерять малые напряжения и токи, что делает его полезным инструментом для научных исследований в области физики и электроники.

#### **2. Использование в промышленных и научных целях.**

В промышленности мост Уитстона применяют для контроля качества материалов, а также в производственных процессах, где необходимо точно измерять параметры электрических цепей. В научных исследованиях он служит для изучения свойств проводников и полупроводников.

#### **3. Примеры задач, где может быть применен мост Уитстона:**

- измерение сопротивления резисторов в цепях, особенно в условиях низких температур;
- проверка характеристик материалов, таких как суперконденсаторы и полупроводниковые компоненты;
- подбор резисторов в высокоточных электронике и аналоговых схемах;
- определение характеристик электрических цепей в рамках учебных лабораторных работ.

### **Преимущества моста Уитстона:**

- высокая точность, т.к. измеряемая величина сравнивается с эталоном, и точность зависит только от точности и стабильности эталона. Погрешности остальных элементов схемы не влияют на точность измерений;

- универсальность. Мост Уитстона применим не только для измерений сопротивлений резисторов, но и для нахождения разных неэлектрических параметров;
- простота и эффективность. Простота схемы в сочетании с её полезностью делает мост Уитстона мощным устройством, даже если его применение довольно узкоспециализировано.

**Некоторые недостатки моста Уитстона:**

- необходимость регулирования сопротивления. На поиски «равновесия» тратится время;
- влияние различных факторов. На точность измерения моста Уитстона для неэлектрических величин могут повлиять, например, неоднородность материала, температурные изменения, шум, окружающая среда, неправильное подключение;
- влияние на точность измерения. Для неэлектрических величин точность измерения мостом Уитстона может быть ниже, чем для электрических величин.

Однако при правильной настройке и использовании моста Уитстона можно достичь высокой точности измерения даже для неэлектрических величин.

**Вывод.** Мост Уитстона остается важнейшим инструментом в области электротехники и измерительных технологий. Его значимость заключается не только в высокой точности и стабильности измерений сопротивления, но и в универсальности применения в самых разнообразных научных и практических задачах. От лабораторных исследований до промышленных приложений, мост Уитстона продолжает использоваться как надежное средство для решения проблем, связанных с измерением электрических величин.

Перспективы и будущие направления изучения и применения методов измерения сопротивления, в частности, мостовых схем, предполагают интеграцию современных технологий. С развитием цифровой электроники и вычислительных систем наблюдается тенденция к автоматизации процессов измерения, что может значительно повысить скорость и точность результатов. Более того, с учетом

актуальности исследований в области нанотехнологий и материаловедения, возникает необходимость в разработке новых подходов к измерению сопротивления на наноуровне.

Также стоит ожидать, что сочетание методов мостового измерения с новыми методами, такими как квантовые метрики, откроет новые горизонты в прецизионных измерениях. Таким образом, исследование и применение мостов Уитстона и аналогичных технологий будет продолжаться, внося свой вклад в развитие науки и промышленности.

### Литература

1. Дорофеев, В.И. Электрические измерения и устройства / В.И. Дорофеев, А.В. Руденко. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 408 с.
2. Хейкин, П. Основы электроники и электротехники / П. Хейкин. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2007. – 512 с.
3. Kitchin, M.R. Precision Measurement in Electrical Engineering / M.R. Kitchin. – New York: Wiley, 2002. – 400 p.

**Иванисов Никита Сергеевич**, студент группы ПГС-78а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286128, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [ivanisov.n.s-pgs-78a@donnasa.ru](mailto:ivanisov.n.s-pgs-78a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Покинтелица Елена Анатольевна**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286128, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru](mailto:o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru)

### MEASURING UNKNOWN RESISTANCE USING THE WHEATSTONE BRIDGE

*Annotation.* This article discusses a technique for determining unknown electrical resistance using a Wheatstone bridge circuit. The principles of operation of

the device and the features of the bridge configuration to achieve accurate results are described.

*Keywords:* resistance, Wheatstone Bridge.

**Ivanisov Nikita Sergeevich**, student of the ICE -78a, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286128, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Pokintelitsa Elena Anatolyevna**, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286128, Derzhavin str., 2.



УДК 623.5

Свежинцев К.Л.,

студ. группы ПУС-9 а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.т.н., доцент Покинтелица Е.А.,

доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **АВИАЦИЯ И БАЛЛИСТИКА: КАК НАУКА ПОВЫШАЛА ТОЧНОСТЬ ОРУЖИЯ В 1941-1945 ГГ.**

*Аннотация.* Статья представляет собой исследование эволюции военной техники и технологии управления огнём в период Второй мировой войны с акцентом на взаимодействие авиации и баллистики. В центре внимания находятся революционные изменения в области повышения точности вооружений, которые были достигнуты благодаря тесному сотрудничеству военных специалистов, инженеров и учёных.

*Ключевые слова:* баллистика, аэродинамика, навигация.

**Введение.** В годы Второй мировой войны научные достижения в области физики стали ключевым фактором повышения эффективности вооружений. Разработки в авиации и баллистике позволили сократить погрешности прицеливания, увеличить дальность поражения и минимизировать ресурсные потери. Актуальность темы обусловлена междисциплинарным синтезом физики, математики и инженерии, заложившим основы современных военных технологий [1, 2].

**Постановка задачи.** В данной статье ставится задача изучить развитие авиации, прорывы в баллистике, а также технологии целеуказания и управления в годы Второй мировой войны.

**Результаты.** В годы Второй мировой войны произошло развитие авиации, а именно наглядно прослеживалось улучшение аэродинамики. Внедрение

закрылков, редуционных двигателей (например, советский Ил-2) и облегченных материалов повысило маневренность и скорость самолетов, что критически влияло на точность бомбометания.

Распространение гиростабилизированных прицелов (например, американский прицел Норден) и радионавигации (система «Обое» в Великобритании) позволило снизить погрешность бомбометания с 300 до 50 метров к 1944 г.

Стало возможным успешное проведение ночных операций. Использование инфракрасных технологий (Германия, система «Spanner») и радаров (H2S в СССР) расширило возможности целеуказания в сложных условиях.

Говоря о внутренней баллистике, отметим, что модификация пороховых смесей (увеличение скорости снаряда на 15-20%) и стандартизация калибров (напр., советская гаубица М-30) повысили кучность артиллерии.

Внешняя баллистика. Математические модели с учетом атмосферных условий (температура, ветер) и таблицы стрельбы, разработанные под руководством Н.Н. Крылова (СССР), сократили время подготовки залпов на 30%.

Ракетные технологии. Немецкие проекты V-1/V-2, несмотря на низкую точность (круг отклонения до 15 км), стимулировали исследования в области управляемых снарядов.

Системы типа «Chain Home» (Великобритания) и «Факел» (СССР) обеспечивали раннее обнаружение целей, снижая ошибки наведения истребителей.

Внедрение гироскопов в прицелы зенитной артиллерии (например, немецкий «Würzburg») повысило точность стрельбы по движущимся целям на 40%.

Данные полевых испытаний оперативно внедрялись в производство (пример – модификация советской «Катюши» БМ-13 с улучшенной траекторией полета).



**Влияние на исход войны и послевоенное наследие.** Статистика эффективности: к 1945 г. точность авиаударов союзников возросла на 60% по сравнению с 1941 г., что подтверждается операцией «Арбалет» против немецких ракетных баз.

Переход к мирным технологиям. Послевоенное развитие GPS и аэрокосмической инженерии базируется на алгоритмах баллистических расчетов 1940-х гг.

**Выводы.** Научные достижения 1941-1945 гг. в области авиации и баллистики не только определили тактическое превосходство сторон, но и стали основой для современных высокоточных систем. Синтез физических теорий и инженерных решений в условиях войны демонстрирует ключевую роль науки в преодолении технологических вызовов.

### Литература

1. Котов, О.А Средства воздушного нападения накануне и в годы Второй мировой войны / О.А. Котов, В.В. Немировский, В.А. Журавлёв // Военно-исторический журнал. – 2021. № 9. – С. 4-17.

2. Бишоп, М. Воздушные войны XX века. Ч. 1. 1912-1945 гг. / М. Бишоп // Пер. с англ. И.С. Соколова. – Смоленск: Русич, 2002. – 256 с.

**Свежинцев Кирилл Леонидович**, студент группы ПУС-9а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286128, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [svezhincev.k.l-pus-9a@donnasa.ru](mailto:svezhincev.k.l-pus-9a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Покинтелица Елена Анатольевна**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286128, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru](mailto:o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru)

## **AVIATION AND BALLISTICS: HOW SCIENCE IMPROVED THE ACCURACY OF WEAPONS IN 1941-1945**

*Annotation.* The article is a study of the evolution of military equipment and fire control technology during the Second World War, with an emphasis on the interaction of aviation and ballistics. The focus is on revolutionary changes in the field of improving the accuracy of weapons, which have been achieved through the close collaboration of military specialists, engineers and scientists.

*Keywords:* ballistics, aerodynamics, navigation.

**Svezhintsev Kirill Leonidovich**, student of the PMC-9a, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286128, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Pokintelitsa Elena Anatolyevna**, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286128, Makeyevka, Derzhavin str., 2.



УДК 504.61 20.18

Штах А.А.,

Олиниченко А.А.,

Андриянова Е.Е.,

студ. группы ИЗОС-9а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.х.н., доцент Соболев О.В.,

доцент кафедры физики и прикладной химии

ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ЖИВОТНЫЙ МИР ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

*Аннотация.* Последствия боевых действий оказали разрушительное влияние на флору и фауну Донецкой Народной Республики, приводя к долгосрочным изменениям в экосистемах и биоразнообразии. Влияние может быть прямым, когда животные и растения погибают непосредственно в результате военных действий, и косвенным, когда разрушение среды обитания, загрязнение и другие факторы приводят к долгосрочным негативным последствиям. Без срочных мер по очистке и восстановлению, регион столкнется с такими нежелательными процессами, как **необратимой деградацией почв, исчезновением редких видов, ростом заболеваний из-за загрязнения и т.д.** Для устранения последствий боевых действий необходимы **комплексные программы** по экологической реабилитации с привлечением местных и международных организаций.

*Ключевые слова:* боевые действия, последствия, экологическая реабилитация

**Введение.** До начала вооруженного конфликта в 2014 году Донецкая Народная Республика (ДНР) – это густонаселенный и индустриально развитый регион, характеризующийся степными ландшафтами, участками широколиственных лесов и разветвленной сетью рек и водоемов. Экологическая ситуация была сложной из-за высокой концентрации промышленных предприятий, в частности угольной, металлургической, химической промышленности и др., которые были основными источниками загрязнения воздуха, воды и почвы. Несмотря на это, регион обладал определенным биоразнообразием. В степях обитали грызуны, зайцы, лисы, а в лесах – косули, кабаны, волки. На водоёмах гнездились различные виды птиц, а в реках водилась рыба.

Вооружённый конфликт, начавшийся в 2014 году, привёл к масштабным разрушениям, гибели людей и значительному ухудшению экологической обстановки. Боевые действия сопровождались интенсивными обстрелами, взрывами, использованием военной техники и разрушением инфраструктуры, что оказало крайне негативное воздействие на окружающую среду и животный мир ДНР.

**Постановка задачи и результаты исследования.** Последствия боевых действий оказывают разрушительное влияние на флору и фауну, приводя к долгосрочным изменениям в экосистемах и биоразнообразии.

*1. Миграция животных:* боевые действия, сопровождающиеся сильным шумовым загрязнением, взрывами и пожарами, создают неблагоприятные условия для обитания животных. Более мобильные животные, такие как птицы и крупные млекопитающие, реагируют на эти факторы, покидая зоны повышенной опасности и перемещаясь в более спокойные и безопасные районы. Этот процесс миграции является вынужденным и направлен на поиск лучших условий для выживания. Направление и интенсивность миграции зависят от доступности альтернативных мест обитания, а также от физического состояния и социального статуса животных.

Разрушение экосистем в результате боевых действий приводит к значительным изменениям в пищевых цепочках и доступности ресурсов. Уничтожение растительности, загрязнение водоёмов и гибель животных приводят к сокращению кормовой базы и создают условия, непригодные для обитания. Животные, лишённые привычных источников пищи и укрытий, вынуждены покидать родные места в поисках новых, что может привести к конкуренции с другими видами и снижению общей численности популяции.

В Донецкой области полноценная охота была запрещена с 2014 года для предотвращения возможных недоразумений и эксцессов с военными. Брошенные дома и промышленные объекты, пшеничные поля, на которых не ступает нога человека, если он не подготовленный сапер, проблемы с бытовым мусором и стихийными свалками – все это создает условия для размножения мышей и крыс. Как отмечает биологи, лиса – самое опасное животное в регионе. Это самое предрасположенное к заболеванию бешенством животное. Заражаются лисы, охотясь на грызунов. Получив вирус бешенства, лиса теряет над собой контроль. Она не боится ни собак, ни людей, смело идет в город и готова атаковать (или наоборот, вдруг начать проявлять нехарактерную для этого вида ласку к людям).



Рис. 1. Лиса – самое опасное животное в регионе

Многие перелётные птицы, использовавшие территорию ДНР в качестве места отдыха и кормления во время сезонных миграций, вынуждены менять

маршруты, что негативно сказывается на их энергетических запасах и увеличивает риск гибели.

Косули, кабаны и другие крупные млекопитающие мигрируют из зон активных боевых действий в более спокойные районы, где, однако, сталкиваются с конкуренцией за ресурсы и повышенным риском браконьерства. Также сообщалось о перемещении волков и лис вблизи населённых пунктов в поисках пищи.

Боевые действия приводят к снижению численности популяций многих видов животных и растений. Некоторые виды могут оказаться на грани исчезновения.

Под воздействием военных действий изменяется видовой состав экосистем. Некоторые виды, более устойчивые к воздействию военных факторов, могут процветать, в то время как другие, более чувствительные, исчезают.

Перемещение военной техники и материалов может способствовать распространению чужеродных видов, которые вытесняют местные виды и нарушают экосистемы. Боевые действия часто приводят к вырубке лесов, вызванной взрывами, пожарами и использованием техники. Леса являются важными экосистемами, обеспечивающими среду обитания для множества видов. Бомбардировки и обстрелы водно-болотных угодий приводят к их разрушению и загрязнению, что негативно сказывается на популяциях птиц, рыб и других водных животных.

Использование тяжелой техники и взрывных устройств приводит к изменению ландшафта, образованию воронок, разрушению почвенного покрова и изменению гидрологического режима. Строительство дорог, военных баз и других объектов инфраструктуры приводит к фрагментации среды обитания, что затрудняет перемещение животных и снижает генетическое разнообразие.

*2. Загрязнение окружающей среды:* использование химического оружия, взрывчатых веществ и топлива приводит к загрязнению почвы, воды и воздуха токсичными веществами. Это может оказывать отравляющее воздействие на

животных и растения, а также приводить к долгосрочному загрязнению экосистем.

Боеприпасы содержат тяжелые металлы, такие как свинец, ртуть и кадмий, которые загрязняют почву и воду. Тяжелые металлы могут накапливаться в тканях животных и растений, вызывая отравления и другие негативные последствия.

Использование оружия с обедненным ураном приводит к радиоактивному загрязнению территории. Радиация оказывает негативное воздействие на здоровье животных и растений, а также может приводить к генетическим мутациям.

Боевые действия приводят к образованию большого количества отходов, включая пластик, металл и строительный мусор. Эти отходы загрязняют окружающую среду и могут оказывать негативное воздействие на животных и растения.

*3. Долгосрочные экологические последствия:* боевые действия приводят к разрушению почвенного покрова, эрозии и деградации почв. Восстановление почв может занимать десятилетия или даже столетия.

Лесные пожары и другие экологические катастрофы, вызванные боевыми действиями, способствуют выбросу в атмосферу парниковых газов, усугубляя проблему изменения климата. Последствия боевых действий могут замедлить процесс восстановления экосистем, даже после окончания военных действий. Загрязнение, разрушение среды обитания и другие факторы могут препятствовать естественному восстановлению.

*4. Звуковые и шумовые воздействия:* постоянный шум боевых действий, вызванный взрывами, работой военной техники, полетами авиации, оказывает крайне негативное влияние на поведение животных. Это вызывает у них хронический стресс, дезориентацию, нарушение естественных ритмов жизни и снижение репродуктивной способности. Животные, обитающие в зонах активных боевых действий, находятся в постоянном состоянии тревоги, что истощает их энергетические ресурсы и делает их более уязвимыми для болезней

и хищников. Шум может значительно влиять на коммуникацию между животными. У птиц, использующих звуковые сигналы для привлечения партнёров, защиты территории и обучения потомства, шумовое загрязнение затрудняет передачу информации, что приводит к снижению успешности размножения. У млекопитающих, использующих эхолокацию или другие звуковые сигналы для ориентации в пространстве и поиска пищи, шум может вызывать дезориентацию и затруднять охоту.

*5. Мины:* мины и взрывные устройства представляют серьезную угрозу для дикой природы, поскольку животные не способны распознать опасность и избежать контакта с ними. Особенно уязвимы копытные животные, которые могут подрваться на минах во время передвижения по лесам и полям. Также страдают хищники, которые охотятся на животных, погибших в результате взрывов, и сами становятся жертвами мин.

Заминированные территории становятся недоступными для животных, что приводит к фрагментации их ареалов обитания и сокращению площади пригодных для жизни территорий. Ограничение доступа к водоёмам и пастбищам из-за заминированности также негативно сказывается на популяциях животных. Кроме того, гибель животных от мин может нарушить пищевые цепочки и вызвать каскадные эффекты в экосистеме.

В Донецкой Народной Республике, включая вновь освобожденные территории, остаются заминированы 23,5 тыс. гектаров лесов, ещё более 20 тыс. га уничтожены. По оценке Государственного комитета лесного и охотничьего хозяйства Донецкой Народной Республики, восстановление всех уничтоженных лесов займет около 20 лет. Восстанавливать лесной фонд предполагается за счет собственных лесных питомников, расположенных на территории государственных лесохозяйственных предприятий.

*6. Остатки техники:* разрушенная военная техника, оставленная на полях сражений, является источником загрязнения почвы и воды токсичными веществами. Утечки масел, горючего, антифриза и других технических жидкостей приводят к отравлению почвы и водоёмов, что негативно сказывается



на здоровье животных и растений. Тяжёлые металлы, содержащиеся в технике, также могут накапливаться в почве и попадать в пищевые цепочки, представляя опасность для здоровья людей и животных.

Брошенная техника может стать убежищем для некоторых видов животных, особенно грызунов и насекомых. Однако эти «новые экосистемы» часто являются временными и не способствуют восстановлению естественного биоразнообразия. Кроме того, присутствие техники может препятствовать естественному восстановлению растительности и создавать дополнительные препятствия для передвижения животных.

*7. Разрушение домов:* разрушение жилых домов и других построек лишает многих животных, таких как птицы, белки, летучие мыши, мест для гнездования и укрытий. Потеря естественных мест гнездования приводит к снижению репродуктивной способности этих видов и сокращению их численности.



Рис. 2. Последствия артиллерийского обстрела.

Восстановление и реконструкция разрушенных зданий и инфраструктуры должны учитывать потребности дикой природы и способствовать созданию благоприятных условий для ее восстановления. Важно использовать экологически безопасные строительные материалы, создавать зеленые зоны и предусматривать места для гнездования птиц и других животных [1-3].

С начала ведения боевых действий на территории Донецкой Народной Республики разрушено более 40 тысяч объектов. С 14 апреля 2014 года по февраль 2024 года включительно: повреждено и разрушено более 36 630 домовстроений, а также более 4,5 тысяч объектов инфраструктуры. В пунктах временного размещения зафиксировано прибытие свыше 28 тысяч людей.

### **За 12 лет население Донецкой области сократилось на 50%**

Война на Донбассе, начавшаяся весной 2014 года, вынудила около 1,5 миллиона человек из Донецкой области и Луганской области бежать в Россию или другие части Украины. На 1 июля 2012 года численность населения составила 4,4 миллиона человек в Донецкой области, а на 1 января 2024 года в ДНР проживает 2,2 миллиона человек, то есть население сократилось в 2 раза от 2012 года. В 2024 году в ДНР смертность составила 15,7, а рождаемость – 3,8 человек на 1 000 населения.

#### *Меры по смягчению последствий*

- Прекращение военных действий: самым важным шагом является прекращение военных действий и установление мира.
- Разминирование территории: необходимо провести разминирование территории для обеспечения безопасности людей и животных.
- Восстановление среды обитания: реализация программ по восстановлению лесов, водно-болотных угодий и других разрушенных экосистем.
- Очистка территории от загрязнения: проведение мероприятий по очистке почвы, воды и воздуха от загрязнения химическими веществами, тяжелыми металлами и радиоактивными веществами.
- Мониторинг и оценка: проведение мониторинга состояния экосистем и оценка воздействия военных действий на флору и фауну.
- Международное сотрудничество: сотрудничество между странами и международными организациями для оказания помощи в восстановлении окружающей среды и сохранении биоразнообразия.

**Заключение.** Военные действия в ДНР оказали разрушительное воздействие не только на инфраструктуру и жизнь людей, но и на окружающую среду и животный мир региона. Прямые и косвенные последствия конфликта привели к миграции животных, шумовому загрязнению, гибели от мин, загрязнению токсичными веществами и потере мест обитания. Для минимизации долгосрочного ущерба и восстановления биологического разнообразия необходимо проведение комплексных мероприятий, включающих разминирование территорий, рекультивацию загрязнённых земель, восстановление лесных массивов, охрану диких животных и экологическое просвещение населения.

### Литература

1. Маврищев В. В. Экология / В. В. Маврищев. – Минск: «Вышэйшая школа», 2022. – 232 с. – ISBN 978-985-06-3469-6.
2. Мохаммад, М. А. Лесные пожары: угроза природе и человеку, ликвидация, профилактика / М. А. Мохаммад, Л. А. Крысенко. – Текст : непосредственный // Юный ученый. – 2024. – № 1 (75). – С. 53-60. – URL: <https://moluch.ru/young/archive/75/4003/> (дата обращения: 13.04.2025).
3. Кочетова Ж.Ю. Экология почв военных полигонов / Ж.Ю. Кочетова, О.В. Базарский, Д.А. Пантелеев и др. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2023. – 184 с. – ISBN 978-5-4446-1791-5.

**Штах Анна Антоновна**, студентка группы ИЗОС-9а, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [shtah.a.a-izos-9a@donnasa.ru](mailto:shtah.a.a-izos-9a@donnasa.ru)

**Олиниченко Анна Андреевна**, студентка группы ИЗОС-9а, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донбасская

национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [olinichenko.a.a-izos-9a@donnasa.ru](mailto:olinichenko.a.a-izos-9a@donnasa.ru)

**Андриянова Елизавета Евгениевна**, студентка группы ИЗОС-9а, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [andriyanova.e.e-izos-9a@donnasa.ru](mailto:andriyanova.e.e-izos-9a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Соболь Оксана Викторовна**, к.х.н., доцент, доцент кафедры физики и прикладной химии, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [o.v.sobol@donnasa.ru](mailto:o.v.sobol@donnasa.ru)

## **IMPACT OF THE CONSEQUENCES OF HOSTILITIES ON THE ENVIRONMENT AND WILDLIFE OF THE DONETSK PEOPLE'S REPUBLIC**

*Annotation.* The effects of the fighting have had a devastating impact on the flora and fauna of the Donetsk People's Republic, leading to long-term changes in ecosystems and biodiversity. The impact can be direct when animals and plants die directly as a result of hostilities, and indirect when habitat destruction, pollution and other factors lead to long-term negative consequences. Without urgent cleaning and restoration measures, the region will face such undesirable processes as irreversible soil degradation, the disappearance of rare species, the growth of diseases due to pollution, etc. To eliminate the consequences of hostilities, comprehensive environmental rehabilitation programs are needed with the involvement of local and international organizations.

*Keywords:* fighting, consequences, ecological rehabilitation

**Shtah Anna**, student of the IZOS-9a group, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

**Olinichenko Anna**, student of the IZOS-9a group, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

**Andriyanova Elizaveta**, student of the IZOS-9a group, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Sobol Oksana**, Ph.D., Associate Professor; Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.



УДК 628.4

Науменко А.М.,

студ. гр. ИЗОС – ба ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.т.н., доцент Самойлова Е.Э.,

доцент кафедры «Физика и прикладная химия»,

кафедры «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **РАЗРАБОТКА РАЗРЕШЕНИЙ НА ВЫБРОСЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ КИРПИЧНОГО ЗАВОДА**

*Аннотация.* В статье рассматривается вопрос разработки разрешений на выбросы загрязняющих веществ для кирпичных заводов, связанный с влиянием производственных процессов на экологическую ситуацию, а также рассматриваются требования законодательства в области охраны окружающей среды.

*Ключевые слова:* загрязняющие вещества, кирпичный завод, разрешения, допустимые нормы, фильтрация, адсорбция, электростатическая осадка.

**Введение.** Кирпичное производство является важной частью строительной отрасли, однако оно также сопровождается значительными выбросами загрязняющих веществ в атмосферу. В условиях резервирования ресурсов и давления со стороны экологических норм необходимость разработки эффективных разрешений на выбросы становится более актуальной, чем когда-либо. Проблема заключается в балансировании между необходимостью поддержания производства кирпича и обеспечением экологической безопасности.

**Постановка задачи.** Современные кирпичные заводы сталкиваются с множеством проблем, связанных с выбросами загрязняющих веществ, что вызывает обеспокоенность среди государственных органов и общественности.

Основные загрязнители, такие как оксиды азота, диоксид углерода и пыли, имеют негативное воздействие на здоровье человека и состояние экосистем. Однако на практике часто наблюдаются противоречия между требованиями законодательства и реальной практикой осуществления контроля за выбросами.

**Результаты.** Недавние научные исследования, особенно в области технологии очистки выбросов, показывают, что использование современных методов, таких как газоочистные установки или системы фильтрации, может значительно снизить уровень загрязнений. По данным ряда публикаций, использование экологически безопасных технологий при производстве кирпича, таких как альтернативное сырье и новые технологии обжига, также может сократить негативное воздействие на окружающую среду [1].

В последних статьях поднималась проблема недостаточной связи между научными разработками и их внедрением на кирпичных заводах. Например, исследования, проведенные Институтом экологии, показывают, что, несмотря на научные достижения, многие предприятия продолжают применять устаревшие технологии, что приводит к перерасходу ресурсов и превышению допустимых норм выбросов [2].

Основная цель данной статьи заключается в разработке рекомендаций по улучшению системы разрешений на выбросы для кирпичных заводов. Необходимо осуществить подробный анализ существующих нормативных актов и технологий очистки, а также изучить опыт успешных предприятий, внедривших инновационные решения в свою практику.

Для достижения поставленных целей в работе применялись методы сравнительного анализа, статистических исследований, а также оценка экологических последствий. В рамках исследования была осуществлена оценка ключевых показателей выбросов на ряде действующих кирпичных заводов, что позволило выявить «узкие места» в процессе лицензирования и контроля выбросов [3].

В таблице 1 представлена сводка основных загрязняющих веществ, выделяемых в процессе производств кирпича, с указанием их допустимых норм

и среднегодовых значений выбросов по данным федеральных органов экологического контроля [4].

Таблица 1. Основные загрязняющие вещества и их допустимые нормы

Загрязняющее вещество	Допустимая норма, мг/м <sup>3</sup>	Среднегодовые значения выбросов (на примере завода х), мг/м <sup>3</sup>
Оксиды азота	200	150
Двуокись углерода	1000	800
Пыль	50	70

В таблице 2 представлены технологии очистки выбросов и их эффективность.

Таблица 2. Технологии очистки выбросов и их эффективность

Метод очистки	Эффективность, %	Примечание
Фильтрация	90	Наилучшие результаты достигаются с использованием НЕРА-фильтров
Адсорбция	85	Использование активированного угля
Электростатическая осадка	95	Эффективно в удалении пыли и мелких частиц

**Выводы.** Таким образом, разработка разрешений на выбросы для кирпичных заводов – это сложный и многоаспектный процесс, требующий комплексного подхода. Требуется не только тщательная оценка существующих технологий и их внедрение, но и современное законодательное регулирование. Улучшение практики контроля за выбросами позволит значительно снизить негативное воздействие отрасли на окружающую среду. Важно продвигать инновационные технологии и поддерживать устойчивое развитие, сохраняя при этом высокие стандарты экологической безопасности.

### Литература

1. Гончарова, М. А. Производство строительных материалов (экологические аспекты): учебное пособие / М. А. Гончарова. – Липецк:



Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2016. – 79 с. – ISBN 978-5-88247-836-9.

2. Григорьев, Л. Н. Теоретические основы очистки и обезвреживания выбросов и сбросов. Ч.2: учебное пособие / Л. Н. Григорьев, О. А. Шанова. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2018. – 53 с. – DOI: <https://doi.org/10.23682/102560>.

3. Кудряшов, А. А. Промышленные технологии и инновации: учебное пособие / А. А. Кудряшов. – Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. – 169 с.

4. Комментарий к Федеральному закону от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» / О.В. Шашкова, Ю.В. Хлистун, Л. В. Савина, А. Н. Кайль; под редакцией О. А. Слепенкова. – Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2015. – 395 с.

**Науменко Алина Максимовна**, студентка группы ИЗОС-6а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [naumenko.a.m-izos-6a@donnasa.ru](mailto:naumenko.a.m-izos-6a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Самойлова Елена Эдуардовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика и прикладная химия», кафедры «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [e.e.samojlova@donnasa.ru](mailto:e.e.samojlova@donnasa.ru)

## **DEVELOPMENT OF PERMITS FOR POLLUTANT EMISSIONS FOR A BRICK FACTORY**

*Annotation.* This article discusses the issues of developing permits for emissions of pollutants for brick factories. The impact of production processes on the

environmental situation is studied, as well as the requirements of legislation in the field of environmental protection.

*Keywords:* pollutants, brick factory, permits, permissible standards, filtration, adsorption, electrostatic precipitation.

**Naumenko Alina Maksimovna**, a student of the IZOS-6a group, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Samoilova Elena Eduardovna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Department of Technosphere Safety, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.



УДК 669.17

Стояк Д.И.,  
студ. группы ИЗОС-9а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»  
Научный руководитель: Лошакова В.М.,  
ассистент кафедры «Физика и прикладная химия»  
ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОНЕТ

*Аннотация.* Рассмотрены металлы и сплавы, а также другие материалы, используемые для изготовления монет.

*Ключевые слова:* металлы, сплавы металлов, биметалл, триметалл, монета.

**Введение.** В разных странах в разные исторические периоды использовались различные материалы для изготовления монет. Одни металлы отлично подходят для изготовления монет, но дорого стоят или требуют сложного изготовления, другие могут стоить дешевле, но быть менее износоустойчивыми, однако государство старается найти металл или его сплав, который будет одновременно и дешевым, и долговечным. Некоторые страны используют совсем необычные материалы для изготовления монет, такие как пластик и даже фарфор.

**Постановка задачи.** Изучить какие металлы и сплавы металлов, а также другие материалы используются для изготовления монет.

**Драгоценные и недрагоценные металлы.** Первые монеты были отчеканены в 6 веке до нашей эры в государстве Лидия, на территории современной Турции, из золота и серебра. И на протяжении многих веков золото и серебро были основными металлами для чеканки монет. Золотые монеты для оборота чеканились вплоть до начала прошлого века, а серебряные до 1960-х

годов. Но и сегодня во многих странах мира изготавливают коллекционные и инвестиционные монеты из золота или серебра.

Первые монеты из платины чеканились в 1828 - 1846 годах в Российской империи. В 1920-х годах Великобритания выпустила пробный выпуск платиновых монет. Со второй половины 20 века во многих странах выпускались инвестиционные и коллекционные платиновые монеты.

Монеты из меди - одного из первых металлов, который люди научились обрабатывать, впервые начали чеканить в Риме. Медная руда использовалась с острова Кипр, за что и получила название Купрум. В России медную монету начали чеканить при царе Алексее Михайловиче. После 1662 года чеканка медных денег прекратилась и возобновили выпуск медных монет при Петре I. В 1997 - 2001 годах русские монеты номиналом в 5 рублей чеканились из меди с медно-никелевым покрытием. Хотя монеты из меди подвержены коррозии, отказались от их массового производства сравнительно недавно.

Первые алюминиевые монеты были выпущены Британской Империей для некоторых колоний. Во время Первой мировой войны и после неё алюминий использовался уже во многих странах. Стоит отметить, что алюминиевые монеты используют в монетном деле, если присутствует острая нехватка цветных металлов. Так, в период Второй мировой войны монеты из алюминия выпускались в 16 странах. В благополучные же периоды алюминий в монетах используют в составе сплавов. В некоторых странах и сейчас чеканят монеты из чистого алюминия. Алюминиевые монеты быстро изнашиваются.

Еще одним металлом, используемым в монетном деле, является никель. Чаще его используют в составе сплавов или как покрытие, однако существуют и монеты из чистого никеля. Во время второй мировой войны никель, который стали использовать ради экономии драгоценных металлов, считался более дефицитным и дорогим, чем серебро.

Монеты из чистого цинка изготавливают с XIX века, когда были освоены промышленные способы его производства. Большинство монет из цинка и сплавов на его основе выпустили во время мировых войн, во время дефицита

других металлов. Цинк и сегодня используется в монетном деле, например, 1 цент США изготавливается из цинка с медным покрытием.

Часто используют для чеканки монет железо. Во многих странах изготавливают железные монеты с покрытием из латуни, меди, никеля, хрома. Чеканили монеты из олова и свинца – это монеты Бирмы и Таиланда конца XIX века. Однако гораздо чаще свинец использовался для подделки монет. Сейчас Австрия, Канада, Латвия, Либерия, Казахстан и другие страны изготавливают коллекционные монеты даже из ниобия, титана и тантала. Для изготовления монет ниобий окрашивают путем анодирования – в результате чего образуется тонкая оксидная пленка одного из множества цветов.

**Сплавы металлов.** Для чеканки монет используют различные сплавы. Первым сплавом, использовавшимся для чеканки монет, была бронза. Древнейшие бронзовые монеты были отчеканены в Риме в 4 веке до нашей эры. Чуть позже стали чеканить монеты из бронзы в Древней Греции. Состав ее был примерно такой: 63-79% меди, 5-7% олова и 16-30% свинца. В некоторых странах и сейчас чеканят монеты из бронзы, но в ее составе медь занимает не менее 90% сплава. Сегодня используется алюминиевая бронза – сплав, на 5% состоящий из алюминия.

Первые монеты из латуни изготовили в Римской империи. Чеканилась она из сплава, состоящего на 80% из меди и на 20% из цинка. Помимо обычной латуни иногда используется никелевая латунь.

Сплавом, который издавна использовали в монетном деле, был биллон. В составе биллона менее 50% составляет серебро, а остальная часть – медь. Иногда биллон называют серебром 500 пробы. Из биллона с 13 века изготавливали французские монеты денье и су; с 1867 года – 10, 15 и 20 копеек Российской империи, а до 1931 года и советские монеты того же номинала.

Сегодня одним из наиболее распространенных монетных сплавов считается нержавеющая сталь, состоящая из железа, хрома и никеля. Первые монеты из нержавеющей стали были отчеканены в 1939 году в Италии.

Современные монеты России номиналом 1, 2 и 5 рублей также изготовлены из стали и имеют никелевое покрытие, а 10 рублей – латунное покрытие.

Медно-никелевый сплав также популярен для чеканки монет. Он состоит из меди с добавлением никеля, железа или цинка. Нейзильбер и мельхиор тоже считаются медно-никелевыми сплавами. Но в последнее время медно-никелевые сплавы заменяют на более дешёвые сплавы.

Нордгельд или нордик – сплав из 89% меди, 5% алюминия, 5% цинка и 1% олова, в переводе означает «северное золото» и используется для изготовления монет Евросоюза. Медно-цинковый сплав – томпак, монеты из него – это канадские 5 центов 1942-1943 годов.

**Биметалл и триметалл.** Биметаллические монеты – монеты, изготовленные из двух разных металлов. Центральная часть монеты обычно производится из одного металла, а окружающая её часть «кольцо» – из другого.

Первые монеты из биметалла чеканились в Римской империи в начале II века. Второй известный выпуск таких монет был произведен в XVII веке: в Англии в 1634–1644 годах выпускался так называемый «фартинг с розой»: для предотвращения подделки в медную заготовку вставлялся латунный клин. Для изготовления биметаллических монет используются не дешевые металлы и сплавы - никель, мельхиор, латунь и другие. Например, в монете достоинством 1 евро центр изготавливается из мельхиора, а кольцо из латуни, а в монете достоинством 2 евро – наоборот.

Триметаллические монеты состоят из 3 частей. Первые монеты из триметалла были выпущены в 1992 году во Франции. Биметалл выпускали в большинстве стран мира, а триметаллические монеты, помимо Франции, были в обращении лишь у двух других стран – Монако и Мавритании.

**Альтернативные материалы для изготовления монет.** Монеты могут быть изготовлены не только из металлов. История знает примеры производства монет из вовсе не подходящих для монетного дела материалов.

Из чего же сделаны монеты в самом необычном исполнении? Во время Второй мировой войны, на территории государства-марионетки Японии –

Маньчжоу-Го на завершающем этапе войны, во время дефицита металлов, производились монеты из фибры – картона, пропитанного хлоридом цинка.

В Приднестровье в наши дни выпускаются монеты из полимерного материала – пластика. Технология и материал этих монет довольно интересны и перспективны. В 1913 году для Кокосовых островов изготовили монеты из иворина – пластика, имитирующего слоновую кость.

В 2005 году в Демократической Республике Конго была выпущена коллекционная монета из дерева. Она предназначалась только для коллекционеров, но это первый подобный известный случай в истории. Ещё пример необычных монет – фарфоровые нотгельды, выпускавшиеся в Германии после первой мировой войны.

В большинстве случаев альтернативные материалы используют для выпуска монет в сложных, экстренных ситуациях, например, войны или революции. Поэтому подобные монеты существуют обычно ограниченными тиражами.

**Выводы.** Для изготовления монет используют такой металл или сплав, который был бы недорогим, и чтобы был пригоден для длительного использования. Материалами чаще всего используемыми для изготовления обычных монет можно назвать: медно-никель, алюминиевую бронзу и сталь, для большей прочности покрываемую различными покрытиями. Для изготовления коллекционных монет используют более дорогие материалы: серебро, мельхиор, и золото. Каждый из этих металлов обладает своими уникальными свойствами, что делает каждую монету особой и ценной. Независимо от выбранного материала, монеты несут на себе историю и душу того времени, когда они были изготовлены.

### Литература

1. Щелоков, А.А. Увлекательная нумизматика. Факты, легенды, открытия в мире монет. / А. А. Щелоков/ – М: «Эксмо», 2008. – 384 с.
2. Иванов, М.С. Справочник нумизмата и бонниста. / М. С. Иванов. – М.: Ridero, 2020. – 176 с.

3. Иностранные монеты мира. – URL: <https://www.monetnik.ru/monety/mira/>  
(дата обращения: 23.04.2025).

4. Бабич, А.В. Введение в общую нумизматику/ А.В. Бабич, В. И. Лавренов.  
– М.: Лилия ЛТД, 1998. – 64 с.

**Стояк Дмитрий Игоревич**, студент группы ИЗОС-9а, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, д.2.

e-mail: [stoyak.d.i-izos-9a@donnasa.ru](mailto:stoyak.d.i-izos-9a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Лошакова Валентина Михайловна**, ассистент кафедры «Физика и прикладная химия» Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [v.m.loshakova@donnasa.ru](mailto:v.m.loshakova@donnasa.ru)

## **METALS AND ALLOYS FOR THE MANUFACTURE OF COINS**

*Annotation.* Metals and alloys, as well as other materials used to make coins, are considered.

*Keywords:* metals, metal alloys, bimetal, trimetal, coin.

**Stoyak Dmitry Igorevich**, student of the IZOS-9a group, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Loshakova Valentina Mikhailovna**, Assistant, Assistant of the Department of Physics and Applied Chemistry, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.





УДК 621.039.5; 621.311.24

Ишуткин Д.В.,

студ. группы АД-30 а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.т.н., доцент Покинтелица Е.А.,

доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **МНИМАЯ ОПАСНОСТЬ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И НАСТОЯЩАЯ ПРОБЛЕМА ЗЕЛЁНОЙ**

*Аннотация.* В данной статье рассматриваются основные аспекты и проблемы, вызываемые использованием ядерной и зеленой энергетики.

*Ключевые слова:* ядерный реактор, солнечные панели, ветряки, уголь.

**Введение.** С освоением ядерной энергетики и увеличением интереса к устойчивому развитию, вопрос о безопасности и будущем энергетических источников стал особенно актуален. Дискуссия о ядерной энергии часто сосредоточена на её потенциальной опасности, в то время как проблемы, связанные с зелёной энергетикой, могут оставаться недооценёнными [1-3].

**Постановка задачи.** Изучить принцип работы ядерного реактора и проблемы, связанные с развитием ядерной и зеленой энергетики, а также их влияние на устойчивое развитие. Рассмотреть преимущества и недостатки каждого из подходов, исследовать возможности интеграции ядерной и возобновляемой энергетики в единую систему.

**Результаты.** Рассмотрим краткий принцип работы ядерного реактора, дабы иметь понимание необходимое для осознания дальнейшего материала. Электричество в нем вырабатывается по схеме, схожей с работой большинства двигателей, независимо от того, являются ли они двигателями внутреннего сгорания, тепловыми или иными. Благодаря электромагнитной индукции, вращение ротора в генераторе приводит к возникновению электродвижущей силы

(ЭДС) в проводнике статора. ЭДС затем проходит через несколько этапов обработки и поступает в различные объекты, такие как дома, школы, больницы и т.д. Движение ротора обеспечивается паровой турбиной, которая работает за счет пара под давлением. На этом этапе разветвляются различные станции, классифицируемые по способу выработки пара. В реакторную зону помещаются тепловыделяющие сборки, каждая из которых состоит из пучка циркониевых стержней, предназначенных для выделения тепла. В процессе работы ядра урана распадаются, образуя нейтроны, которые, взаимодействуя с другими ядрами, могут также спровоцировать их деление. В результате образуется цепная ядерная реакция, выделяющая тепло, которое по специальному тепловому контуру передается воде в парогенераторном контуре. Нагретая вода превращается в пар, вращающий турбину. Отработавший пар поступает в охлаждающий контур, где снова охлаждается и переходит в жидкое состояние. Затем он возвращается в парогенератор, чтобы вновь нагреться, таким образом замкнут цикл работы. Важно отметить, что этот цикл замкнутый и изолированный, его контуры не взаимодействуют друг с другом напрямую. Такая система сделана во избежание попадания радиоактивных частиц в любое место, где в них нет необходимости, ведь разгерметизация хотя бы одной ступени может повлечь волну последствий. Но и для таких случаев существуют меры предосторожности.

Вокруг атомной станции организуется зона наблюдения, в которой специалисты отслеживают радиационную обстановку, то есть наличие или отсутствие отклонений от нормы в радиационном фоне. Также существует санитарно-защитная зона, обычно, радиусом 3 км, это зависит от мощности АЭС. В этой запрещено проживание людей, а также ограничена сельскохозяйственная деятельность. Важная деталь, данные запреты введены в связи с потенциальным риском, а не с фактической опасностью каких-либо губительных воздействий, исходящих от АЭС, это - рациональная мера предосторожности. Но суть в том, что ядерная энергетика окружена мифами и иногда, к ней относятся с излишней опаской. Существует ряд стран, которые осознанно отказались полностью или запустили программы по долговременному избавлению от всевозможных АЭС. В

числе первых: Италия, Австрия и др. Также выводят из эксплуатации АЭС, вплоть до ликвидации: Бельгия, Германия, Швейцария, Тайвань, США, Польша, Куба и т.д. Несомненно, отказ может быть по экономическим причинам, но во многом причиной можно назвать «запуганность» населения и мифический статус «зелёной» энергетики. Ключевую роль в мистификации сыграли Чернобыльская и Фукусимская трагедии.

В противопоставление потенциально опасным атомным электростанциям, нарастает популярность производства электроэнергии с помощью ветряков и солнечных панелей в крупных масштабах. Первоначально это кажется вдохновляющей идеей: для генерации солнечной или ветреной энергии не требуется топливо, исключая добычу угля и сжигание, что сводит к нулю выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Однако проблема заключается в следующем. Во-первых, энергия, производимая одним ветряком или солнечной панелью, крайне мала для нужд городской инфраструктуры. Это означает, что для достижения высокой продуктивности «зелёной» энергетики потребуется большое число энергетических источников, что, в свою очередь, требует значительно больше ресурсов для их производства. Кроме того, это создаёт потребность в значительных земельных площадях. Например, крупнейшее в мире поле солнечных панелей «Топаз» в Калифорнии занимает около 15300 км<sup>2</sup> и производит 550 МВт энергии, в то время как установленная мощность Ленинградской АЭС составляет 4373 МВт. Солнечные панели имеют ограниченный срок службы и могут выходить из строя по разным причинам, в том числе из-за погодных условий. Простое утилизация таких панелей не представляется возможным, поскольку они содержат свинец и кадмий, которые могут выделяться в атмосферу при плавлении или коррозии. С ветряными турбинами ситуация аналогична: для их эффективной работы необходимо, чтобы потоки ветра не перекрывались зданиями или рельефом. Средняя высота ветряка составляет около 70 м, хотя они могут достигать до 300 м. Башня ветряного генератора состоит из металлических пластин и отделяет «небо от земли». Наиболее проблемным компонентом турбогенератора являются лопасти, длина которых в среднем составляет 50 м, и они более чем на

70% состоят из стекловолокна, что делает их производство трудоёмким и подверженным высокому риску бракованных изделий на завершающем этапе. В большинстве случаев, когда лопасть становится непригодной, её просто закапывают в землю.

**Вывод.** Обе энергетические стратегии имеют свои преимущества и недостатки. Однако ядерная энергетика остается наименее опасным способом производства энергии, если учитывать количество жертв и заболеваемость, приходящуюся на единицу выработанной электроэнергии. Более того, современные ядерные реакторы проектируются с учётом опыта прошлых аварий и обладают многоуровневой системой защиты, делающей вероятность серьёзной аварии крайне низкой. Развиваются технологии реакторов нового поколения, использующих торий, который более распространен в земной коре и производит меньше радиоактивных отходов.

Следует отметить, что многие страны стремятся к энергетической смешанной политике, включающей как ядерные, так и зеленые источники энергии. Инвестиции в исследования и разработки новых технологий могут помочь обеим отраслям стать более безопасными, эффективными и устойчивыми.

### Литература

1. Акатов, А.А. Мой выбор – атомная наука и техника: учеб. пособие / А.А. Акатов, В.К. Гаген-Торн, В.А. Доильницын и др. – М., 2009. – 158 с.
2. Асмолов, В.Г. Атомная энергетика: оценки прошлого, реалии настоящего, ожидания будущего / В.Г. Асмолов, А.Ю. Гагаринский, В.А. Сидоренко, Ю.Ф. Чернилин; [Общ. ред. Сидоренко В.А.]. – М.: ИздАТ, 2004. – 164 с.
3. Безруких, П.П. Возобновляемая энергетика: стратегия, ресурсы, технологии / П.П. Безруких, Л.С. Стребков; Под ред. Д.С. Стребкова. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2005. – 263 с.

**Ишуткин Дмитрий Владимирович**, студент группы АД-30 а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286128, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [ishutkin.d.v-ad-30a@donnasa.ru](mailto:ishutkin.d.v-ad-30a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Покинтелица Елена Анатольевна**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286128, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru](mailto:o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru)

## **THE IMAGINARY DANGER OF NUCLEAR ENERGY AND THE REAL PROBLEM OF GREEN ENERGY**

*Annotation.* This article discusses the main aspects and problems caused by the use of nuclear and green energy.

*Keywords:* nuclear reactor, solar panels, wind turbines, coal.

**Ishutkin Dmitry Vladimirovich**, student of the AR-30a, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286128, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Pokintelitsa Elena Anatolyevna**, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286128, Makeevka, Derzhavin str., 2.



УДК 546.79

Алфёрова В.Н.,

студ. группы ЭУН 9-а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: Лошакова В.М.,

ассистент кафедры «Физика и прикладная химия»

ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ

*Аннотация.* Рассмотрено применение радиоактивных изотопов в различных областях науки и техники.

*Ключевые слова:* изотопы, радиоактивность, радиоактивные изотопы.

**Введение.** Радиоактивные изотопы – это нестабильные формы элементов, ядра которых подвержены радиоактивному распаду. Они отличаются от стабильных изотопов того же элемента количеством нейтронов в ядре, что приводит к нестабильности и, как следствие, к радиоактивности.

Открытие радиоактивных изотопов стало поворотным моментом в науке, оно позволило глубже понять структуру атома и природу радиоактивности. Радиоактивные изотопы, благодаря их способности испускать излучение, нашли широкое применение для использования в различных областях: от медицины и археологии до энергетики и промышленности [1].

**Постановка задачи.** Изучить применение радиоактивных изотопов в различных областях науки и техники.

**1. Медицина.** В области медицины наблюдается значительный прогресс в разработке и применении радиоактивных изотопов для таргетной терапии рака. Публикации последних лет демонстрируют растущий интерес к использованию альфа-излучающих изотопов, таких как актиний-225 и радий-223, для лечения метастатических форм рака. Исследования показывают высокую эффективность

этих изотопов в уничтожении раковых клеток с минимальным воздействием на здоровые ткани.

Активно развивается направление радиоизотопной диагностики. Новые радиофармпрепараты, меченные такими изотопами, как галлий-68 и фтор-18, позволяют получать более точные и информативные изображения опухолей, а также оценивать эффективность проводимой терапии. Особое внимание уделяется разработке мультимодальных методов визуализации, сочетающих радиоизотопные методы с другими техниками, такими как МРТ и КТ, для получения комплексной картины заболевания.

**2. Промышленность.** В промышленности радиоактивные изотопы широко используются для контроля качества материалов, неразрушающего контроля и трассировки. Последние исследования демонстрируют применение радиоактивных изотопов для обнаружения дефектов в трубопроводах, сварных швах и других промышленных конструкциях. Разрабатываются новые методы радиоизотопного контроля, обеспечивающие более высокую точность и скорость обнаружения дефектов.

Трассировка с использованием радиоактивных изотопов позволяет отслеживать движение жидкостей, газов и твердых веществ в различных промышленных процессах. Это позволяет оптимизировать технологические процессы, выявлять утечки и загрязнения, а также контролировать эффективность работы оборудования. Новые исследования направлены на разработку более чувствительных и безопасных радиоактивных трассеров.

**3. Наука.** В научных исследованиях радиоактивные изотопы являются незаменимым инструментом для изучения фундаментальных процессов в биологии, химии, геологии и других науках.

Для отслеживания химических реакций и биологических процессов радиоактивные изотопы используются в качестве индикаторов [2]. Например, они позволяют изучать метаболизм лекарственных препаратов в организме или перемещение загрязняющих веществ в окружающей среде.

В геологии и археологии радиоактивные изотопы используются для датировки горных пород, минералов и артефактов, а также для изучения геологических и археологических процессов. Методы радиоуглеродного датирования, уран-свинцового датирования и калий-аргонового датирования продолжают совершенствоваться, позволяя получать более точные и надежные результаты.

Новые исследования демонстрируют применение радиоактивных изотопов для изучения миграции подземных вод, процессов эрозии и седиментации, а также для определения возраста археологических находок. Радиоизотопные методы позволяют получить ценную информацию о прошлом Земли и человеческой цивилизации.

**4. Сельское хозяйство.** В сельском хозяйстве радиоактивные изотопы используются для изучения усвоения растениями питательных веществ, для борьбы с вредителями и для повышения урожайности.

**5. Энергетика.** Энергетика также не обошла стороной применение радиоактивных изотопов. Радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РИТЭГи) используются для обеспечения электроэнергией космических аппаратов, удаленных метеостанций и маяков, где затруднено или невозможно использование других источников энергии. В таких генераторах тепло, выделяемое при распаде радиоактивного изотопа, преобразуется в электрическую энергию [3].

**Выводы.** Благодаря своим уникальным свойствам, радиоактивные изотопы остаются незаменимыми в разных областях человеческой деятельности и играют важную роль в развитии науки и техники. Постоянно разрабатываются новые методы и технологии, позволяющие более эффективно и безопасно использовать их уникальные свойства.

Сегодня радиоактивные изотопы широко используются для диагностики и лечения заболеваний, для датировки археологических находок, для производства электроэнергии на атомных электростанциях и для контроля качества в промышленности. В научных исследованиях радиоактивные изотопы являются



незаменимым инструментом для изучения фундаментальных процессов в биологии, химии, геологии и других науках.

Несмотря на широкое применение, необходимо учитывать потенциальные риски, связанные с использованием радиоактивных изотопов. Строгое соблюдение правил радиационной безопасности и контроль за утилизацией радиоактивных отходов являются обязательными условиями для обеспечения безопасности окружающей среды и здоровья человека. В перспективе, исследования в области радиохимии и ядерной физики могут привести к созданию новых радиоактивных изотопов с улучшенными характеристиками, что расширит возможности их применения в различных областях.

### Литература

1. Баранов, В. Ю. Изотопы: свойства, получение, применение. / Под ред. В.Ю. Баранова. – М.: ИздАТ, 2000. – 704 с.
2. Лукьянов, В.Б. Радиоактивные индикаторы в химии. Основы метода. / В.Б. Лукьянов, С. С. Бердоносков, И. О. Богатырев и др. – М: Высшая. школа., 1985. – 287 с.
3. Маргулова Т.Х. Атомная энергетика сегодня и завтра. / Т. Х. Маргулова, Л. П. Кабанов, В. И. Плютинский, В.Д. Байбаков. – М: Высшая школа, 1989. – 167 с.

**Алфёрова Валерия Николаевна**, студентка группы ЭУН 9-а, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [alferova.v.n.-eun-9a@donnasa.ru](mailto:alferova.v.n.-eun-9a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Лошакова Валентина Михайловна**, ассистент, ассистент кафедры «Физика и прикладная химия», Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [v.m.loshakova@donnasa.ru](mailto:v.m.loshakova@donnasa.ru).

## THE USE OF RADIOACTIVE ISOTOPES

*Annotation.* The application of radioactive isotopes in various fields of science and technology is considered.

*Keywords:* isotopes, radioactivity, radioactive isotopes.

**Alferova Valeria Nikolaevna**, a student of the EUN 9-a group, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Loshakova Valentina Mikhailovna**, Assistant, Assistant of the Department of Physics and Applied Chemistry Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.



УДК 537.8

Линник В.В.,

студ. группы ИЗОС-9а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.х.н., доцент Соболев О.В.,

доцент кафедры физики и прикладной химии

ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ТЕЛА И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ**

*Аннотация.* Человеческое тело, как и любой биологический объект, генерирует **собственные электромагнитные поля (ЭМП)** и одновременно подвергается воздействию внешних излучений. Эти процессы играют важную роль в физиологии, медицине и экологии.

*Ключевые слова:* электромагнитное поле, медицина, человек, окружающая среда.

**Введение.** В научном мире существует достаточно большое количество различных трудов на тему влияния электромагнитного излучения на тело человека. Однако, большинством учёных старательно игнорируется тот факт, что само тело человека так же является источником электромагнитного излучения, которое так же имеет свойство оказывать влияние на окружающую среду.

В данной работе нам предстоит разобрать, какое же именно и какую пользу из этого мы можем извлечь.

### **Постановка задачи и результаты**

#### *1. Электромагнитное излучение тела человека в повседневности*

Тело человека имеет своё электромагнитное поле как любой организм на Земле, благодаря которому все клетки организма гармонично работают.

Электромагнитные излучения человека ещё называют биополем. Это поле является основной защитной оболочкой нашего организма от любого негативного влияния. Разрушая её, органы и системы нашего организма становятся легкой добычей для любых болезнетворных факторов. Электрическое поле сердца тоже вносит вклад в общее электрическое поле человека. Клетками сердца и коры головного мозга генерируется магнитное поле тела человека, которое очень мало – в 10 млн-1 млрд раз слабее магнитного поля Земли. Между передней и задней поверхностью сетчатки возникает потенциал до 0,01 В, что свидетельствует о том, что глаз – достаточно *сильный источник электрического поля*. С единицы площади кожи человека в 1 см<sup>2</sup> в 1 секунду излучается 60 квантов в большинстве своем в сине-зеленой части спектра (свечение человека).

Также стоит учитывать фактор биохимических процессов и электрохимических импульсов, которые обеспечивают функционал нашего тела, воздействуя на нашу нервную систему, передавая по ней определённые сигналы и импульсы, которые побуждают нас к определённым реакциям или действиям.

В совокупности, данное явление, в первую очередь, нашло своё применение в сфере медицины. Благодаря данному свойству нашего организма существует возможность проводить разнопрофильную диагностику и выявлять различные патологии, например, посредством электрокардиографии, электроэнцефалографии и электромиографии.

Кроме этого, свойство человеческого организма генерировать электромагнитное поле сейчас начинает широко использоваться в бытовых технологиях. На основе свойства взаимодействия электромагнитных полей существуют такие технологии как сенсорные панели, биометрические датчики, технологии обратной биометрической связи, экзоскелеты и нейроинтерфейсы. Также электромагнитное излучение человеческого тела находит всё более широкое применение в современных технологиях протезирования, где высокотехнологичные протезы практически превращают людей в киборгов, делая их жизнь такой же полноценной, как и до потери конечностей. Такие

протезы оснащены датчиками, которые непосредственно считывают импульсы, посылаемые мозгом по нервной системе, и интерпретируют их в соответствующие действия.

## *2. Взаимодействие электромагнитных полей человеческого тела и окружающей среды*

В рамках понятия окружающей среды стоит рассматривать такие ЭМП как геомагнитное поле Земли, солнечную активность, техногенные поля.

Геомагнитное поле Земли – это магнитное поле, генерируемое электрическими токами в жидком внешнем ядре (эффект геодинамо). Оно образует магнитосферу, которая защищает планету от солнечного ветра и космической радиации.

Солнечная активность, к которой, в частности, относятся сильные порывы солнечного ветра, приводит к магнитным бурям – возмущению геомагнитного поля Земли, которое может длиться от нескольких часов до нескольких дней.

Геомагнитные бури, в свою очередь, вступают во взаимодействие с ЭМП живых организмов, в частности, людей, что приводит к следующим последствиям:

- нарушение в работе сердечно-сосудистой системы: в дни бури на 10-20% увеличивается число инфарктов и инсультов;
- нарушение в работе нервной системы: в дни бурь наблюдается повышение тревожности и снижение альфа-ритмов головного мозга;
- нарушение в работе гормональной системы, что приводит к нарушению биоритмов.

Техногенные поля, источником которых являются различные технологические и электронные приборы – от вышек ЛЭП до привычных смартфонов – имеют значительно меньшую частоту по отношению к ГМП Земли, поэтому исследование их влияния на организм человека встречается с некоторыми трудностями.



Рис. 1. Влияние излучения смартфонов на мозг.

Прямых доказательств их влияния на данный момент не установлено, хоть учёные и предполагают, что излучение смартфонов, СВЧ-печей и компьютеров оказывает существенное влияние на организм человека, вплоть до того, что считают их излучения канцерогенными [1-4].

### *3. Влияние электромагнитного поля человека на окружающую среду*

В данном разделе мы подходим к разряду теорий, гипотез, эзотерики и, в некотором роде, конспирологии, поскольку достаточной доказательной базы в научном мире на сегодняшний день не имеется, однако явления имеют место быть и им стоило бы уделить значительно больше внимания.

**Ноосфера.** В широком смысле под ноосферой понимают некую энергоинформационную оболочку Земли, которая является совокупностью всех мыслей всего человечества, которые когда-либо существовали, существуют сейчас и могут существовать в будущем.

При определённой концентрации и состоянии сознания есть вероятность взаимодействовать с ноосферой, вытаскивая информацию оттуда или наоборот помещая её туда. Очень распространена теория, что, например Никола Тесла имел такую возможность и часто прибегал к подобному взаимодействию, проводя свои исследования.

В рамках обсуждаемой темы будем отталкиваться от того, что активный мыслительный процесс, он же мозговая активность, создаёт определённое возмущение ЭМП головного мозга. Соответственно, волны, излучаемые им,

вступают во взаимодействие с окружающей средой, в частности, с ноосферой, которая может нами рассматриваться как такое же электромагнитное поле, по принципу подобия.

**Изменённое состояние сознания.** В различных эзотерических учениях и практиках данное словосочетание встречается очень часто, но даже среди практикующих мало кто понимает, что это такое.

Изменённое состояние сознания – это такое состояние сознания, при котором наш мозг фокусируется на определённых явлениях, проявлениях, задачах и прочее, при этом мобилизуются ресурсы нашего организма, для выполнения тех или иных задач, или реакции на то или иное событие происходящее с нами. В ходе научных исследований были выделены следующие основные состояния сознания: дельта (0,5-4 Гц) – глубокий сон; тета (4-8 Гц) – медитация, творчество; альфа (8-13 Гц) – расслабленное бодрствование; бета (13-30 Гц) – активное мышление; гамма (30-100 Гц) – высокая когнитивная активность.

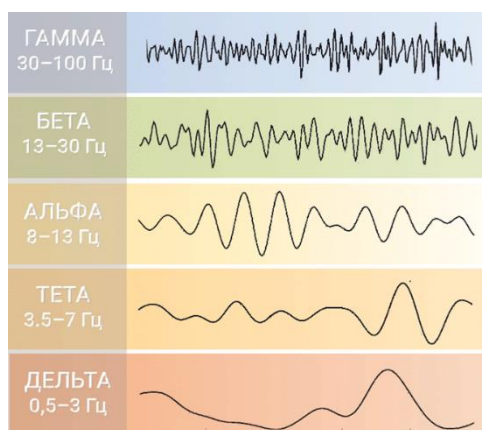


Рис. 2. Шкала электромагнитных полей.

Окружающая нас действительность может быть представлена в виде составной части ноосферы, т.е. являться совокупностью энергоинформационных потоков. Находясь в том или ином состоянии сознания, человек имеет возможность приводить данные потоки в резонанс с собой, точнее, со своей

мыслительной деятельностью, таким образом вносить в реальность определённые коррективы.

Также известны случаи, когда один человек может влиять на сознание других людей исключительно так называемой силой мысли. Однако, данное явление, чаще всего зависит от совокупности внешних факторов и каждый случай требует детального рассмотрения. Но, теоретически, данное явление мы так же можем рассматривать как взаимодействие ЭМП головного мозга разных людей.

Поскольку достоверных исследований непосредственно по этой теме мне найти не удалось, я оставляю её в рамках гипотезы. Я могу объяснить примерный принцип того, как это работает и как этим пользоваться, но всё это остаётся в рамках так называемого недоказуемого личного гнозиса.

**Эгрегор.** Данное явление так же по большей мере относится к разряду эзотерики, однако внимание учёных было к нему приковано значительно больше. Косвенно, тема эгрегоров связаны с темой, рассмотренной выше.

Несмотря на то, что учёные испытывают пристальный интерес к эгрегорам, каких-либо однозначных выводов на данный момент мне найти не удалось. Известно только одно, что учёные констатировали факт наличия данного явления.

В рамках эзотерической практики принято рассматривать эгрегоры как совокупность энергоинформационных потоков, имеющие единую направленность в пространстве. На практике это представлено как социальная группа, объединённая одной общей идеей.

В рамках рассматриваемой темы интересно то, что люди, входящие в одну социальную группу, поддерживающие тесный контакт, разделяющие общие ценности и интересы, способны приходить в мыслительный резонанс между собой. Таким образом даже не находясь в прямом контакте друг с другом, они могут принимать одни и те же решения, проявлять схожие реакции. Это обусловлено тем, что внутри эгрегора ЭМП людей настраиваются на общую частоту.



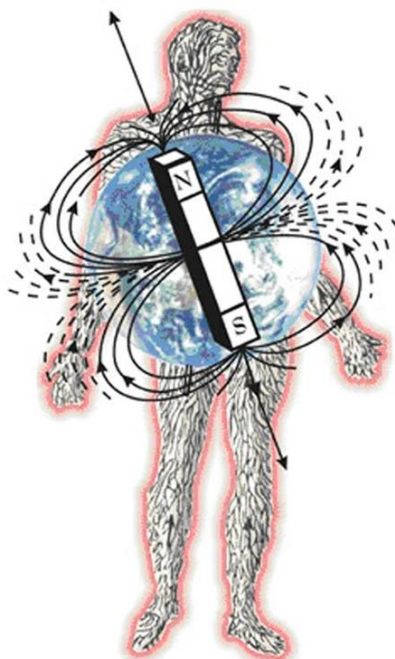


Рис. 3. Электромагнитное поле человека

**Магнетизм.** Предполагаемая способность человеческого тела генерировать достаточно сильное магнитное поле, которое способно притягивать предметы. В том числе существует предположение, что ЭМП тела человека может быть настолько сильным, что нарушает работу электроприборов и средств связи, создавая помехи [5-7].

**Вывод.** Человеческое тело – сложная электромагнитная система, активно взаимодействующая с окружающей средой. Изучение этих процессов важно для: медицины (новые методы диагностики и лечения), экологии (оценка рисков техногенных излучений), технологий (развитие биоинтерфейсов) и т.д. Углубление знаний о квантово-механических процессах в биосистемах может привести к прорывам в биоэнергетике и нейронауках.

### Литература

1. Антонов В.Ф. Биофизика: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / В.Ф. Антонов, А.М. Черныш, В.И. Пасечник [и др.]. – М.: Владос, 2006. – 230 с.

2. Глыбочко П.В. Актуальные проблемы медико-технической подготовки медицинских специалистов / П.В. Глыбочко, В.Ф. Киричук, Д.В. Тупикин // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2003. – №12. – С. 61–67.

3. Зобова Е.А. Электромагнитное излучение в жизни человека / Е.А. Зобова. – URL: <https://rutube.ru/video/ed013608ea9525c55e7a3a35d1d48f9c/?ysclid=lqe2w27r9u539217060> (дата обращения: 20.03.2025).

4. Корепанова А.С. Электромагнитное излучение, его воздействие на человека / А.С. Корепанова // Молодой ученый. – 2017. – №37 (171). – С. 7–10. – EDN ZGHNUN.

5. Тупикин Д.В. Значение современных медицинских технологий / Д.В. Тупикин, И.В. Щербакова // Мир в эпоху глобализации экономики и правовой сферы: роль биотехнологий и цифровых технологий: сборник научных статей по итогам работы круглого стола с международным участием. – М., 2021. – С. 270–272. – EDN MAGRDC

6. Шиханцова Т.И. Электромагнитное излучение и здоровье человека / Т.И. Шиханцова, Д.Р. Никифорова // Актуальные проблемы энергетики. – 2018. – С. 297–298.

7. Электромагнетизм в медицине. – URL: <https://nelian.ru/doc/magnetizm.pdf?ysclid=lqjqoqvlnf401368964> (дата обращения: 20.03.2025).

**Линник Виктор Владиславович**, студент группы ИЗОС-9а, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

е-mail. [linnik.v.v-izos-9a@donnasa.ru](mailto:linnik.v.v-izos-9a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Соболь Оксана Викторовна**, к.х.н., доцент, доцент кафедры физики и прикладной химии, Федеральное государственное бюджетное учреждение

высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [o.v.sobol@donnasa.ru](mailto:o.v.sobol@donnasa.ru)

## **ELECTROMAGNETIC EMISSIONS OF THE HUMAN BODY AND THEIR INTERACTION WITH THE ENVIRONMENT**

*Annotation.* The human body, like any biological object, generates its own electromagnetic fields (EMF) and is simultaneously exposed to external radiation. These processes play an important role in physiology, medicine and ecology.

*Keywords:* electromagnetic field, medicine, human, environment.

**Linnik Viktor**, student of the IZOS-9a group, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Sobol Oksana**, Ph.D., Associate Professor; Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.



УДК 536.75

Билич В.В.,

Билич Д.В.,

студ. группы ЭУН 9-а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: Лошакова В.М.,

ассистент кафедры «Физика и прикладная химия»

ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

### ТЕПЛОВАЯ СМЕРТЬ ВСЕЛЕННОЙ

*Аннотация.* В данной статье рассматривается понятие теории тепловой смерти Вселенной. Изучается принцип ее действия, включающий в себя термодинамические законы и концепцию энтропии. Приводится исследование недостатков этой гипотезы, рассматриваются альтернативные модели эволюции вселенной, а также возможные сценарии, которые могут опровергнуть или изменить стандартные представления о тепловой смерти.

*Ключевые слова:* термодинамика, энтропия, вселенная, тепловая смерть.

**Введение.** Согласно современным космологическим моделям и законам термодинамики, тепловая смерть Вселенной – это один из вероятных финалов её развития. Физические теории предполагают, что расширение Вселенной будет продолжаться, в результате чего галактики и звёздные системы постепенно отдалятся друг от друга, и в конечном счёте всё вещество охладится. По мере расширения, энергия будет распределяться всё более однородно, и все звёзды, исчерпав свои ресурсы, прекратят излучать свет и тепло. В конечном итоге, разница температур между космическими объектами станет ничтожно малой, что приведет к достижению термодинамического равновесия. В таком состоянии не будет возможности для каких-либо процессов, генерирующих энергию, и вся активность во Вселенной прекратится. Этот сценарий, известный как "тепловая

смерть", вызывает множество философских размышлений о природе времени, жизни и эволюции космоса. Изучение этого гипотетического конца помогает ученым лучше понять фундаментальные законы, определяющие устройство нашей Вселенной, и, как следствие, осознать место человечества в огромных масштабах времени и пространства.

**Постановка задачи.** Рассмотреть процессы, ведущие к проблеме тепловой смерти Вселенной.

**Теория тепловой смерти Вселенной.** Концепция тепловой смерти Вселенной коренится во втором законе термодинамики, согласно которому в изолированной системе общая энтропия неизбежно возрастает. Энтропия, по сути, отражает степень хаоса и беспорядка внутри системы. В масштабах космоса это означает, что энергия со временем распределится максимально равномерно, что приведет к состоянию, исключающему возможность выполнения какой-либо работы. Эта мысль впервые возникла в конце XIX века, когда ученые углубленно изучали термодинамику и природу тепла. Первыми, кто начал рассуждать о влиянии термодинамических законов на судьбу Вселенной, стали исследователи Лудвиг Больцман и Уильям Томсон, более известный как лорд Кельвин. В XX веке идея тепловой смерти получила дальнейшее развитие благодаря углубленному пониманию космологии и эволюции Вселенной. Учитывая расширение космоса и процессы, протекающие внутри звезд и других небесных тел, стало ясно, что в конечном итоге вся энергия материи будет рассеяна, лишив Вселенную возможности совершать какие-либо действия. Следовательно, теория тепловой смерти Вселенной – это логичное применение термодинамических принципов к космическим масштабам, предсказывающее, что в отдаленном будущем Вселенная достигнет состояния равновесия, характеризующегося высокой энтропией и крайне ограниченным запасом энергии для любых преобразований.

Рудольф Клаузиус, немецкий физик, считается одним из пионеров термодинамики. Его исследования в области теплоты и энергии оказали значительное влияние на развитие физики в XIX веке. Наиболее известным его

вкладом в науку является формулировка второго закона термодинамики и введение понятия энтропии. Хотя Клаузиус напрямую не выдвигал теорию «тепловой смерти» Вселенной, она неразрывно связана с его научными идеями. Второй закон термодинамики гласит, что в замкнутых системах энтропия – мера беспорядка – неизменно возрастает. Это означает, что системы эволюционируют к состоянию равновесия, где энергия распределяется равномерно и становится непригодной для выполнения полезной работы. Экстраполируя эти принципы на Вселенную как единую систему, можно сделать вывод, что в отдалённом будущем она достигнет состояния максимальной энтропии, когда все звезды погаснут, а материи не останется для формирования новых структур. Это состояние, часто именуемое «тепловой смертью» Вселенной, характеризуется отсутствием процессов, поддерживающих жизнь и сложные организации. Таким образом, идеи Клаузиуса о термодинамике и энтропии послужили основой для прогнозов относительно долгосрочной перспективы Вселенной и концепции тепловой смерти. Этот аспект активно изучается в космологии и астрофизике, затрагивая вопросы о существовании и судьбе Вселенной в далёком будущем.

Тепловая смерть Вселенной – это гипотетический сценарий, предсказывающий конечное состояние космоса, когда он достигнет термодинамического равновесия. Это подразумевает остановку всех процессов, связанных с обменом энергией и материей, и превращение Вселенной в однородную и изолированную систему, лишенную температурных перепадов и свободной энергии для работы. В конечном итоге энергия будет распределена максимально равномерно, что приведет к достижению максимальной энтропии. Со временем запасы энергии звёзд иссякнут, а тяжёлые элементы начнут распадаться. В результате останутся лишь холодные скопления вещества – черные дыры, нейтронные звезды и отдельные атомы. Достигнув состояния тепловой смерти, Вселенная лишится доступной свободной энергии, что сделает невозможным протекание любых физических процессов. Процесс тепловой смерти займет невообразимо долгий период – триллионы и триллионы лет. Даже самые оптимистичные оценки помещают это событие за пределы человеческого

восприятия и практического наблюдения. Тепловая смерть представляет собой предполагаемый финальный исход всего сущего, хотя в настоящее время мы находимся лишь в самом начале этого долгого пути [1].

**Результаты.** В каждой теории есть положительные и отрицательные стороны. Критика теории тепловой смерти Вселенной строится на факторах, влияющих на ее осуществление. Законы термодинамики, изначально разработанные для описания конечных систем, могут быть неприменимы к бесконечной Вселенной в принципе. Современная космология предполагает, что однородное и изотропное распределение вещества во Вселенной, предсказываемое теорией тепловой смерти, маловероятно и не соответствует состоянию максимальной энтропии, учитывая гравитационное взаимодействие. Закон сохранения энергии утверждает, что движение материи не может быть уничтожено, а материя сохраняет способность к преобразованию различных форм движения. Это противоречит идее полного прекращения процессов в состоянии тепловой смерти. Прогнозы о будущем Вселенной остаются неопределенными: существуют теории как Большого разрыва (ускоренное расширение до бесконечности), так и Большого сжатия (в будущем Вселенная начнет сжиматься). Вопрос о количестве Вселенных и возможности их взаимодействия также ставит под сомнение концепцию тепловой смерти. Фотометрический парадокс тёмного неба указывает на конечность нашей Вселенной и отсутствие связи с другими, в то время как принцип заурядности предполагает существование бесконечного множества Вселенных с различными физическими константами. В итоге, многие ученые считают саму постановку вопроса о «тепловой смерти Вселенной» ошибочной и требующей пересмотра [2].

**Выводы.** Тепловая смерть Вселенной – это гипотетическая перспектива, согласно которой в отдалённом будущем космос придет к термодинамическому балансу, где все самопроизвольные процессы, ведущие к уменьшению свободной энергии, окончательно остановятся. В таком состоянии материя и энергия будут распределены равномерно, звезды погаснут, а остаточного тепла

не хватит для поддержания жизни или какой-либо активной физической деятельности. Вселенная будет эволюционировать к состоянию с практически однородной температурой, приближающейся к абсолютному нулю, что исключит возможность совершения полезной работы. Звёздные источники энергии исчерпаются, галактики будут постепенно отдаляться друг от друга и распадаться, а чёрные дыры, излучая Хокинговское излучение, со временем исчезнут. В условиях такого равновесия само понятие времени, в привычном нам понимании, утратит свою значимость, поскольку не будет наблюдаться никаких существенных изменений или событий. Концепция тепловой смерти является одним из вероятных финальных сценариев развития Вселенной, который хорошо согласуется с современными космологическими моделями, учитывающими её расширение и распределение энергии. В заключение, тепловая смерть Вселенной – это важная теоретическая конструкция, позволяющая рассуждать о будущем космоса в масштабах миллиардов и триллионов лет. Она порождает глубокие философские и научные вопросы, касающиеся природы времени, существования и конечности Вселенной.

### Литература

1. Базаров, И.П. Термодинамика / И.П. Базаров. – Санкт-Петербург: Лань, 2010. – 384 с.
2. Шульман, М.Х. Теория шаровой расширяющейся Вселенной. Природа времени, движения и материи / М.Х. Шульман – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 160 с.

**Билич Владимир Владимирович**, студент группы ЭУН 9-а, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [bilich.v.v.-eun-9a@donnasa.ru](mailto:bilich.v.v.-eun-9a@donnasa.ru).

**Билич Данил Владимирович**, студент группы ЭУН 9-а, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования



«Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [bilich.d.v.-eun-9a@donnasa.ru](mailto:bilich.d.v.-eun-9a@donnasa.ru).

Научный руководитель:

**Лошакова Валентина Михайловна**, ассистент кафедры «Физика и прикладная химия», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [v.m.loshakova@donnasa.ru](mailto:v.m.loshakova@donnasa.ru).

## THE HEAT DEATH OF THE UNIVERSE

*Annotation.* This article discusses the concept of the theory of the heat death of the universe. The principle of its operation is studied, which includes thermodynamic laws and the concept of entropy. The disadvantages of this hypothesis are investigated, alternative models of the evolution of the universe are considered, as well as possible scenarios that can refute or change the standard ideas about heat death.

*Keywords:* thermodynamics, entropy, universe, heat death.

**Bilich Vladimir Vladimirovich**, student of the EUN 9-a group, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

**Bilich Danil Vladimirovich**, student of the EUN 9-a group, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Loshakova Valentina Mikhailovna**, Assistant of the Department of Physics and Applied Chemistry, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.



УДК 621.039.58

Дворцевая В.В.,

студ. гр. ИЗОС-6а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.т.н., доцент Самойлова Е.Э.,

доцент кафедры «Физика и прикладная химия»,

кафедры «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **РАДИОИЗОТОПНЫЕ ПРИБОРЫ НА ТЕРРИТОРИИ ДОНБАССА: ПРИМЕНЕНИЕ И РАДИАЦИОННЫЕ РИСКИ**

*Аннотация.* В статье рассматривается использование радиоизотопных приборов на промышленных и научных объектах Донбасса, а также оцениваются потенциальные радиационные риски, связанные с их эксплуатацией, хранением и утерей контроля. Проведён краткий обзор сфер применения, выявлены проблемы в обеспечении радиационной безопасности, даны рекомендации по совершенствованию системы контроля.

*Ключевые слова:* радиоизотопные приборы, Донбасс, радиационные риски, источники ионизирующего излучения, радиационная безопасность.

**Введение.** Радиоизотопные приборы (РИП) – устройства, в которых используются закрытые источники ионизирующего излучения (ИИИ) для решения технологических, измерительных и медицинских задач. На территории Донбасса, обладающей высокой концентрацией промышленных объектов, такие приборы применялись и продолжают использоваться в металлургии, угледобыче, машиностроении и других отраслях [1, 2].

После разрушения инфраструктуры и изменения системы управления вследствие вооружённого конфликта, контроль за перемещением и хранением радиоактивных материалов оказался нарушен [4]. Это создаёт потенциальные угрозы как для работников предприятий, так и для населения региона.

Наиболее широко РИП применялись и применяются:

- в угольной промышленности – для автоматического контроля уровня заполнения бункеров, влажности, плотности и зольности угля;
- в металлургии – для контроля толщины проката, плотности материалов, в составе дефектоскопов [1];
- в геологоразведке – при проведении каротажных работ с использованием нейтронных и гамма-источников [2];
- в медицине и научных учреждениях – в составе диагностических и лабораторных установок [6].

Часто использовались источники Cs-137, Co-60, Am-241, Sr-90 [3].

Существуют три ключевые проблемы радиационных рисков и безопасности.

1. Потеря контроля и учётных данных. С 2014 года часть источников ИИИ оказалась на неконтролируемой территории. Зафиксированы случаи утраты радиоизотопных приборов, их хищения и демонтажа [4].

2. Нарушение условий хранения. Некоторые РИП оказались на заброшенных или разрушенных объектах, где отсутствуют минимальные меры физической защиты и мониторинга [5].

3. Несоответствие международным требованиям. Отсутствие признанных государственными органами контроля, таких как Госатомрегулирования Украины или МАГАТЭ, препятствует проведению системных проверок и радиационного мониторинга [3, 6].

Наличие бесхозных или неидентифицированных ИИИ представляет серьёзную опасность: при повреждении оболочки источника возможен выброс радионуклидов в окружающую среду [3].

**Выводы.** Радиоизотопные приборы на территории Донбасса остаются неотъемлемой частью технологического процесса ряда предприятий. Однако текущая политическая и социальная нестабильность увеличивает вероятность инцидентов с радиационным загрязнением. Усиление контроля, восстановление

инфраструктуры учёта и хранения, а также международное сотрудничество – необходимые шаги для предотвращения возможных последствий.

### Литература

1. Кузнецов В. М. Радиоэкология и радиационная безопасность / В.М. Кузнецов, А. Е. Баранов, Н. В. Кузнецова. – М.: Энергоатомиздат, 2021. – 608 с. – URL: [https://elib.biblioatom.ru/text/kuznetsov\\_radioekologiya-i-bezopasnost\\_2011/](https://elib.biblioatom.ru/text/kuznetsov_radioekologiya-i-bezopasnost_2011/) (дата обращения: 14.04.2025).
2. Громов В. В., Литвиненко А. А. Оценка радиационных рисков при эксплуатации радиоизотопных источников в промышленности Донбасса / В.В. Громов, А. А. Литвиненко // Ядерная и радиационная безопасность. – 2018. – Т. 10, № 2. – С. 45–53
3. World Health Organization. Health Risk Assessment of Radioactive Sources in Conflict Zones: Technical Report. – Geneva: WHO, 2023. – 64 p. – URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240071234> (дата обращения: 14.04.2025).
4. Кравченко, С. В. Радиационная обстановка в зоне вооружённого конфликта: кейс Донбасса // Вестник экологической безопасности. – 2020. – № 3. – С. 21–28.
5. IAEA. Guidance on the Management of Disused Radioactive Sources. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2018. – 118 p. – (Safety Reports Series No. 89). – URL: <https://www.iaea.org/publications/12315/guidance-on-the-management-of-disused-radioactive-sources> (дата обращения: 14.04.2025).
6. Денисенко А. Ф. Радиационная медицина: учебное пособие / А.Ф. Денисенко, А. Г. Джоджуа, Т. П. Ермаченко и др. – Донецк: ФЛП Кириенко С. Г., 2019. – 150 с. – URL: <https://studfile.net/preview/21511307/> (дата обращения: 14.04.2025).

**Дворцевая Виктория Васильевна**, студентка группы ИЗОС-6а, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и

архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [dvortsevaya.v.v-izos-6a@donnasa.ru](mailto:dvortsevaya.v.v-izos-6a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Самойлова Елена Эдуардовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика и прикладная химия», кафедры «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [e.e.samojlova@donnasa.ru](mailto:e.e.samojlova@donnasa.ru)

## **RADIOISOTOPE DEVICES ON THE TERRITORY OF DONBASS: APPLICATION AND RADIATION RISKS**

*Abstract.* The article examines the use of radioisotope devices at industrial and scientific facilities in Donbass, as well as assesses the potential radiation risks associated with their operation, storage and loss of control. A brief overview of the fields of application has been conducted, problems in ensuring radiation safety have been identified, and recommendations for improving the control system have been given.

*Keywords:* radioisotope devices, Donbass, radiation risks, sources of ionizing radiation, radiation safety.

**Dvortsevaya Victoria Vasilievna**, student of the IZOS-6a group, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Samoilova Elena Eduardovna**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Department of Technosphere Safety of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.



УДК 514.8

Володченко А.В.,

студ. группы ТИМС-4 а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.т.н., доцент Покинтелица Е.А.,

доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАКОНОВ ГЕОМЕТРИИ В ФИЗИКЕ

*Аннотация.* В данной статье исследуется фундаментальное взаимодействие между геометрией и физикой, демонстрируя, как законы и принципы геометрии играют ключевую роль в понимании и описании физических явлений.

*Ключевые слова:* физика, геометрическая оптика, траектория движения, векторный анализ, теория относительности.

**Введение.** Использование геометрических законов в физике сохраняет высокую актуальность благодаря своей фундаментальной роли в понимании природных явлений и решении современных научно-технологических задач.

**Постановка задачи.** Исследовать взаимосвязь между геометрией и физикой.

**Результаты.** Рассмотрим ключевые области, где геометрия становится незаменимым инструментом для понимания законов природы.

**Классическая механика.** Геометрические методы применяются для анализа траекторий движущихся тел. Например, параболическая траектория снаряда описывается уравнениями, основанными на геометрии. Ещё И. Кеплер, анализируя наблюдения Т. Браге, открыл, что планеты движутся по эллиптическим орбитам. Эти геометрические закономерности позже легли в основу закона всемирного тяготения Ньютона.

Симметрия систем (например, сферическая симметрия планет) упрощает решение задач с помощью векторного анализа. Векторные величины (сила, скорость, ускорение) описываются геометрически, что позволяет визуализировать их направление и величину.

**Оптика.** Принципы геометрической оптики основываются на том, как световые лучи проходят через различные среды, отражаются и преломляются. Геометрия используется для проектирования линз и зеркал, а также для анализа их фокусных свойств. Закон Снеллиуса связывает углы падения и преломления через соотношение скоростей света в средах, что визуализируется с помощью треугольников.

**Теория относительности.** А. Эйнштейн революционизировал физику, представив пространство-время как четырёхмерную псевдоевклидову структуру в специальной теории относительности (СТО).

Общая теория относительности (ОТО) описывает гравитацию через искривление пространства-времени, используя риманову геометрию. Например, эффект гравитационного линзирования – это прямое следствие искривления пространства-времени массивными объектами. Свет от далекого источника (например, квазара) проходит вблизи массивного объекта (например, галактики). Из-за искривления пространства-времени свет меняет свое направление распространения, как будто проходит через линзу. Наблюдение этого эффекта подтверждает предсказания ОТО и демонстрирует связь между геометрией и гравитацией.

**Энергия и работа.** Векторы сил и работы могут быть визуализированы в виде треугольников или параллелограммов, что упрощает расчет результирующей силы. Распределение объектов в пространстве можно описать геометрически, что помогает понять механизмы изменения энергии.

**Электричество и магнетизм.** Геометрия используется для визуализации электрических и магнитных полей, а также для расчета напряженности поля. Максвелл сформулировал уравнения электромагнетизма, опираясь на геометрию



векторных полей. Силовые линии электрического и магнитного полей визуализируют направление и интенсивность сил.

Геометрические методы помогают определить распределение тока в проводниках и его взаимодействие с магнитными полями. Поток векторов через замкнутые поверхности (теорема Гаусса) – ключевой геометрический приём.

**Современные направления.** Кристаллография изучает симметрию кристаллических решёток, определяя их физические свойства.

Теория струн предполагает существование дополнительных компактифицированных измерений, чья геометрия влияет на частицы и силы.

Топология (и, в более общем смысле, геометрия) играет фундаментальную роль в понимании топологических дефектов в физике конденсированного состояния. Топология пространства состояний определяет, какие типы дефектов могут существовать, и обеспечивает их стабильность. Изучение дефектов требует понимания математических инструментов, таких как теория гомотопий и дифференциальная геометрия.

**Вывод.** Геометрия является фундаментальным инструментом в физике, позволяя ученым и инженерам визуализировать, анализировать и моделировать физические явления. Использование геометрических методов помогает углубить понимание законов природы и создать точные модели для различных приложений.

### Литература

1. Парнасский, И.В. Многомерные пространства. Квадратичные формы и квадрики. / И.В. Парнасский, О.Е. Парнаска. – М.: Просвещение, 1978. – 128 с.
2. Розенфельд, Б.А. Многомерные пространства / Б.А. Розенфельд – М.: Наука, 1966. – 667 с.

**Володченко Аркадий Владимирович**, студент группы ТИМС-4а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286128, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [volodchenko.a.v-tims-4a@donnasa.ru](mailto:volodchenko.a.v-tims-4a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Покинтелица Елена Анатольевна**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286128, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru](mailto:o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru)

## USING THE LAWS OF GEOMETRY IN PHYSICS

*Annotation.* This article explores the fundamental interaction between geometry and physics, demonstrating how the laws and principles of geometry play a key role in understanding and describing physical phenomena.

*Keywords:* physics, geometric optics, trajectory of motion, vector analysis, theory of relativity.

**Volodchenko Arkady Vladimirovich**, student of the IMTC-4a, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286128, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Pokintelitsa Elena Anatolyevna**, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286128, Makeevka, Derzhavin str., 2.



УДК 502.174

Андриянова Е.Е.,  
студ. группы ИЗОС-9а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»  
Научный руководитель: Ташкинов Ю.А.,  
ст. преп. кафедры «Физика и прикладная химия»  
ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

### КИСЛОТНЫЕ ДОЖДИ

*Аннотация.* В статье рассмотрены кислотные дожди, их основные характеристики, главные источники выбросов, приводящие к образованию кислотных дождей, а также процесс образования кислотных дождей, включая химические реакции, происходящие в атмосфере.

*Ключевые слова:* экология, защита окружающей среды, кислотный дождь.

**Введение.** Одной из наиболее глобальных экологических проблем современности, способная разрушать большое количество экосистем, является процесс выпадения кислотных атмосферных осадков. При этом, необходимо учитывать, что при интенсивном росте антропогенного влияния, возрастают площади распространения и степень влияния данного явления на окружающую среду. Возрастает риск разрушения целостности основополагающих компонентов экосистем биосферы, а также протекающих в них процессов. Вследствие, снижается экологическая устойчивость биocenозов Земли, преобразовывается естественный ландшафт и т.д.

**Постановка задачи.** Комплексное изучение проблемы кислотных дождей, их причины, источники, последствия, химический состав и методы предотвращения.

*Кислотный дождь* – это атмосферные осадки с показателем кислотности ниже  $pH < 5,6$ . Это явление возникает вследствие природных процессов

естественного происхождения или техногенного воздействия на атмосферу. Термин «кислотный дождь» был впервые введён в научный оборот британским исследователем Ангусом Смитом в 1872 г. при исследовании смога в Манчестере. Однако в XIX веке гипотеза о существовании подобных осадков не нашла широкой поддержки в академической среде. Кислотный дождь представляет собой осадки, будь то дождь или иные формы, характеризующиеся аномальной концентрацией ионов водорода, что проявляется в критическом снижении уровня pH.

Среди естественных факторов, провоцирующих формирование кислотных осадков, выделяют: вулканические извержения, биохимическую активность отдельных организмов, а также электроразрядные явления в атмосфере (грозы).

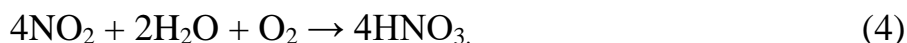
Загрязнение атмосферы при интенсивной вулканической активности заключается выделением значительного количества аэрозольных частиц и газов. К ним относятся облака пепла, дым, и т.д. Именно в данных частицах, в большинстве случаев, содержатся огромные скопления примесей, в числе которых содержатся кислотные оксиды, в частности  $\text{SO}_2$ .

Безусловно, деятельность различных естественных объектов, находящихся в пределах природно-территориального комплекса, вносят свой вклад по выделению кислотных осадков в воздушную оболочку Земли. Однако, важно отметить, что естественные процессы в экосистемах характеризуются способностью к авторегуляции уровня загрязняющих веществ атмосферы.

Наибольшее влияние на насыщение атмосферы кислотными оксидами оказывает антропогенное воздействие различных сфер хозяйственной деятельности человека. К числу источников выделения кислотных оксидов относятся предприятия по нефтедобыче, нефтехимии, объекты химической отрасли. Примерами отраслей промышленности, выделяющие в пространство кислотные оксиды являются предприятия по производству удобрений, изделий лёгкой промышленности, серо и азотосодержащей химической продукции и прочие отрасли. Особая роль в распространении сернистых веществ принадлежит нефтяной промышленности. Значительные концентрации серы,

присутствующие в составе нефти, в процессе её извлечения и переработки трансформируются в побочные продукты, поступающие в окружающую среду.

Кислотные дожди формируются в результате химического взаимодействия кислот (азотной, азотистой, серной, сернистой) с атмосферной влагой, а также при растворении газообразных соединений ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ), присутствующих в воздушной среде. Аэрозольные формы данных веществ способны мигрировать под действием воздушных потоков на расстояния до сотен километров от первичного источника эмиссии. При выпадении осадков из облачных масс, насыщенных кислотными компонентами, происходит взаимодействие капель воды с этими соединениями, приводящее к образованию слабоконцентрированных растворов.



Основная часть выбрасываемого диоксида серы при достаточной атмосферной влажности образует кислотный полигидрат  $\text{SO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , или сернистую кислоту:

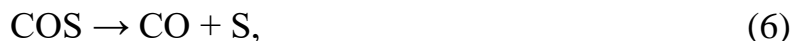


Стандартные атмосферные осадки обладают слабокислой реакцией (средний  $\text{pH} \approx 5,6$ ), что обусловлено их контактом с естественными оксидами атмосферы. В отличие от них, кислотные дожди, представляющие собой растворы сильных кислот, демонстрируют существенно более низкие значения кислотно-щелочного баланса – в диапазоне  $\text{pH} 4,2 - 4,4$ .

Органические удобрения, такие как навоз и навозная жижа, содержат аммиак. Внесение удобрений на поля для повышения урожайности сельскохозяйственных культур становится причиной поступления большого количества аммиака в атмосферу. Хотя аммиак является соединением основного характера, в почвенной среде под действием нитрифицирующих

микроорганизмов осуществляется его трансформация в нитраты и нитриты – соединения с выраженными кислотными свойствами.

В стратосфере важнейшим для экологии Земли является цикл серы, приводящий к образованию серной кислоты и кислотных дождей. Важнейшие реакции этого цикла, часто начинающиеся с превращения карбонилсульфида (COS) – продукта вулканической и антропогенной деятельности, а также серы и сероводорода, следующие:



Окисление диоксида серы (SO<sub>2</sub>) до триоксида (SO<sub>3</sub>) осуществляется исключительно при наличии окислителей атмосферы: молекулярного кислорода (O<sub>2</sub>), озона (O<sub>3</sub>) или пероксида водорода (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Данный процесс активируется УФ-излучением солнечного спектра, а его кинетика интенсифицируется под действием каталитических агентов – металлосодержащих оксидов и воды. При растворении серного ангидрида (SO<sub>3</sub>) в водной среде происходит его гидратация с образованием серной кислоты (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Согласно исследованиям европейских научных сообществ, ежегодный антропогенный выброс SO<sub>2</sub> в атмосферу (≈100 млн тонн) на порядок превышает естественные фоновые поступления [1]. Примечательно, что мониторинг оксидов азота (NO<sub>x</sub>) стал приоритетным лишь после идентификации их роли в азотном озоноразрушающем цикле и обнаружения стратосферной озоновой дыры. Параллельно с этим, ежедневные выбросы токсичных отходов кислотных производств (тонны/сутки) приводят к инкорпорации опасных соединений в состав атмосферных осадков, оказывающих деструктивное воздействие на экосистемы.

Наибольший экологический ущерб кислотные осадки наносят гидросфере. Водные системы сотен городов США и Великобритании подверглись закислению, а продуктивность 2500 озёр Швеции сократилась на 80-90% [1]. Следовые концентрации ионов алюминия ( $Al^{3+} > 0.2$  мг/л) проявляют летальное действие на ихтиофауну, тогда как фосфаты ( $PO_4^{3-}$ ), необходимые для развития фитопланктона, образуют с алюминием нерастворимые комплексы, блокируя биодоступность обоих элементов.

Закисление океанических шельфов ( $\Delta pH \approx 0.3-0.5$ ) угнетает репродуктивные функции бентосных беспозвоночных, что провоцирует каскадные нарушения в трофических цепях. Массовая гибель организмов разных уровней пищевой пирамиды (зоопланктон  $\rightarrow$  рыбы  $\rightarrow$  млекопитающие) приводит к дисбалансу морских экосистем, последствия которого имеют глобальный мультипликативный эффект.

Кислотные осадки провоцируют масштабные повреждения лесных биомов. В Германии деструктивному воздействию подвержено свыше 35% лесного покрова, а ежегодный экономический ущерб для европейских лесов достигает 118 млн м<sup>3</sup> древесной биомассы [1]. В меньшей степени сельскохозяйственные растения страдают от кислотных дождей, поскольку подкисление почвы можно контролировать с помощью агрохимикатов. Результаты научных исследований свидетельствуют о серьезных негативных последствиях, вызванных выпадением кислотных дождей на поверхность почвы. Кислотность почвы увеличивается, кальций, магний, калий выщелачиваются, а фосфор связывается. Помимо этого, установлено, что токсичность тяжелых металлов увеличивается, что может привести к ослаблению иммунитета и устойчивости растений к болезням и вредителям. В результате культурные растения подвергаются сильным повреждениям от вредителей, а также испытывают проблемы с усвоением азота и замедлением роста, что в конечном итоге может привести к гибели растений.

Не стоит забывать и о воздействии данного природного явления на здоровье человека. Кислотные дожди вызывают аллергии, онкологические и

сердечно-сосудистые (сердечный приступ) заболевания, приводят к заболеваниям дыхательных путей (астма, бронхит, грипп, ангина).

Окислительные процессы протекают с участием свободных радикалов, образованных из двуокиси серы в результате химических реакций. Они окисляют ненасыщенные жирные кислоты мембран, тем самым изменяя их проницаемость, что в дальнейшем отрицательно влияет на многие процессы (дыхание, обмен веществ, поддержание гомеостаза и др.).

Очень сильные кислоты могут вызвать кожные ожоги, однако непосредственно кислотные дожди обычно очень сильно разбавлены, поэтому не вызывают ожогов. Самый сильный зарегистрированный кислотный дождь имеет такой же pH, как лимонный сок ( $\text{pH} = 2$ ) или уксус ( $\text{pH} = 2-2,9$ ). Он слишком разбавлен, чтобы оказывать прямое негативное воздействие на здоровье, а именно на кожные покровы.

Повышенная кислотность воды способствует более высокой растворимости таких опасных металлов, как кадмий, ртуть и свинец из донных отложений и почв. Накопление в организме тяжёлых металлов, выщелачивающихся из почв и мобилизованных в организм, пагубно влияет на почки, печень, центральную нервную систему, органы дыхания, может стать причиной болезни Альцгеймера и онкологических заболеваний. Спустя годы после отравления у потомков могут наблюдаться генетические патологии.

**Результаты.** Процесс образования кислотных дождей включает конденсацию водяного пара в присутствии этих оксидов, что приводит к выпадению кислотных осадков с пониженным pH. Химический состав кислотных дождей в основном включает серную и азотную кислоты, которые способны вызывать значительный ущерб экосистемам, а также негативно влиять на здоровье человека. Последствия кислотных дождей проявляются в деградации почв, водоемов и лесов, что в конечном итоге угрожает биологическому разнообразию и устойчивости экосистем.

**Вывод.** Кислотные осадки выступают значительной угрозой для экосистем, обусловленной эмиссией оксидов серы и азота в атмосферный воздух,



преимущественно вследствие деятельности промышленных объектов, автотранспортных средств и процессов окисления природных углеводов. Для недопущения прогрессирующей деградации экологической обстановки требуется реализация системных стратегий, направленных на сокращение эмиссии поллютантов, а также широкомасштабное внедрение технологий с низким уровнем воздействия на окружающую среду.

### Литература

1. Панова Ю.С. Кислотные дожди – как следствие жизнедеятельности человека / Ю.С. Панова, И.Н. Усачева // Тенденции развития науки и образования. № 105-9. – Изд. Научный центр «LJournal», Самара, 2024. – С. 101-103. – doi: 10.18411/trnio-01-2024-448.
2. Канипов Р.Р. Обзор воздействия кислотных дождей на окружающую среду // Наука через призму времени. – 2024. – № 11 (92). - С. 40-41
3. Огаркова Е.И. Кислотные дожди как опасный фактор для здоровья человека // «Научно-практический электронный журнал Аллея Науки». – №4(79), Апрель 2023. – URL: [https://alley-science.ru/domains\\_data/files/4April2023/KISLOTNYE%20DOZhDI%20KAK%20OPASNYY%20FAKTOR%20DLYa%20ZDOROVYa%20ChELOVEKA.pdf](https://alley-science.ru/domains_data/files/4April2023/KISLOTNYE%20DOZhDI%20KAK%20OPASNYY%20FAKTOR%20DLYa%20ZDOROVYa%20ChELOVEKA.pdf) (дата обращения: 09.04.2025 г.).
4. Мохов Н.Д. Кислотные дожди и их воздействие на растительность, почву, флору и фауну водоемов // Матрица научного познания. – Белгород: ООО «ГиК», 2024. – № 5-1. – С. 588-591.

**Андриянова Елизавета Евгеньевна**, студентка группы ИЗОС-9а ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»: 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [andriyanova.e.e-izos-9a@donnasa.ru](mailto:andriyanova.e.e-izos-9a@donnasa.ru)

**Ташкинов Юрий Андреевич**, старший преподаватель кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»: 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [yu.a.tashkinov@donnasa.ru](mailto:yu.a.tashkinov@donnasa.ru)

### ACID RAIN

*Annotation.* The article discusses acid rain, its main characteristics, the main sources of emissions leading to the formation of acid rain, as well as the process of acid rain formation, including chemical reactions occurring in the atmosphere.

*Keywords:* ecology, environmental protection, acid rain.

**Andriyanova Elizaveta Evgenievna**, a student of the IZOS-9a group of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Tashkinov Juriy Andreevich**, Senior lecturer of the Department of Physics and Applied Chemistry of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.



УДК 628.1

Клюк Д.Э.,

студ. группы ОЗВВ-2а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.х.н., доцент Соболев О.В.,

доцент кафедры физики и прикладной химии

ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

### УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ПОДГОТОВКА ВОДЫ

*Аннотация.* Ультразвуковая подготовка воды – это метод обработки воды с помощью ультразвуковых колебаний, который применяется для улучшения её качества, изменения физико-химических свойств и повышения эффективности в различных технологических процессах.

*Ключевые слова:* ультразвук, водоподготовка, физико-химические свойства воды, анализ, КиберЛенинка.

**Введение.** Для подготовки воды с помощью ультразвуковых колебаний характерны минимальные затраты энергии наряду с ее высокой степенью очистки. Следует учитывать, что наибольшей эффективности можно добиться, если применять данный метод в сочетании с дополнительными. Так, к примеру, использование ультразвука (УЗ) наряду с ультрафиолетовым излучением приносит очень высокие показатели в качестве получаемой жидкости.

Следует отметить, что, несмотря на перспективность использования ультразвуковых установок, их применение обосновано лишь в сочетании с другими приборами (к примеру, с химическими или обычными угольными фильтрами), поскольку с помощью ультразвуковых волн невозможно очистить жидкость от других загрязнителей.

**Постановка задачи и результаты.** Ультразвук (УЗ) представляет собой упругие волны с частотами от 15 кГц до 106 кГц. Такие частоты колебаний

придают ультразвуку уникальные возможности по своему распространению и затуханию в воде. Это проявляется в дисперсии звука, а также в образовании зон разрежений и уплотнений. Эти зоны образуют своеобразную дифракционную решетку, на которой происходит дифракция световых волн в оптически прозрачных средах, например, чистой воде.

Другая особенность ультразвука – большая интенсивность колебаний при небольших амплитудах. Это приводит к высокой плотности потока энергии, которая вызывает в воде явление кавитации – рост пузырьков газа в воде. В этих пузырьках возникают области высоких давлений и локальных разрежений. Кавитация в воде наступает уже при частоте колебаний 20 кГц и плотности потока энергии 0,3 Вт/см<sup>2</sup>. При больших частотах – от 100 до 10 000 кГц и интенсивности в несколько Вт/см<sup>2</sup> происходит образование фонтана или тумана.

Ультразвук получают с помощью генераторов, которые можно условно разбить на две группы. К первой группе относятся механические излучатели, однако они обладают невысоким КПД и широким спектром излучаемых частот, что сильно ограничивает область их использования. Ко второй, основной группе ультразвуковых генераторов относятся все виды преобразователей, которые тем или иным способом преобразуют электрические колебания в механические.

Для получения низкочастотных колебаний используются электрические излучатели, работающие на основе эффекта магнитострикции с сердечниками из никеля, ферритов и других сплавов. Магнитострикционные излучатели представляют собой цилиндрические или кольцевые сердечники с обмоткой, на которую подается переменный электрический ток определенной частоты. Получение ультразвука средней и высокой частот производится главным образом за счет пьезоэффекта при использовании кристаллов кварца, ниобата лития и дигидрофосфата калия. Такие излучатели представляют собой пластины из этих материалов, к которой подведены электрические провода для подачи переменного электрического тока. Во всех видах излучателей для увеличения интенсивности излучения применяют ультразвуковую фокусировку, а для увеличения амплитуды – концентраторы ультразвукового излучения.

Обработка воды ультразвуком основывается на его способности вызывать образование микроскопических пузырьков, которые быстро разрушаются (лопаются). Это явление называется кавитацией. Газ, находящийся внутри таких пустот, имеет настолько высокое давление и температуру, что в момент их разрушения происходит свечение пузырьков (звуколюминесценция).

В результате создания большого перепада давления, достигающего до десятков тысяч атмосфер, происходит повреждение клеточной оболочки и, как следствие, гибель вредоносного микроорганизма. В зависимости от интенсивности звуковых колебаний происходит бактерицидное воздействие ультразвука в той или иной степени. Ни один вирус или микроорганизм не способен выдержать подобные воздействия, таким образом, происходит их механическое разрушение.

Широкое распространение способ очистки ультразвуком получил в следующих отраслях:

- в плавательных бассейнах;
- в системах отопления;
- в стиральных машинах;
- для очистки питьевой воды в колодцах и т.д.

Однако инновационные методы дезинфекции с помощью ультразвука еще не нашли достаточной популярности в области обеззараживания воды [1-4].

Применение ультразвука для водоподготовки основано на выполнении гигиенических требований к качеству питьевой воды согласно санитарным правилам и нормам [5-7]:

- СанПиН 2.1.4.559-96;
- СанПиН 2.1.4.1116-02;
- ГОСТ 12.2.051-80 и др.

Основные достоинства:

- Обеспечение высокого качества воды без изменения ее состава;
- уничтожение болезнетворных и вредоносных микроорганизмов;
- перемешивание водных слоев;

- ликвидация бактериального налета и помутнений;
- предотвращение возникновения накипи в теплообменном оборудовании;
- повышение срока эксплуатации и эффективности фильтров;
- удаление водорослей.

Недостатки:

- Некоторая ограниченность метода (удаление вирусов, микроорганизмов и отдельных химических соединений), ультразвуковые волны не влияют на;
- высокая стоимость оборудования;
- сложность обслуживания.

Популярные ультразвуковые установки для подготовки воды.

*Обеззараживающие установки «Лазурь».* Используются без специальных ограничений в составе любой технологической цепочки.



Рис. 1. Внешний вид установки «Лазурь»

Установка УФУ-100 с ультразвуком предназначена для обеззараживания и дезинфекции питьевой воды в локальных сетях коммунального водоснабжения, очистки воды в бассейнах и аквапарках, а также для обработки сточных вод. Она сочетает в себе ультрафиолетовое облучение и ультразвуковую очистку, что обеспечивает высокую эффективность дезинфекции.



Рис. 2. Внешний вид установки УФУ-100.

УЗО «Водопровод» – отличный выбор для коттеджей, дачных домиков, в тех местах, где качество магистральной воды не соответствует санитарным нормам.

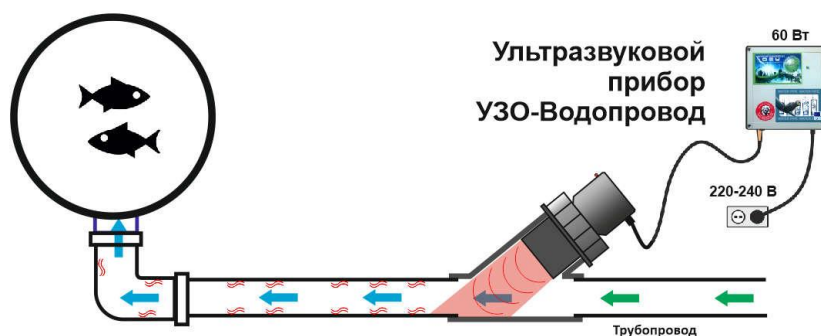


Рис. 3. Принципиальная схема УЗО «Водопровод»

Т.е., об эффективности ультразвукового обеззараживания любых водных растворов известно уже давно. Тем не менее, активная популяризация данного метода началась только в последнее десятилетие. Полезные свойства ультразвука до сих пор полностью не раскрыты. Это говорит о том, что у данного метода неограниченные скрытые возможности, которые поэтапно внедряются во все сферы деятельности современного мира и может в ближайшее время это послужит полному изменению нашего понимания о привычных, уже существующих технологиях.

Ультразвуковая очистка воды – эффективный метод, особенно в комбинации с другими технологиями. Основные исследования направлены на снижение энергозатрат и повышение степени очистки. Перспективным является

внедрение гибридных систем для промышленных и бытовых применений. Таким образом, возникла идея провести анализ литературных источников на сайте <https://cyberleninka.ru/> за последние 5 лет [8].

КиберЛенинка – это научная электронная библиотека, построенная на парадигме открытой науки (Open Science), основными задачами которой является популяризация науки и научной деятельности, общественный контроль качества научных публикаций, развитие междисциплинарных исследований, современного института научной рецензии, повышение цитируемости российской науки и построение инфраструктуры знаний.

На рис. 4 представлены диаграммы, которые наглядно показывают области применения ультразвуковой водоподготовки в различных областях народного хозяйства.

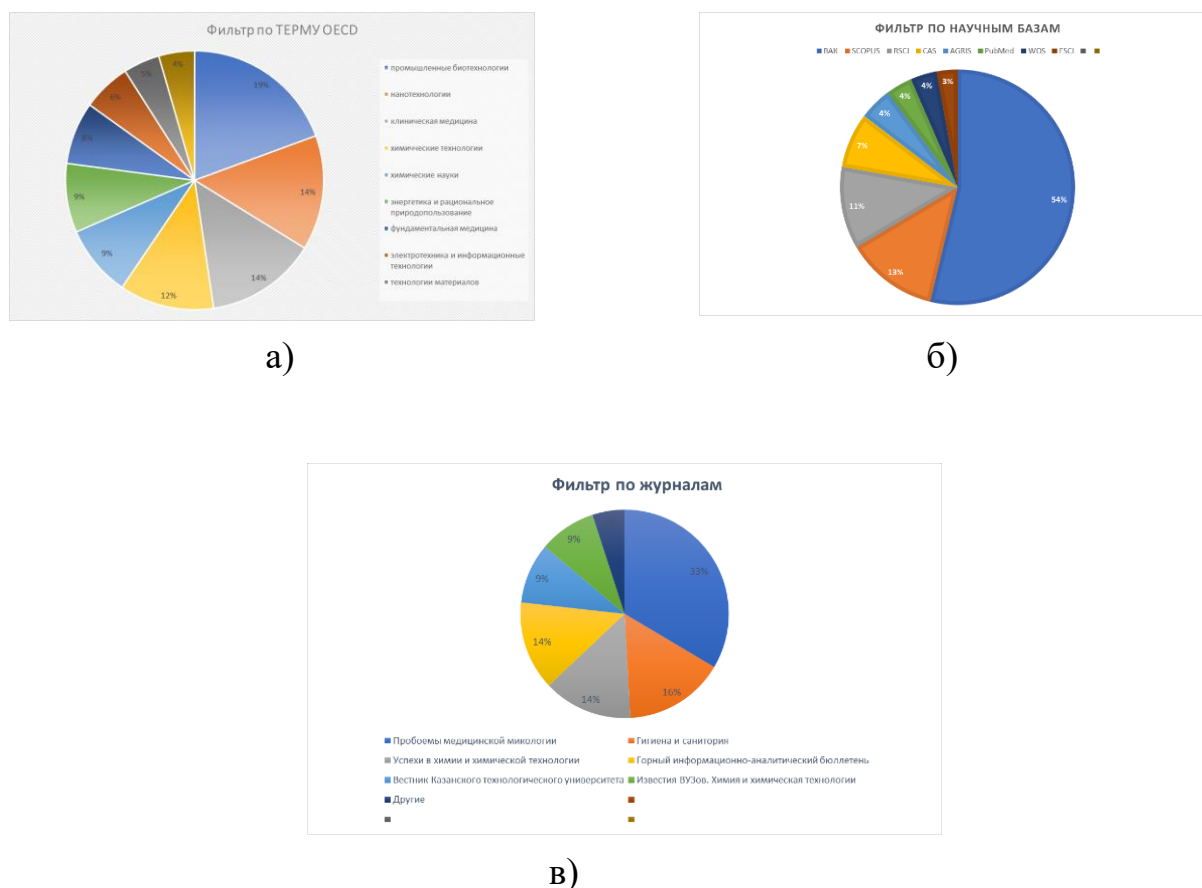


Рис. 4. Области применения ультразвуковой водоподготовки в различных областях народного хозяйства



**Вывод.** Следует отметить, что ультразвуковая водоподготовка, как альтернативный метод, не требует использования химических реактивов, как известно, далеко не безопасных для здоровья человека и животных. Кроме того, способ достаточно легко применим, он не требует вмешательства высококвалифицированных специалистов.

Несмотря на видимые преимущества, «сфера деятельности» ультразвука весьма ограничена и чаще всего установки, действующие по такому принципу, являются лишь одним из промежуточных этапов в достижении высокого качества питьевой воды.

### Литература

1. Бекерман И. Н. Ультразвуковая обработка жидких сред. / И. Н. Бекерман – М.: Техносфера, 2015 – 213 с.
2. Васильев А. А., Ковалев С. П. Ультразвук в технологиях очистки воды. / А. А. Васильев, С. П. Ковалев – СПб.: Наука, 2018 – 158 с.
3. Дудин А. В., Иванов Ю. С. Кавитационные эффекты в ультразвуковой обработке воды // Вестник инженерных наук. – 2020. – №3. – С. 45–51.
4. Петров В. Н., Смирнов И. Л. Современные методы водоподготовки: ультразвук и ультрафиолет // Технологии водоочистки. – 2019. – №2. – С. 12–18.
5. СанПиН 2.1.4.559-96. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения.
6. СанПиН 2.1.4.1116-02. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды.
7. ГОСТ 12.2.051-80. Оборудование ультразвуковое. Общие технические требования.
8. КиберЛенинка. Научные статьи по теме ультразвуковой водоподготовки. – URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 01.04.2025).

**Клюк Давид Эдуардович**, студент группы ОЗВВ-2а, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донбасская

национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [klyuk.d.e-ozvv-2a@donnasa.ru](mailto:klyuk.d.e-ozvv-2a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Соболь Оксана Викторовна**, к.х.н., доцент, доцент кафедры физики и прикладной химии, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [o.v.sobol@donnasa.ru](mailto:o.v.sobol@donnasa.ru)

### ULTRASONIC WATER TREATMENT

*Annotation.* Ultrasonic water preparation is a method of treating water using ultrasonic vibrations, which is used to improve its quality, change physicochemical properties and increase efficiency in various technological processes.

*Keywords:* ultrasound, water treatment, physical and chemical properties of water, analysis, Cyberleninka.

**Klyuk David**, student of the OZVV-2a group, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

**Sobol Oksana**, Ph.D., Associate Professor; Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.



УДК 631.879.34

Шевченко С.В.,

студ. гр. ИЗОС – ба ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.т.н., доцент Самойлова Е.Э.,

доцент кафедры «Физика и Прикладная химия»,

кафедры «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Аннотация.* В статье рассмотрены технологии и рекомендации по совершенствованию технологии очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности с целью с целью минимизировать негативное воздействие промышленных стоков на окружающую среду.

*Ключевые слова:* сточные воды, пищевая промышленность, окружающая среда.

**Введение.** Очистка сточных вод пищевых предприятий необходима для безопасного сброса стоков в канализационную сеть. Сложность очистки связана с разнообразием состава стоков, сложностью биологических и физико-химических процессов, а также большими затратами на сооружение отдельных очистных установок или комплексов.

Сточные воды пищевых предприятий могут содержать различные виды загрязнений: молоко, жир, шерсть, чешую, кровь, минеральные примеси, фекалии, соли, моющие средства и другие. Кроме того, в связи с расширением ассортимента выпускаемой продукции и с применением различных загустителей, красителей, консервантов в сточные воды поступают трудноокисляемые вещества, которые значительно усложняют процессы биологической очистки.

**Постановка задачи.** Очистка сточных вод на предприятиях пищевой промышленности – это сложный и многоступенчатый процесс, который требует использования различных методов и технологий для достижения высокой степени очистки [1].

Некоторые способы очистки:

- механическая очистка. Направлена на удаление крупных и взвешенных частиц. Основные методы механической очистки:

1) решётки и сита. Удаляются крупные частицы, такие как остатки пищи, упаковочные материалы и другие нерастворимые примеси;

2) песколовки. Предназначены для осаждения тяжёлых взвешенных частиц, таких как песок и другие минералы;

3) жируловители. Специализированные устройства для улавливания жиров и масел, которые могут накапливаться на поверхности воды.

- физико-химическая очистка. Используется для удаления растворимых загрязнителей, таких как жиры, масла, соли и органические соединения.

Некоторые методы физико-химической очистки:

1) флотация. Процесс отделения взвешенных и растворённых веществ с помощью воздуха;

2) коагуляция и флокуляция. Добавление коагулянтов и флокулянтов (химических веществ) способствует объединению мелких частиц в крупные флокулы, которые затем легко осаждаются и удаляются;

3) адсорбция. Использование адсорбентов, таких как активированный уголь, для поглощения растворённых органических веществ.

- электрохимическая очистка. Включает процессы электрокоагуляции и электрофлотации. Эти методы основаны на подаче электрического тока через сточные воды для образования микрочастиц коагулянта или пузырьков газа, которые способствуют очистке;

- биологическая очистка. Направлена на удаление органических веществ и соединений, содержащихся в сточных водах, с помощью микроорганизмов. Есть два основных метода:

1) аэробные методы. Микроорганизмы разлагают органические вещества в присутствии кислорода;

2) анаэробные методы. Процесс разложения органических веществ происходит без участия кислорода.

- мембранная очистка. Основные методы:

1) микрофильтрация и ультрафильтрация. Используются для удаления взвешенных частиц, бактерий и вирусов;

2) нанофильтрация и обратный осмос. Применяются для удаления растворённых веществ, таких как соли, органические молекулы и тяжёлые металлы.

- химическая дезинфекция. Проводится на завершающем этапе очистки сточных вод для удаления патогенных микроорганизмов и обеспечения санитарной безопасности воды. Основные методы химической очистки:

1) хлорирование. Добавление хлора или его соединений для уничтожения бактерий и вирусов;

2) УФ-облучение. Использование ультрафиолетового света для инактивации микроорганизмов;

3) озонирование. Введение озона в сточные воды для уничтожения патогенов и окисления органических веществ.

Для достижения высокой степени очистки часто используют комбинацию механической, физико-химической, биологической и мембранной очистки [1].

**Технология механической очистки сточных вод пищевых предприятий.** Механическая очистка хозяйственно-бытовых сточных вод – начальный этап очистных мероприятий. Её используют не только в городском масштабе, но и на предприятиях производственной сферы. Удаление загрязнений производится тремя способами:

- процеживание.
- отстаивание.
- фильтрование.

Для процеживания используются решётки и сита. Они позволяют задержать крупногабаритные отбросы, представленные тряпками, бумагой, упаковочными материалами, остатками пищи. Данные загрязнения дополнительно накапливают значительное количество жира, взвешенных веществ и песка. Образуются многокомпонентные органоминеральные составляющие, которые способны осложнить работу песколовок, отстойников, трубопроводов и сооружений по стабилизации осадка. Количество таких крупноразмерных загрязнений, вносимых одним жителем за сутки, составляет порядка 20 граммов.

Процеживание относится к примитивным способам. При прохождении жидких отходов через сита и решётки осаждаются крупные загрязнители, взвеси.

Процесс проходит поэтапно:

- жидкие стоки пропускаются через сетку, на поверхности которой остаётся песок, камни, крупные компоненты;
- на следующей стадии применяется мелкий очиститель, способный задержать включения, не осевшие на первом фильтре;
- после этого вода переводится в специальный водосборник, сита очищаются от твёрдых частиц, готовятся к последующему использованию;
- дополнительно на выходе допускается размещение самых мелких фильтров, способных удалить из сточных вод нерастворенные микроскопические частицы.

Отстаивание представляет собой выделение взвешенных веществ под влиянием силы тяжести. Выделить минеральные примеси позволяют песколовки, задержать мелкие всплывающие и оседающие примеси – отстойники. Ещё применяют нефтеловушки, смолоуловители, маслоуловители. Разновидность данного метода – центробежное отстаивание, находящее применение в центрифугах и гидроциклонах.

Под воздействием центробежной и гравитационной сил обеспечивается разделение стоков на фракции: тяжёлые компоненты оседают на дно, где образуют осадок, а лёгкие поднимаются на поверхность.

Вода внутри оборудования движется медленно, что позволяет загрязнителям осесть на днище баков. Повышение эффективности разделения на фракции достигается благодаря реагентам – коагулянтам, флокулянтам. С их помощью очистка проходит интенсивнее, загрязнители активно соединяются и укрупняются, что упрощает их дальнейший сбор.

Для избавления от мельчайших частиц разного происхождения требуется фильтрование. Оно востребовано при механической очистке бытовых сточных вод. Очищающим элементом являются фильтры. С их помощью происходит избавление жидких масс от взвесей.

Фильтрующая загрузка для стоков пропускает воду, но удерживает примеси. В качестве естественных фильтров используется песок, щебень, гравий, сетки, тканые материалы, выполненные из природных либо полимерных волокон. Для повышения качества очистки используются обратноосмотические мембраны, посредством которых получается практически чистая вода.

Для выбора фильтра учитывают направление профессиональной деятельности соответствующего предприятия. В бумажной промышленности актуально применение сетчатых либо вакуумных фильтров. Но вот в других отраслях чаще применяют центрифуги и гидроциклоны. Качественная фильтрация хозяйственно бытовых сточных вод позволит устранить максимум загрязнений.

Оборудование механической очистки – виды и назначение: для нормализации механическим способом используются различные виды технических средств и приспособлений. Комбинирование оборудования повышает эффективность процесса. Применяемые устройства и сооружения обеспечивают удаление из воды песка, частиц грунта, камней, стекла [1, 2].

**Результаты.** В рамках данной работы рассматривается влияние сточных вод предприятий пищевой промышленности на окружающую природную среду.

Очистка от взвешенных веществ. В осветлителях-перегнивателях происходит очистка сточных вод от взвешенных веществ на 80-90% и перегнивание выпавшего осадка.

Улучшение органолептических показателей. В угольных фильтрах происходит поглощение растворённых газов и органических соединений, что способствует устранению запаха и цветности воды.

Обезвреживание от микроорганизмов. Под действием ультрафиолета происходит обезвреживание воды от микроорганизмов, оставшихся в ней после биологической очистки.

Эффективность очистки зависит от производственных факторов, качества предшествующих стадий очистки, количества поступающих сточных вод и режима их поступления.

В РФ разработаны и утверждены нормы, согласно которым содержание жира в сбрасываемых в канализацию сточных водах не должно превышать установленного лимита – 25-50 мг/л, в зависимости от вида производства [3].

Преимущества очистки сточных вод пищевых предприятий:

- экологическая безопасность. Очистка не использует агрессивные химические вещества, безопасна для окружающей среды;
- снижение образования осадков. Ускорение процессов биологического разложения органических веществ уменьшает объём образующегося осадка;
- улучшение эффективности очистки. Например, использование биопрепаратов повышает эффективность биологических методов очистки, особенно при высоких концентрациях органических загрязнителей;
- снижение эксплуатационных затрат. Применение биопрепаратов позволяет снизить потребление энергии и химических реагентов, а также уменьшить расходы на обслуживание очистных сооружений [4, 5].

Недостатки методов очистки сточных вод:

- высокая концентрация органических загрязнителей. Вода, содержащая большое количество белков, жиров и углеводов, требует особого внимания при выборе методов очистки;
- низкая эффективность традиционных методов. Методы, используемые для очистки коммунальных сточных вод, могут оказаться недостаточно эффективными для пищевых производств;



- увеличение затрат на энергоресурсы и эксплуатацию оборудования.

Очистка сточных вод требует значительных затрат на энергию и регулярное обслуживание очистных сооружений;

- образование большого количества осадков. Осадки, образующиеся в процессе очистки, требуют дополнительных затрат на их обработку и утилизацию [6].

**Выводы.** На основании вышеизложенного следует, что сточные воды пищевых предприятий можно отнести к категории высококонцентрированных по органическим веществам. Извлекаемые из сточных вод пищевых предприятий органические и биогенные вещества после соответствующей обработки могут служить источником вторичных ресурсов. Перспективными сооружениями для механической очистки сточных вод пищевых предприятий могут служить решётки тонкой очистки и безнапорные гидроциклоны. В сточных водах пищевых предприятий содержится достаточное количество биогенных веществ, необходимых для осуществления процесса биологической очистки. В качестве сооружений биологической очистки целесообразно использовать сооружения на основе комбинированных биоокислителей. Комплексное использование сооружений механической очистки (решетки тонкой очистки, безнапорные гидроциклоны) и комбинированных биоокислителей позволяет разработать экологически безопасную и ресурсосберегающую технологию очистки сточных вод пищевых предприятий.

### Литература

1. Гудков, А. Г. Механическая очистка сточных вод: учебное пособие / А.Г. Гудков. – 2-е изд. – Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – 188 с. – ISBN 978-5-9729-0311-5.
2. Карманов, А. П. Технология очистки сточных вод: учебное пособие / А.П. Карманов, И. Н. Полина. – 2-е изд. – Москва: Инфра-Инженерия, 2018. – 212 с. – ISBN 978-5-9729-0238-5.

3. Биотехнологии очистки сточных вод: учебно-методическое пособие / составители А. Ю. Копнина, Б. Ю. Смирнов. – 2-е изд. – Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018. – 52 с.

4. Технологии очистки сточных вод: учебное пособие / Д. С. Дворецкий, Е.В. Хабарова, О. В. Зюзина [и др.]. – Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018. – 81 с. – ISBN 978-5-8265-1948-6.

5. Разработка и проектирование сооружений очистки сточных вод: учебно-методическое пособие / Е.В. Алексеев, Е.С. Гогина, Н.А. Макиша, С.Е. Алексеев. – Москва: МИСИ-МГСУ, ЭБС АСВ, 2019. – 57 с. – ISBN 978-5-7264-1963-3.

6. Проектирование систем водоснабжения малых населенных пунктов: учебное пособие / В.А. Зайко, Д.И. Тараканов, П.А. Горшкалев, М.Д. Черносвитов. – Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2021. – 146 с. – DOI: <https://doi.org/10.23682/122189>.

**Шевченко София Викторовна**, студентка группы ИЗОС-6а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

е-mail: [shevchenko.s.v-izos-5a@donnasa.ru](mailto:shevchenko.s.v-izos-5a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Самойлова Елена Эдуардовна**, к.т.н., доцент; доцент кафедры «Физика и Прикладная химия», кафедры «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

е-mail: [e.e.samojllova@donnasa.ru](mailto:e.e.samojllova@donnasa.ru)

## IMPROVEMEN OF WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGY OF FOOD INDUSTRY ENTERPRISES

*Annotation.* The article discusses technologies and recommendations for improving the wastewater treatment technology of food industry enterprises in order to minimize the negative impact of industrial wastewater on the environment.

*Keywords:* wastewater, food industry, environment.

**Shevchenko Sofiya Viktorovna**, a student of the IZOS-6a group, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Elena Eduardovna Samoilo**va, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Department of Technosphere Safety, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.



УДК 629.331

Канельский А.А.,

студ. группы АД-30 а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.т.н., доцент Покинтелица Е.А.,

доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОТРЕБЛЕНИЯ ГАЗА, БЕНЗИНА, ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА И ЭЛЕКТРОКАРОВ: ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ЯВЛЕНИЯ**

*Аннотация.* В статье освещены ключевые аспекты использования различных видов топлива (газ, бензин, дизель) и электроэнергии в контексте их эффективности и влияния на окружающую среду.

*Ключевые слова:* природный газ, бензин, дизельное топливо, электроавтомобили.

**Введение.** В современных условиях энергетических вызовов и экологических проблем выбор источников топлива для транспортных средств стал особенно актуальным [1].

**Постановка задачи.** В этой статье будет проведен сравнительный анализ различных видов топлива: природного газа, бензина, дизельного топлива и электроэнергии, используемой для электромобилей. Мы рассмотрим физические свойства каждого источника энергии, их эффективность и влияние на окружающую среду.

**Результаты.** Рассмотрим физические свойства и состав топлива.

Природный газ состоит в основном из метана ( $\text{CH}_4$ ) и является самым чистым углеводородным топливом. Он имеет высокую теплотворную способность (примерно  $35 \text{ МДж/м}^3$ ) и низкие эмиссии углекислого газа при

сжигании. Газы легче воздуха и легко смешиваются с воздухом, что делает их удобными для использования в двигателях внутреннего сгорания.

Бензин представляет собой смесь углеводородов, получаемую из нефти. Его теплотворная способность составляет приблизительно 31 МДж/л. Бензин имеет высокую летучесть, что позволяет ему легко испаряться при нормальных температурах. Однако процесс сгорания бензина выделяет значительное количество углекислого газа и других вредных веществ, таких как оксиды азота и угарный газ.

Дизельное топливо имеет более высокую плотность и теплотворную способность (около 35 МДж/л) по сравнению с бензином. Оно состоит из более тяжелых углеводородов и менее летучее, что снижает риск испарения. Тем не менее, дизельные двигатели выделяют больше оксидов азота и частиц, что приводит к ухудшению качества воздуха.

Электромобили используют электрическую энергию, которая сохраняется в аккумуляторах. Эффективность преобразования энергии в электрокарах достигает 70-90%, что значительно выше, чем у двигателей внутреннего сгорания. Тем не менее, экологичность электромобилей зависит от источников производства электричества (уголь, газ, возобновляемые источники).

Изучим эффективность и потребление энергии.

Совершенствование технологий. Эффективность различных типов топлива также значительно подвержена влиянию технологий. Современные двигатели внутреннего сгорания и системы для электромобилей обладают высоким уровнем эффективности. Однако дизельные и бензиновые двигатели все равно остаются менее эффективными по сравнению с электромобилями.

Уровень потребления. При округленном сравнении:

- дизельный двигатель потребляет около 6-8 л на 100 км;
- бензиновый двигатель – около 8-12 л на 100 км;
- автомобили на природном газе – 4-6 м<sup>3</sup> на 100 км;
- электромобили – от 15 до 20 кВт·ч на 100 км.

При этом нужно учитывать, что энергетическая эквивалентность 1 литра бензина примерно равна 8,5 кВт·ч. Это позволяет более точно сравнить затраты на разные виды топлива.

Рассмотрим влияние на окружающую среду.

Эмиссия углекислого газа. Эмиссия  $\text{CO}_2$  является одним из основных факторов, влияющих на выбор топлива. При сжигании:

- бензин выделяет около 2,3 кг  $\text{CO}_2$  на литр;
- дизель – 2,7 кг;
- природный газ – около 1,7 кг на  $\text{м}^3$ .

Электромобили непосредственно не производят  $\text{CO}_2$ , но при производстве электроэнергии могут происходить выбросы, зависящие от источника энергии.

Прочие загрязнители. Несмотря на низкие выбросы  $\text{CO}_2$ , бензиновые и дизельные автомобили выделяют значительное количество оксидов азота и частиц. Электромобили, в свою очередь, минимизируют прямые выбросы, но производство аккумуляторов связано с другими экологическими рисками.

**Вывод.** Выбор между газом, бензином, дизельным топливом и электрической энергией зависит не только от физико-химических свойств каждого источника, но и от технологического прогресса. Вероятнее всего в будущем будет часто использоваться электрическая энергия, потому что она более экономна и меньше вредит окружающей среде.

### Литература

1. Мазурова О.В. Оценка сравнительной эффективности использования автомобильных топлив и электроэнергии для автомобильного транспорта / О.В. Мазурова // Экономика региона, т. 15, вып. 2, 2019. - С. 493-505. – DOI 10.17059/2019-2-14.

**Канельский Андрей Александрович**, студент группы Ад-30а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286128, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [kanelskiy.a.a-ad-30a@donnasa.ru](mailto:kanelskiy.a.a-ad-30a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Покинтелица Елена Анатольевна**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286128, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru](mailto:o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru).

## COMPARATIVE ANALYSIS OF GAS, GASOLINE, DIESEL FUEL, AND ELECTRIC CAR CONSUMPTION: PHYSICAL PROPERTIES AND PHENOMENA

*Annotation.* The article highlights the key aspects of using various types of fuels (gas, gasoline, diesel) and electricity in the context of their efficiency and environmental impact.

*Keywords:* natural gas, gasoline, diesel fuel, electric cars.

**Kanelsky Andrey Alexandrovich**, student of the AR-30a group, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286128, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Pokintelitsa Elena Anatolyevna**, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286128, Makeevka, Derzhavin str., 2.



УДК 502.174

Голованова Н.А.,  
студ. группы ТГВ-59а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»  
Научный руководитель: Ташкинов Ю.А.,  
ст. преп. кафедры «Физика и прикладная химия»  
ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

### **БИОГАЗ КАК АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ТОПЛИВО**

*Аннотация.* В статье рассмотрен биогаз как альтернативное топливо, образующееся при анаэробном разложении органических веществ. А также его химическому составу, технологиям очистки, способам удаления примесей ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  и др.) и повышение доли метана для применения в системах теплоснабжения. Отмечаются преимущества использования биогаза в энергетике.

*Ключевые слова:* биогаз, альтернативное топливо, очистка биогаза, анаэробное сбраживание, возобновляемая энергия, утилизация отходов, экологическая безопасность.

**Введение.** В условиях нарастающих климатических изменений и истощения запасов традиционного топлива, биогаз приобретает особое значение как возобновляемый энергетический ресурс. Несмотря на имеющиеся преимущества, его широкомасштабное применение сопряжено с рядом затруднений, основным из которых является сложный химический состав, требующий глубокой очистки. Основные составляющие биогаза – метан и углекислый газ – в сочетании с различными примесями обуславливают необходимость тщательной технологической подготовки перед использованием в теплоснабжении.

Цель работы: изучение молекулярного состава биогаза, оценка его компонентов и выработка рекомендаций по применению современных методов



очистки, что позволит повысить его эффективность как альтернативного топлива.

Актуальность темы обусловлена растущей потребностью в экологически чистых и устойчивых источниках энергии как в России, так и за её пределами. В контексте перехода к безуглеродной экономике, потенциал биогаза становится особенно важным с точки зрения уменьшения выбросов парниковых газов и укрепления энергетической независимости государств. Актуальными задачами являются разработка эффективных способов очистки, технико-экономическая оценка применения биогаза и его экологические последствия.

Основное содержание данной работы включает детализированный разбор компонентного состава биогаза, обзор применяемых технологий очистки и анализ их влияния на характеристики топлива, а также описание реальных примеров внедрения биогаза в систему теплоснабжения. Это позволит комплексно оценить перспективы данного ресурса как устойчивого источника тепловой энергии.

### **Химический состав биогаза: основные компоненты и их характеристики**

- **Метан.** Метан ( $\text{CH}_4$ ), составляющий от 50 до 70% от общего объёма биогаза, представляет собой его ключевой энергетический компонент. Теплотворная способность биогаза напрямую коррелирует с концентрацией метана: чем выше его содержание, тем больше энергетическая эффективность полученного топлива. В качестве исходного субстрата для выработки метаносодержащего газа применяются органические отходы сельского хозяйства, сточные воды, пищевые и коммунальные отходы. Согласно результатам исследования [1], на территории Азербайджана основными ресурсами являются навоз, птичий помет, растительные остатки и биологические осадки, формирующиеся в процессе очистки сточных вод.

Для стабильной и безопасной эксплуатации систем теплоснабжения на основе биогаза требуется поддержание постоянного уровня метана, а также устранение нежелательных примесей, способных нарушать процесс горения.

Недостаточная концентрация метана ухудшает качественные характеристики сгорания и может снижать общий КПД энергетического оборудования.

- **Углекислый газ.** Углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), содержание которого в биогазе может достигать 30–50%, не обладает энергетической ценностью и, следовательно, снижает калорийность смеси. Для повышения эффективности сжигания и тепловой отдачи требуется предварительная его сепарация перед использованием биогаза в высокотемпературных теплогенерирующих установках. При этом следует отметить, что при сгорании очищенного от  $\text{CO}_2$  биогаза уровень выбросов углекислого газа оказывается значительно ниже, чем при применении традиционных видов топлива, таких как каменный уголь или мазут, что способствует снижению углеродного следа.

В связи с усиливающимся экологическим контролем, снижения выброса в атмосферу  $\text{CO}_2$  рассматривается как важнейшее направление в энергетической политике. Так, в Республике Беларусь в рамках экологического анализа различных топливных ресурсов установлено, что возобновляемые энергетические источники, включая биогаз, оказывают существенно меньшее негативное воздействие на окружающую среду по сравнению с ископаемыми энергоносителями [2].

- **Примеси в биогазе.** В составе биогаза, помимо метана и углекислого газа, присутствуют такие сопутствующие компоненты, как сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ), аммиак, водяные пары, пылевые включения, а также инертные газы – кислород и азот. Наиболее токсичным и техногенно опасным является сероводород, обладающий выраженными коррозионными свойствами и токсическим действием. Присутствие влаги и механических загрязнений (в том числе мелкодисперсной пыли) негативно отражается на функционировании горелочных устройств и теплообменного оборудования, ускоряя их износ.

Состав и концентрация примесей зависят от природы биомассы, подвергаемой анаэробному сбраживанию. Например, при ферментации органических смесей, включающих в себя осадки сточных вод и древесные

отходы, наблюдается повышенное содержание соединений серы и органических веществ смолистой природы, как отмечено в исследовании [4].

### **Условия использования биогаза в системах теплоснабжения**

Эффективное применение биогаза в целях теплоснабжения требует соблюдения ряда технических условий. В первую очередь необходимо обеспечить стабильную работу оборудования при использовании газа с переменным составом. Концентрация метана, как основного горючего компонента, должна быть не менее 50–55 %, иначе процесс горения становится нестабильным, что ведет к снижению КПД и возможным повреждениям оборудования.

Дополнительным требованием является обеспечение соответствующего давления и температуры газа. Биогаз, как правило, поступает при низком давлении, что требует установки компрессорных установок для подачи в системы отопления или когенерационные установки. При этом важна герметичность оборудования для предотвращения утечек, поскольку метан является взрывоопасным газом.

### **Технологии очистки биогаза**

Для приведения биогаза к качеству, пригодному для использования в отопительных и энергетических установках, применяются технологии очистки, направленные на удаление вредных примесей и повышение доли метана. В зависимости от требуемого уровня очистки и состава сырья используются следующие методы:

- **Адсорбция** – применяется для удаления сероводорода и влаги. Используются активированный уголь, цеолиты или силикагель.
- **Абсорбция** – метод удаления  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$  с применением жидких растворителей, например, воды или аминов.
- **Мембранная сепарация** – разделение газовой смеси происходит за счёт разницы в проницаемости компонентов через полимерные мембраны.
- **Криогенная очистка** – основана на различной температуре сжижения компонентов и применяется при необходимости глубокой очистки.

• **Биологическая очистка** – включает использование специфических бактерий для разложения  $H_2S$  и других соединений.

Эффективность очистки определяет возможность последующего применения газа в высокотемпературных котлах или когенерационных установках.

### **Практическое применение**

Развитие технологий использования биогаза наблюдается в ряде стран с различным уровнем экономического и технологического развития. Так, в Германии уже к 2020 году было построено более 9 тысяч биогазовых установок, обеспечивающих локальные системы отопления и электроснабжения. В качестве сырья используются как сельскохозяйственные отходы, так и специализированные энергоемкие культуры [5].

В Дании широко применяется интеграция биогазовых установок в централизованные системы теплоснабжения, особенно в сельской местности. Это снижает углеродный след и позволяет повысить энергетическую независимость [5].

В странах СНГ, таких как Беларусь, Азербайджан и Россия, развитие сектора биогаза сопряжено с рядом трудностей: отсутствием субсидий, недостаточной технической базой и ограниченным доступом к инвестициям. Тем не менее, реализуются пилотные проекты на крупных животноводческих комплексах, что позволяет утилизировать отходы и частично замещать природный газ в теплоснабжении [1, 2, 5].

**Заключение.** Биогаз представляет собой перспективный источник возобновляемой энергии, особенно актуальный в условиях необходимости снижения зависимости от ископаемых видов топлива. Его использование в теплоснабжении позволяет эффективно утилизировать органические отходы и одновременно получать тепловую и электрическую энергию. Однако широкомасштабное внедрение биогаза в энергетические системы требует решения ряда технических задач, включая очистку газа, стабилизацию состава и обеспечение безопасной эксплуатации оборудования.

Наибольших успехов в использовании биогаза добиваются страны с развитой системой поддержки возобновляемой энергетики. В государствах СНГ, несмотря на наличие сырьевой базы, потенциал биогаза пока реализуется частично, преимущественно в форме локальных проектов. Развитие этого направления возможно при условии государственной поддержки, привлечения инвестиций, а также создания нормативной и технической базы, стимулирующей использование биогаза в системах теплоснабжения.

### Литература

1. Ширинова, Д. Б. К. Исследование источников сырья для получения биогаза в Азербайджане / Алиева М. Ф. К., Ширинова Д. Б. К. // Endless light in science. – Баку, 2025. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-istochnikov-syrya-dlya-polucheniya-biogaza-v-azerbaydzhane> (дата обращения: 14.04.2025).

2. Матюшенко, А. Д. Территории размещения различных видов энергоисточников в Республике Беларусь: экономическая оценка экологического ущерба // Окружающая среда и энерговедение. – Минск, 2025. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/territorii-razmescheniya-razlichnyh-vidov-energoistochnikov-v-respublike-belarus-ekonomicheskaya-otsenka-ekologicheskogo-ushcherba> (дата обращения: 14.04.2025).

3. Гельманова, З. С. Инновационные технологии переработки отработанных нефтепродуктов: экологическая устойчивость и визуализация данных / З. С. Гельманова, Ю. Н. Саульский, А. С. Петровская // In The World Of Science and Education. – Темиртау: 2025. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-tehnologii-pererabotki-otrabotannyh-nefteproduktov-ekologicheskaya-ustoychivost-i-vizualizatsiya-dannyh> (дата обращения: 14.04.2025).

4. Емельянова, В.А. Изучение возможности утилизации смесей скопа очистных сооружений и отходов деревопереработки/ В.А. Емельянова, А.А. Ермак // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В.

Промышленность. Прикладные науки. – Новополюк: 2025 – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-vozmozhnosti-utilizatsii-smesey-skopa-ochistnyh-sooruzheniy-i-othodov-derevopererabotki> (дата обращения: 14.04.2025).

5. Бастрон, А. В. Возобновляемые источники энергии: опыт и перспективы использования в условиях Енисейской Сибири / А.В. Бастрон, А.С. Дебрин, И.И. Засимов, Н.В. Цугленок // Окружающая среда и энергоснабжение. – Красноярск, 2025. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozobnovlyаемые-istochniki-energii-opyt-i-perspektivy-ispolzovaniya-v-usloviyah-eniseyskoy-sibiri> (дата обращения: 14.04.2025).

6. Назарычев, С.А. Оптимизация работы водонагревательной установки после замены метана смесью метана с водородом или пропан-бутановым топливом / С.А. Назарычев, В.М. Ларионов, И.В. Ларионова // Международный научно-исследовательский журнал. – Казань, 2025. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-raboty-vodonagrevatelnoy-ustanovki-posle-zameny-metana-smesyu-metana-s-vodorodom-ili-propan-butanovym-toplivom> (дата обращения: 14.04.2025).

**Голованова Надежда Александровна**, студентка группы ТГВ-59а ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»:286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [golovanova.n.a-tgv-59a@donnasa.ru](mailto:golovanova.n.a-tgv-59a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Ташкинов Юрий Андреевич**, старший преподаватель кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»; 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина,2.

e-mail: [yu.a.tashkinov@donnasa.ru](mailto:yu.a.tashkinov@donnasa.ru)

## BIOGAS AS AN ALTERNATIVE FUEL

*Annotation.* The article considers biogas as an alternative fuel formed during the anaerobic decomposition of organic substances. As well as its chemical composition,

purification technologies, methods for removing impurities ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , etc.) and increasing the proportion of methane for use in heat supply systems. The advantages of using biogas in the energy sector are noted.

*Keywords:* biogas, alternative fuel, biogas purification, anaerobic digestion, renewable energy, waste disposal, environmental safety.

**Golovanova Nadezhda Alexandrovna**, student of the TGV-59a group of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Tashkinov Juriy Andreevich**, Senior Lecturer at the Department of Physics and Applied Chemistry, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.



УДК 631.4:631.8

Лакиза А.В.,

студ. гр. ЛА-5а ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.т.н., доцент Самойлова Е.Э.,

доцент кафедры «Физика и прикладная химия»

ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ АГРОХИМИЯ И ЕЁ ПОДХОДЫ К ПРИМЕНЕНИЮ УДОБРЕНИЙ**

*Аннотация:* В статье рассматривается вопрос использования удобрений, который не просто повышает урожаи сельскохозяйственных культур, но и окупаемость удобрений урожаем, позволяя сделать их применение более прибыльным на примере Республики Татарстан.

*Ключевые слова:* минеральные удобрения, плодородие почв, элементы питания, агрохимия, органические удобрения, известкование.

**Введение.** Одно из важнейших мест в системе агротехнических мероприятий, обеспечивающих получение стабильных урожаев сельскохозяйственных культур и повышение плодородия почв, принадлежит применению органических и минеральных удобрений. Органические и минеральные удобрения представляют собой сильное средство воздействия на почву (её химические, физические и биологические свойства) и растения - их питание, рост и развитие, устойчивость к неблагоприятным условиям, урожай и его качество. В совокупности органические и минеральные удобрения, пестициды составляют основу химизации земледелия [1].

**Постановка задачи.** Рассмотреть и проанализировать подходы практической агрохимии к применению удобрений.



**Результаты.** При идеальной агротехнике и благоприятных погодных условиях можно получать запланированные урожаи при помощи внесения удобрений с точно рассчитанными дозами. При тех же условиях без удобрений можно получить урожай не больше того, который может обеспечить сама почва, то есть урожай естественного плодородия, который получается за счет элементов питания, имеющихся в почве. Это в том случае, если почвы не имеют кислой реакции (рН не менее 5,5). На кислых почвах растения угнетаются тем сильнее, чем больше кислотность почвы, и не могут полностью использовать потенциал естественного плодородия почвы. На кислых почвах растения также не могут сполна использовать урожайный потенциал минеральных удобрений. Эффективность минеральных удобрений снижается на кислых почвах на 20-40% [2].

В Республике Татарстан сравнительно высокий уровень применения минеральных удобрений и один из самых высоких среди субъектов Российской Федерации уровень известкования кислых почв. Это позволяет получать неплохие урожаи сельскохозяйственных культур (рисунок 1) [3].

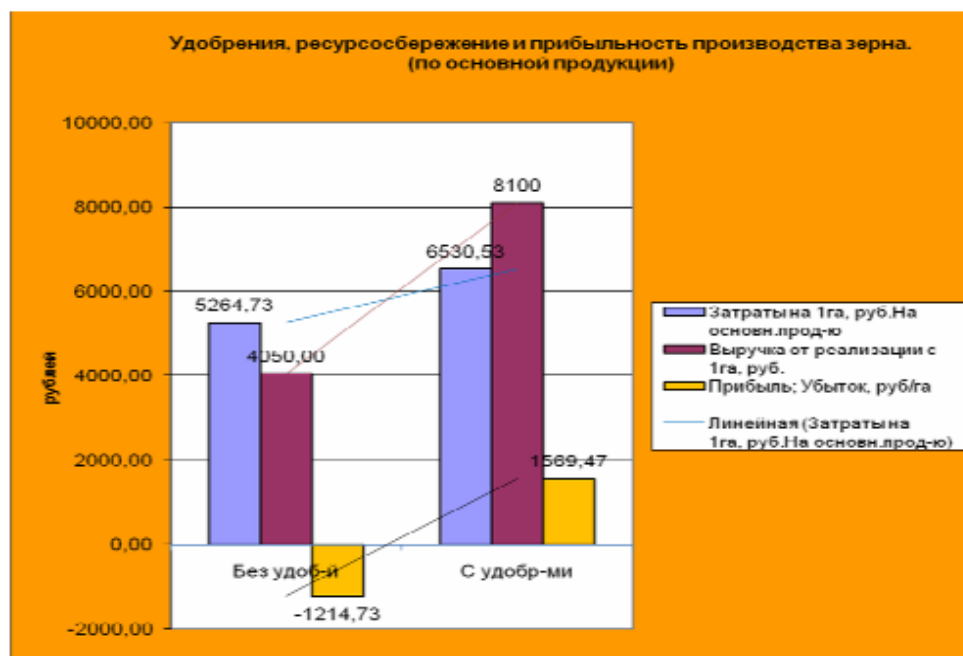


Рисунок 1. Удобрения, ресурсосбережение и прибыльность производства зерна

Расчётливое применение удобрений значительно увеличивает урожай при сравнительно небольшом увеличении суммарных затрат на производство. Из графика, приведённого на рисунке, видно, что при использовании удобрений, выручка от реализации зерна возрастает значительно, и в результате, производство зерна становится прибыльным.

В условиях сегодняшнего дня, при существующем соотношении цен на промышленные товары (ГСМ, техника, запчасти и т.д.) и на зерно, возделывание зерновых культур без удобрений нерентабельно. Важным фактором ресурсосбережения в таких условиях станет правильное использование удобрений. Если произведение окупаемости удобрений зерном на рыночную стоимость зерна равно стоимости 1 кг д.в. минеральных удобрений, финансовый результат от применения удобрений равен нулю – нет ни прибыли, ни убытка. Чем больше это произведение по сравнению со стоимостью д.в. удобрений, тем более прибыльно применение удобрений. Окупаемость удобрений бывает высокой тогда, когда они используются рационально, то есть обеспечивают получение запланированного урожая с наименьшими затратами действующего вещества удобрений (азота, фосфора и калия). Этого можно достичь только тогда, когда каждого элемента питания вносится столько, сколько требуется, не больше и не меньше того, сколько нужно для получения запланированного урожая данной культуры на данном участке поля. Удобрение с таким соотношением элементов питания называется сбалансированным. На каждом поле, а ещё лучше на каждом однородном участке поля требуется своё соотношение элементов питания, зависящее от биологических особенностей возделываемой культуры, планируемой урожайности, агрохимических показателей почвы (соотношение доступных для растений форм элементов питания в почве, в факторах биологизации, последствиях удобрений). Если удобрения вносятся без расчётов, выполненных с учётом всех этих факторов, они используются нерационально, окупаемость их, как правило, бывает очень низкой. Такое использование удобрений не только не уменьшает убыточность производства зерна, но ещё больше её увеличивает.

Если удобрения вносить, без расчётов, не учитывая биологические особенности возделываемой культуры и урожайный потенциал почвы, окупаемость удобрений будет не выше 3-4 кг/га.

Специалисты ФГУ «ЦАС «Татарский» осуществляют целенаправленную работу по эффективному использованию удобрений в условиях республики. В ходе работы изучаются и, по мере возможности, внедряются в производство элементы технологии точного земледелия в области применения удобрений.

Имеющаяся компьютерная программа позволяет создать базу данных по всем хозяйствам, и используя её, перед началом посевных работ в короткие сроки выполнить составление плана применения удобрений, т.е. рационально распределить имеющиеся фактически удобрения по полям и участкам с учетом их агрохимических показателей и потребностей возделываемых на них культур [4].

**Выводы.** Таким образом, такой подход к применению удобрений не просто повышает урожай сельскохозяйственных культур, но и повышает окупаемость удобрений урожаем, позволяя сделать применение удобрений более прибыльным.

### Литература

1. Воробейков, Г. А. Полевые и вегетационные исследования по агрохимии и физиологии: учебное пособие / Г.А. Воробейков, В.П. Царенко, Н. Ф. Лунина. – Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2024. – 144 с. – ISBN 978-5-906109-12-5.

2. Ховалыг, Н. А. Основы агрохимии. Химические средства защиты растений: практикум для СПО / Н. А. Ховалыг. – Саратов, Москва: Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2022. – 198 с. – ISBN 978-5-4488-1348-1, 978-5-4497-1553-1.

3. Подольникова, Е. М. Менеджмент и маркетинг: учебно-методическое пособие для практических занятий и самостоятельной работы студентов направления подготовки 35.03.04 Агрономия, 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции, 35.03.03 Агрохимия /

Е.М. Подольникова, О. М. Хохрина. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2024. – 92 с.

**Лакиза Андрей Вадимович**, студент группы ЛА-5а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [lakiza.a.v-zla-5a@donnasa.ru](mailto:lakiza.a.v-zla-5a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Самойлова Елена Эдуардовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика и Прикладная химия», кафедры «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [e.e.samojlova@donnasa.ru](mailto:e.e.samojlova@donnasa.ru)

## **PRACTICAL AGROCHEMISTRY AND ITS APPROACHES TO THE APPLICATION OF FERTILIZERS**

*Abstract:* The article discusses the issue of using fertilizers, which not only increases crop yields, but also the payback of fertilizers by harvest, making their use more profitable using the example of the Republic of Tatarstan.

*Keywords:* mineral fertilizers, soil fertility, nutrition elements, agrochemistry, organic fertilizers, liming.

**Lakiza Andrey Vadimovich**, student of the LA-5a group of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

**Samojlova Helen**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Department of Technosphere Safety of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.



УДК 631.4:631.8

Рябуха Д.М.,

студ. гр. ЛА-5а ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.т.н., доцент Самойлова Е.Э.,

доцент кафедры «Физика и прикладная химия»

ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЧВОПОКРОВНЫХ РАСТЕНИЙ НА ОБЪЕКТАХ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ**

*Аннотация:* В статье рассматривается вопрос рационального использования почвопокровных растений для использования на объектах ландшафтной архитектуры.

*Ключевые слова:* цветочное оформление, многолетники, почвопокровные, озеленение города.

**Введение.** В связи с необходимостью рационального использования природных ресурсов на первый план выступает проблема их эффективной эксплуатации и воспроизводства. Значительную роль в системе природных ресурсов играет растительный покров почвы как ярус растительности, имеющий крайне важное значение в формировании биоценоза. Растительный почвенный покров играет не только декоративную, но и оздоровительную роль [1].

**Постановка задачи.** Рассмотреть и проанализировать почвопокровные растения (как теневыносливые, так и светолюбивые), которые окажутся перспективными для городской ландшафтной архитектуры.

**Результаты.** Почвопокровные растения – это группа растений, обладающая биологической способностью к разрастанию со временем, они образуют плотный надпочвенный покров в виде подушек и ковров [2]. Это преимущественно неприхотливые многолетние растения, быстро

разрастающиеся в горизонтальном направлении и обладающие декоративной ценностью. Как правило, они не требуют специального ухода, способствуют удержанию влаги в почве, препятствуют образованию уплотнения почвы на поверхности земли, укрепляют верхний слой грунта и не допускают вымывания минеральных веществ. Почвопокровные растения целесообразно использовать на тех территориях объектов ландшафтной архитектуры, на которых классический газон из злаковых не может быть использован – например, в тени или полутени под кронами деревьев. Однако, несмотря на свои преимущества, почвопокровные растения в недостаточной мере применяются в городской ландшафтной архитектуре [2].

Использование на объектах городской архитектуры искусственно выращенного напочвенного покрова (как на открытых местах, так и под пологом древостоя) – важная задача ландшафтной архитектуры. Нередко злаковый газон в связи со своими биологическими особенностями не может нормально произрастать [3]. Поэтому для озеленения таких участков перспективно использование почвопокровных растений, ассортимент которых богат и разнообразен.

Анализ почвопокровных растений показал, что наиболее многочисленно семейство колокольчиковых – 20,89%; лютиковых и розоцветных – 8%; толстянковых – 7,56%, камнеломковых – 7,11%, сложноцветных – 6,22%, яснотковых – 5,78%; реже встречаются представители семейств адоксовых, ирисовых, кутровых, молочайных, пузырниковых и щитовниковых – 0,44%.

В результате изучения распределения растений по местам естественного обитания анализ показал), что родиной наибольшего числа растений являются Европа (45,8%) и Кавказ (14,33%). Примерно одинаковое количество растений обнаружено в Азии (10,03%), Северной Америке (9,31%) и на Дальнем Востоке (8,6%). В Сибири найдено 5,01% представителей этой группы растений. Самые незначительные показатели приходятся на Южную Америку, Новую Зеландию (по 1,43%) и Африку (0,35%).

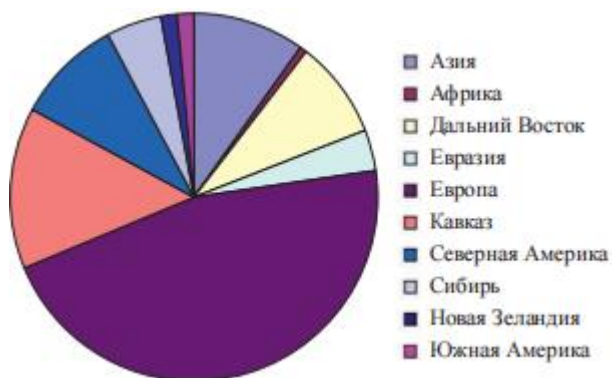


Рисунок 1. Распределение растений по месту произрастания

Из рисунка можно сделать вывод, что наибольшее количество (почти половина) всех исследуемых почвопокровных видов растений произрастают на территории Европы. Они перспективны и очень перспективны для выращивания в условиях средней полосы России. Существуют разные способы создания цветников, в зависимости от желаемого акцента – на цвет, форму, структуру посадок, форму (тип) соцветий. Наиболее заметны такие типы соцветий, как метёлка, щиток, корзинка. Менее заметны – головка, зонтик, кисть, самые малозаметные – колос, мутовка. Растения с вертикальной формой соцветий в первую очередь привлекают внимание зрителя. Зонтики – статичная форма, они удерживают взгляд в горизонтальной плоскости. Метёлки хороши рядом и с одними, и с другими [3].

Польза от почвопокровных растений общеизвестна. Часто приходится слышать: если не растёт трава, посадите почвопокровные. Их скромный удел – декорация проблемных мест: затенённые уголки, участки с недостаточно окультуренной почвой.

Для каждого вида растений существует определённая наиболее благоприятная для их роста и развития реакция среды. Большинству выращиваемых культур и полезных почвенных микроорганизмов требуется реакция, близкая к нейтральной, и они хорошо отзываются на известкование.

Действие повышенной кислотности на растения можно разделить на прямое и косвенное.

*Прямое действие* обусловлено тем, что при высокой кислотности почвенного раствора ухудшаются рост и ветвление корней, проницаемость клеток корня (как следствие, ухудшается использование растениями воды и питательных веществ из почвы и удобрений), нарушается обмен веществ в растениях. Особенно чувствительны растения к повышенной кислотности почвы на ранних этапах роста. Однако обрабатываемые почвы обычно не содержат катионов водорода в токсичных для растений количествах, так как непосредственное токсичное влияние протонов на культурные растения наблюдается лишь при  $pH_{KCl} < 3,8$ , т.е. на очень сильнокислых почвах.

*Косвенное влияние* заключается в том, что кислые почвы имеют неблагоприятные физические, химические и биологические свойства. Коллоидная их часть бедна кальцием и другими основаниями, а насыщение водородом минеральных коллоидных частиц приводит к постепенному их разрушению. Кроме того, при кислой реакции в почвах сильно подавлена деятельность полезных почвенных микроорганизмов, особенно свободноживущих и клубеньковых азотфиксирующих бактерий. В этих условиях слабо протекает образование доступных для растений форм азота, фосфора и других питательных веществ вследствие ослабления минерализации органического вещества почвы. В то же время повышенная кислотность способствует развитию в почве грибной микрофлоры, среди которой высока доля паразитов и патогенных микроорганизмов.

Почвопокровные растения выступают как ландшафтообразующие элементы, благодаря которым возможно создание перспектив ближнего, среднего и дальнего плана с целью построения любой садово-парковой композиции. Важна также их экологическая роль поскольку за счёт активного фотосинтеза увеличивается продуцирование кислорода и фитонцидов, ингибирующих развитие патогенной микрофлоры. Почвопокровные растения не являются газонными, но могут использоваться как альтернатива газону. Некоторые почвопокровные растения, которые могут использоваться вместо газона: тимьян, клевер ползучий, копытень, живучка ползучая, барвинок.



**Выводы.** Таким образом, можно сделать вывод о том, что многие природные виды имеют широкую вариабельность окраски цветов, и при правильном подборе растений можно обеспечить непрерывную смену цветения одних растений на другие с ранней весны и до глубокой осени, создавая неповторимую картину цветочных композиций. Такие яркие окраски, как жёлтая, красная, оранжевая, лучше смотрятся на открытых солнечных местах. Пастельные окраски – лимонные, розовые, фиолетовые, голубые – лучше смотрятся в полутени. Белые соцветия, как правило, лучше смотрятся в тени [4].

### Литература

1. Воробейков, Г. А. Полевые и вегетационные исследования по агрохимии и фитофизиологии: учебное пособие / Г.А. Воробейков, В.П. Царенко, Н. Ф. Лунина. – Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2024. – 144 с. – ISBN 978-5-906109-12-5.
2. Экспериментальная агрохимия: учебное пособие / А. Н. Есаулко, О.Ю. Лобанкова, Е. В. Голосной [и др.]. – Ставрополь: АГРУС, 2021. – 188 с. – ISBN 978-5-9596-1804-9.
3. Милехина, Н. В. Ботаника. Раздел «Систематика»: учебно-методическое пособие для студентов, направления подготовки: 35.03.04 Агрономия, 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение, 35.03.07 Технология производства и переработки с/х продукции / Н. В. Милехина. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2024. – 63 с.
4. Гуревич, А. С. Русский тип ландшафтного парка: учебное пособие для направлений подготовки бакалавриата и магистратуры «Агрономия», «Агрохимия и агропочвоведение», «Ландшафтная архитектура» / А. С. Гуревич, Е.С. Роньжина. – Калининград: Калининградский государственный технический университет, 2015. – 37 с.

**Рябуха Дарина Михайловна**, студентка группы ЛА-5а ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [ryabuha.d.m-la-5a@donnasa.ru](mailto:ryabuha.d.m-la-5a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Самойлова Елена Эдуардовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика и прикладная химия», кафедры «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [e.e.samojlova@donnasa.ru](mailto:e.e.samojlova@donnasa.ru)

## THE USE OF GROUNDCOVER PLANTS ON LANDSCAPE ARCHITECTURE OBJECTS

*Abstract:* The article discusses the issue of rational use of groundcover plants for use in landscape architecture facilities.

*Keywords:* floral decoration, perennials, groundcover, urban landscaping.

**Ryabukha Darina Mikhailovna**, student of the LA-5a group of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Samojlova Helen**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Department of Technosphere Safety of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.



УДК 631.4:631.8

Чирва А.В.,

студ. гр. ЛА-5а ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.т.н., доцент Самойлова Е.Э.,

доцент кафедры «Физика и прикладная химия»

ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НИТРАТНОГО АЗОТА В СИСТЕМАХ ПОЧВА - РАСТЕНИЯ И ПОЧВА - ВОДНАЯ СРЕДА**

*Аннотация:* В статье рассматривается вопрос влияния минеральных и органических удобрений на распределение нитратного азота в системах почва - растения и почва - водная среда.

*Ключевые слова:* почва, растение, минеральные удобрения, органические удобрения, водная среда.

**Введение.** На сегодня основной проблемой агропромышленности является повышение урожайности культурных растений. Для этого в сельском хозяйстве используются не только достижения селекции, но и технологии, предусматривающие интенсивное применение органических и минеральных удобрений, что ведет на сельскохозяйственных территориях к преобразованию естественных биоценозов в искусственные [1].

**Постановка задачи.** Рассмотреть и проанализировать воздействие минеральных и органических удобрений на распределение нитратного азота в системах «почва – растения» и «почва - водная среда».

**Результаты.** Негативное влияние органических и минеральных удобрений на естественный биоценоз связано, прежде всего, с изменением направленности процессов трансформации нитратного азота в почве; изменением потоков

миграции нитратного азота не только в почве, но и в водных экосистемах; увеличением объема газообразных азотистых соединений [1].

Для удовлетворения внутренних потребностей населения РФ в продукции агропромышленного комплекса необходимо получать увеличивать урожайность сельскохозяйственных культур, что возможно только при использовании минеральных и органических удобрений, в частности, азотных. Несмотря на интенсивный рост внутреннего производства азотных удобрений, в сельском хозяйстве азот остается наиболее дефицитным элементом питания, ограничивающим урожайность агропромышленных культур практически во всех регионах РФ. Это связано с тем, что нитратный азот интенсивно мигрирует с влагой не только в почве, но и в глобальной экосистеме (рисунок 1).

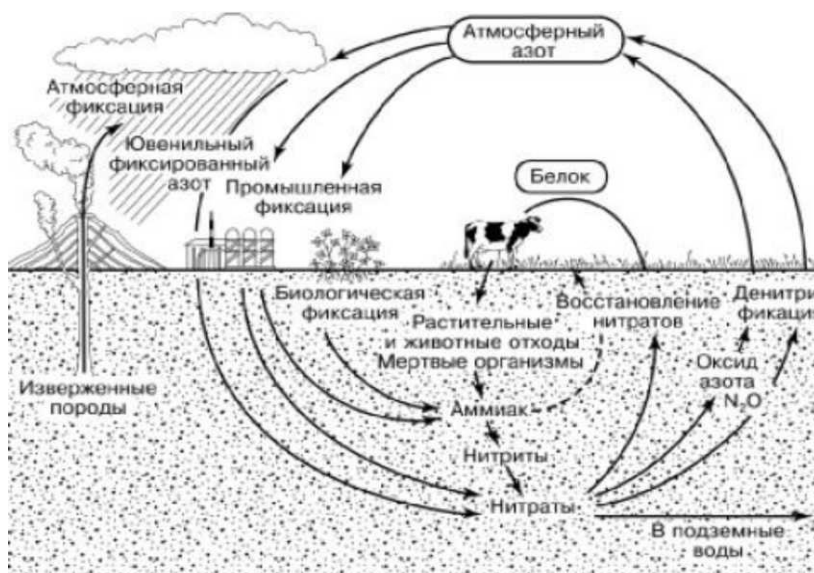


Рисунок 1. Круговорот азота в экосистеме (Делвич, 1972)

Отметим, что основными источниками азота в почве, который затем выступает элементом питания для растений, являются: азот почвы, биологический азот, технический азот. В агропромышленном комплексе России роль и значимость этих видов азота в азотном балансе в разные периоды времени были различны. До наступления эпохи производства минеральных удобрений практически единственным источником был азот почвы [2]. Нитраты и обменный аммоний являются основными источниками азота, обеспечивающими азотное питание растений в сельском хозяйстве. Содержание минеральных форм

азота в почве зачастую нестабильно и зависит от многих факторов, в частности, от гранулометрического и минералогического состава почвы, количества осадков, температуры и влажности почвы, вида выращиваемой сельскохозяйственной культуры и микробиологических процессов – аммонификации, нитрификации, денитрификации. Химические соединения азота не аккумулируются в верхнем слое почвы в больших количествах, так как не только напрямую потребляются растениями, но и частично преобразуются микроорганизмами в органическую форму (Сычев, Лунев, Кузнецов).

Соединения азота свободно перемещаются в почве и могут вымываться из верхнего слоя дренажными водами и осадками. Вымывание этих соединений из тяжелых глинистых почв под растениями как правило незначительно (примерно 3-5 кг на 1 га). В тоже время на легких песчаных почвах, при условии достаточного увлажнения, в том числе орошаемого земледелия, вымывание азотных соединений может значительно возрасть (30-50 кг на 1 га и более).

Вымывание азота из почвы происходит в результате поверхностного и внутрипочвенного стоков (рисунок 2). Интенсивность вымывания азотных соединений зависит от количества осадков, объема полива на орошаемых сельскохозяйственных землях, рельефа местности, наличия растительного покрова, вида почвы, системы технологий выращивания культур (применение агроволокна и пр.). Вымывание азота из почвы может частично компенсироваться его поступлением с атмосферными осадками, однако объем азотных соединений в них крайне незначителен.



Рисунок 2. Поверхностный сток дождевых осадков

Вымывание азота из верхних слоев почвы за счёт ведет к снижению их плодородия и падению урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур. В свою очередь, поступление нитратного азота в грунтовые воды может привести к ряду экологических последствий и нарушению экологического равновесия в экосистеме, и в частности, к повышению концентрации азотных соединений в питьевой воде.

Эвтрофикация (гипертрофикация) – это процесс обогащения воды питательными веществами, в частности азотсодержащими или фосфорсодержащими веществами, которые вызывают ускоренный рост водорослей и высших растений, что ведет к нарушению баланса водной среды и экосистемы в целом (рисунок 3). Эвтрофикация водоемов представляет собой естественный процесс, протекание которого обусловлено геохимической миграцией в ландшафтах биофильных элементов, однако применение минеральных удобрений в агропромышленном комплексе является главной антропогенной причиной эвтрофикации водоемов. Азот и фосфор – ключевые химические элементы в процессе эвтрофикации – вымываются из сельскохозяйственных почв в поверхностные воды (при поверхностном стоке осадков), и избыток питательных веществ ведет к нарушению баланса макроэлементов. В естественных условиях, из-за ограниченного поступления биогенных микроэлементов, этот процесс происходит на протяжении нескольких тысячелетий, но под воздействием антропогенных факторов, в особенности применения минеральных и органических удобрений в сельском хозяйстве, концентрация азота и фосфора в водоемах повышается в несколько сотен раз. Это ведет к крайне быстрому переходу водоемов от одного трофического уровня к другому, что чаще всего приводит к заболачиванию водоемов [3].





Рисунок 3. Эвтрофикация водоема

Вымывание азота из почвы происходит также вследствие процесса денитрификации – естественного процесса восстановления нитратного азота до свободного молекулярного азота ( $N_2$ ) или до газообразных соединений – окиси и закиси азота ( $NO$  и  $N_2O$ ). Этот процесс происходит вследствие влияния денитрифицирующих бактерий и активно происходит в анаэробных условиях в тяжелых щелочных почвах при наличии достаточного количества органической клетчатки. Денитрификация постоянно протекает в условиях реакций разложения в почве, так как в почве неизбежно возникают анаэробные микрзоны, а диапазон условий для развития денитрифицирующих бактерий достаточно широкий. Потери концентрации азота при денитрификации нитратов, возникающих при нитрификации аммиачного азота почвы и вносимых аммиачных азотных удобрений и мочевины, а также из нитратных азотных удобрений, достаточно существенны. Исследования процессов внесения азотных соединений в почву показали, что потери азота аммиачных удобрений составляют около 20%, а нитратных – до 30% и более внесенного количества.

Преобразование нитратного азота в газообразную форму являются источником загрязнения атмосферы. Этот процесс связан с процессами денитрификации, нитрификации и аммонификации, проходящими в почве с

участием денитрифицирующих бактерий. По обобщенным данным 80 полевых исследований, газообразные потери азота составляют примерно 26% от всего внесенного в почву азота. Исследования показали, что улетучивание азота происходит в основном в форме  $N_2$ ,  $NO_2$  и  $HN_3$ . Величина газообразных потерь азота возрастает при внесении высоких доз удобрений и их мелкой заделке. Ранее загрязнение атмосферы газообразными соединениями азота не считалось важным фактором загрязнения окружающей среды, поскольку наблюдающееся при этом возрастание концентрации азота в приземном слое воздуха не превышало ПДК (Макаров, 1982), однако сейчас стало известно о влиянии соединений азота на озоновый слой стратосферы.

**Выводы.** Таким образом, можно сделать вывод, что неправильно организованное внесение минеральных удобрений, а также внесение повышенных доз азотных удобрений может привести к снижению урожайности и нарушению экосистемы.

### Литература

1. Свойства, получение и применение минеральных удобрений: учебное пособие / Б. А. Дмитриевский, В. И. Юрьева, В. А. Смелик [и др.]. – Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2024. – 325 с. – ISBN 978-5-903090-84-6.
2. Экспериментальная агрохимия: учебное пособие / А. Н. Есаулко, О.Ю. Лобанкова, Е. В. Голосной [и др.]. – Ставрополь: АГРУС, 2021. – 188 с. – ISBN 978-5-9596-1804-9.
3. Химия и основы технологии минеральных удобрений: учебник / И.А. Петропавловский, Б. А. Дмитриевский, Б. В. Левин, И. А. Почиталкина ; под редакцией И. А. Петропавловского. – Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2024. – 344 с. – ISBN 978-5-6045308-6-3.

**Чирва Анна Владимировна**, студентка группы ЛА-5а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.



e-mail: [chirva.a.v-la-5a@donnasa.ru](mailto:chirva.a.v-la-5a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Самойлова Елена Эдуардовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика и Прикладная химия», кафедры «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [e.e.samojlova@donnasa.ru](mailto:e.e.samojlova@donnasa.ru)

### **THE EFFECT OF MINERAL AND ORGANIC FERTILIZERS ON THE DISTRIBUTION OF NITRATE NITROGEN IN SOIL-PLANT AND SOIL-AQUATIC SYSTEMS**

*Abstract:* The article discusses the influence of mineral and organic fertilizers on the distribution of nitrate nitrogen in soil-plant and soil-aquatic systems.

**Keywords:** soil, plant, mineral fertilizers, organic fertilizers, aquatic environment.

**Chirva Anna**, student of the LA-5a group of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

**Samojlova Helen**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Department of Technosphere Safety of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 86123, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.



УДК 536.777

Шакиров Д.Ю.,

студ. группы ААХм-26а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.т.н., доцент Фролова С.А.,

заведующий кафедрой физики и прикладной химии,

кандидат химических наук, доцент, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## АНАЛИЗ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ INBI И IN<sub>2</sub>BI В КВАЗИРАВНОВЕСНЫХ И НЕРАВНОВЕСНЫХ УСЛОВИЯХ

*Аннотация.* Методом совмещенного циклического и дифференциального термического анализов рассмотрена кинетика кристаллизации химических соединений InBi и In<sub>2</sub>Bi. Установлено, что соединение In<sub>2</sub>Bi кристаллизуется квазиравновесно независимо от перегрева расплава, а соединение InBi – с предварительным предкристаллизационным переохлаждением  $\approx 16$  К. Рассчитаны термодинамические активности соединений InBi и In<sub>2</sub>Bi, их компонентов In и Bi.

*Ключевые слова:* термический анализ, двухкомпонентный сплав, переохлаждение, термодинамическая активность

**Введение.** Легкоплавкие металлы висмут и индий находят широкое применение в различных областях науки и техники. Чистый висмут применяется в измерителях магнитных полей; для производства баббитов (подшипниковых сплавов); колпаков бронебойных снарядов; жидкостей для термометров; теплоносителей атомных реакторов; плавких предохранителей; вместе с индием для производства безсвинцовых припоев и т.п. Чистый индий применяется при производстве фотоэлементов; в микроэлектронике как «акцепторная примесь»;

напыление индием применяется в отражающих частях фар машин; в космонавтике и авиапромышленности используют в производстве герметизирующих прокладок иллюминаторов и т.п. Соединения  $\text{InBi}$  и  $\text{In}_2\text{Bi}$  также находят широкое применение. Они используются в электронике для создания полупроводниковых приборов, таких как диоды, транзисторы, солнечные батареи. Высокие оптические свойства этих соединений могут быть использованы в производстве оптоэлектронных устройств, таких как лазеры, оптические волокна, фоточувствительные детекторы. Исследования по их применению продолжаются [1, 2].

**Постановка задачи.** Целью данной работы является сравнительный анализ кинетики кристаллизации элементарных висмута и индия, устойчивых интерметаллидов  $\text{InBi}$  и  $\text{In}_2\text{Bi}$ , охлажденных в одинаковых условиях, а также расчет термодинамической активности и коэффициентов активности при кристаллизации соединений  $\text{InBi}$  и  $\text{In}_2\text{Bi}$ .

Индий и висмут образуют диаграмму состояния с образованием устойчивых соединений (рис. 1) со стехиометрическим весовым соотношением:  $\text{InBi}$  ( $\text{In}+64,6$  вес. %  $\text{Bi}$ ) и  $\text{In}_2\text{Bi}$  ( $\text{In}+47,7$  вес. %  $\text{Bi}$ ).

Методом совмещенного циклического и дифференциального термического анализ [3] исследовано влияние величины перегрева  $\Delta T^+$  расплав относительно температур кристаллизации  $T_L$  на степень предельного предкристаллизационного переохлаждения  $\Delta T_{np}$  ( $\Delta T_L = T_L - T_{np}$ , где  $T_{np}$  – минимальная (предельная) температура в области переохлаждения, при которой начинается кристаллизация). Химические соединения готовили сплавлением компонентов висмута и индия (марки ОСЧ) соответствующего состава общей массой 4 г. При сплавлении компоненты нагревали в алуновом тигле на 100 К выше температуры плавления  $\text{Bi}$  (вещество с более высокой температурой плавления), и перемешивали до полного растворения. Термоциклирование всех образцов (5 шт.) проводилось в одинаковых условиях в т.н. «безградиентной» печи сопротивления, специально сконструированной для метода ЦТА. Температуру измеряли хромель-копелевой (ХК) термопарой с помощью

цифрового термометра UT325 с выходом на персональный компьютер. Погрешность измерения температуры составляла  $\sim 0,1$  К. Скорость охлаждения была  $\sim 0,6-0,7$  К/с. Достоверность результатов подтверждалась повторяемостью результатов на основании 50 термоциклов. Об образовании соединений  $\text{In}_2\text{Bi}$  и  $\text{InBi}$  судили по реперным точкам (температурам плавления  $T_L^{\text{InBi}} = 383$  К;  $T_L^{\text{In}_2\text{Bi}} = 362$  К) при термическом анализе и данным рентгеноструктурного анализа.

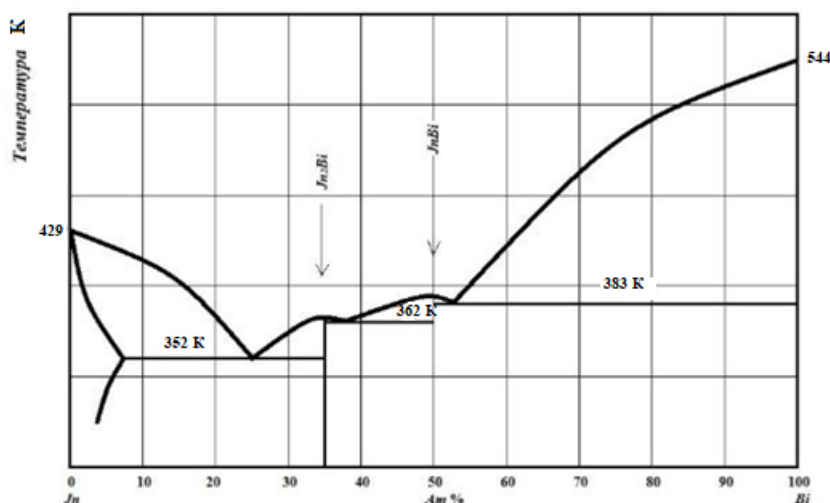


Рис. 1. Диаграмма состояния сплавов в системе In-Bi

**Результаты исследований.** Результаты термоциклических исследований приведены ниже.

Для элементарного висмута установлен эффект «скачкообразного» перехода от квазиравновесной кристаллизации (КРК) к неравновесно-взрывной (НВК) [4,5], т.е. существует такая критическая температура  $T_K^+ \approx 554$  К, нагрев выше или ниже которой меняет характер кристаллизации. Т.е. после нагрева расплава висмута до температур меньше  $T_K^+$  и охлаждении со скоростью  $\sim 0,6-0,7$  К/с кристаллизация происходила почти без переохлаждения ( $\Delta T_{np}^{\text{Bi}} \approx 1,5$  К), т.е. квазиравновесно. Стоило прогреть расплав до температуры  $T_K^+$  и выше, и кристаллизация наступала при достаточном переохлаждении  $\Delta T_{np}^{\text{Bi}} \approx 30$  К, величина которого не менялась независимо от перегрева жидкой фазы до 150 К.

На рис. 1 (кривая 4) для *Bi* этот эффект приведен в координатах  $\Delta T_{np}^{Bi} = f(\Delta T^+)$ . Дальнейший перегрев выше  $T_K^+$  на  $\sim 100$  К не влиял ни на характер кристаллизации, ни на величину предельного переохлаждения  $\Delta T_{np}^{Bi} \approx 30$  К.

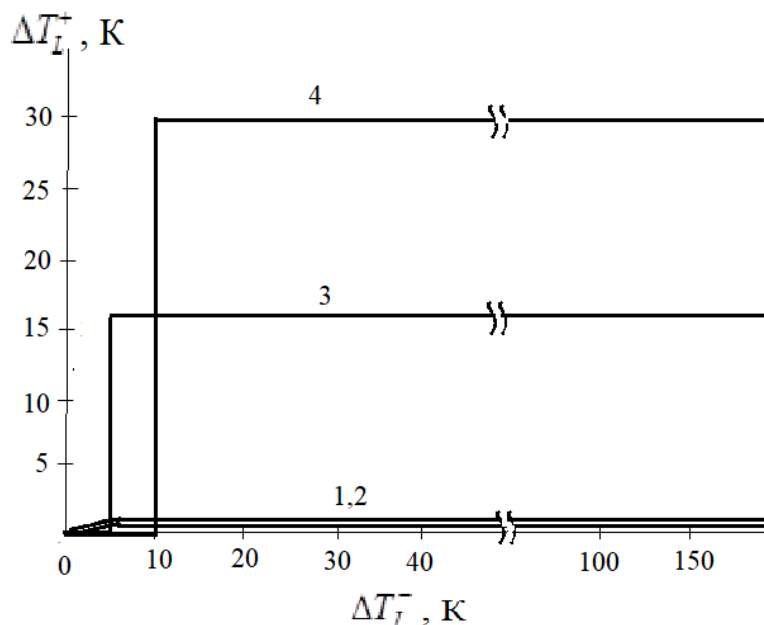


Рис. 2. Зависимость предельного переохлаждения от перегрева расплавов In (кривая 1),  $\text{In}_2\text{Bi}$  (кривая 2),  $\text{InBi}$  (кривая 3), *Bi* (кривая 4)

Кристаллизация индия (рис. 2 (кривая 1)) независимо от перегрева  $\Delta T^+$  до 100 К всегда носила квазиравновесный характер с предельным переохлаждением  $\Delta T_{np}^{In} \approx 1,5\text{--}2$  К [4, 6].

При образовании соединений  $\text{InBi}$  и  $\text{In}_2\text{Bi}$  наблюдается та же тенденция, что и для чистых висмута и индия. Кристаллизация  $\text{InBi}$  «похожа» на кристаллизацию чистого висмута, а  $\text{In}_2\text{Bi}$  – чистого индия.

Зависимость  $\Delta T_{np}^{In_2Bi} = f(\Delta T^+)$  показана на рис. 2 (кривая 2), из которой видно, что кристаллизация независимо от перегрева  $\Delta T^+$  до 100 К проходила квазиравновесно, почти без переохлаждения ( $\Delta T_{np}^{In_2Bi} \approx 1\text{--}1,5$  К). Авторами работ [7, 8] установлено, что при кристаллизации соединения  $\text{In}_2\text{Bi}$  в температурной области от  $T_L$  до перегрева на 150 К атомы In и *Bi* размещены так же, как и в твердой фазе. Часть атомов (30÷40%) располагаются так как в твердом  $\text{In}_2\text{Bi}$ , а

другая часть образует области преимущественно из чистых компонентов индия и висмута. Соединение  $\text{In}_2\text{Bi}$  как в жидком, так в и твердом состояниях имеет почти одинаковый ближний порядок. При дальнейшем нагревании двухкомпонентного расплава, микрообласти с чистыми химическими элементами размываются и образуется распределение атомов с плотной упаковкой. Следовательно, при охлаждении расплавленного  $\text{In}_2\text{Bi}$  от любой температуры в интервале  $512 \text{ K} \div T_L$  в жидкой фазе имеются кристаллоподобные кластеры, готовые к квазиравновесной кристаллизации.

Зависимость  $\Delta T_{np}^{\text{InBi}} = f(\Delta T_K^+)$  показана на рис. 2 (кривая 3). Для соединения  $\text{InBi}$  критическая температура нагрева составила  $T_K^+ \approx 392 \text{ K}$  с предельным переохлаждением  $\Delta T_{np}^{\text{InBi}} \approx 1-1,5 \text{ K}$ , а переохлаждение при нагреве выше температуры  $T_K^+$  составило  $\Delta T_{np}^{\text{InBi}} \approx 16 \text{ K}$ , которое не меняло свое значение при перегревах до  $150 \text{ K}$ .

Авторы работы [9] объясняют наличие температуры  $\Delta T_K^+$  тем, что при ней частично или полностью распадаются кластеры и при кристаллизации выше  $\Delta T_K^+$  квазиравновесная кристаллизация не наблюдается, и ниже температуры плавления расплав переохлаждается. А при охлаждении от температур  $T_L \div \Delta T_K^+$  расплав кристаллизуется квазиравновесно.

Анализируя процесс кристаллизации чистых веществ и их соединений, актуальным стал вопрос расчета активности химических веществ и их соединений, затвердевающих как в квазиравновесных, так и в неравновесных условиях.

Термодинамическая активность значительно влияет на создание фазовых диаграмм, которые демонстрируют поведение веществ при различных температурах и давлениях. Она помогает учитывать взаимодействия между частицами в растворах и расплавах, что в свою очередь способствует более точному прогнозированию их свойств и поведения. Также термодинамическая активность применяется для вычисления изменений свободной энергии Гиббса как движущей силы кристаллизации.

Активности In, Bi, InBi и In<sub>2</sub>Bi на момент начала квазиравновесной кристаллизации (вещество кристаллизуется с минимальным переохлаждением) соединения InBi обозначили  $a_{In}^{InBi}$ ,  $a_{Bi}^{InBi}$ ,  $a_{InBi}$  при температуре кристаллизации  $T_L^{InBi}$ , а активности  $a_{In}^{In_2Bi}$ ,  $a_{Bi}^{In_2Bi}$ ,  $a_{In_2Bi}$  - при температуре кристаллизации  $T_L^{In_2Bi}$  соединения In<sub>2</sub>Bi.

Активности рассчитывали по уравнению Шредера [10]:

$$a_{In}^{InBi} = \exp\left[\frac{\Delta H_L^{In}}{R}\left(\frac{1}{T_L^{In}} - \frac{1}{T_{InBi}}\right)\right] \quad (1)$$

$$a_{Bi}^{InBi} = \exp\left[\frac{\Delta H_L^{Bi}}{R}\left(\frac{1}{T_L^{Bi}} - \frac{1}{T_{InBi}}\right)\right] \quad (2)$$

$$a_{InBi} = \exp\left[\frac{\Delta H_L^{InBi}}{R}\left(\frac{1}{T_L^{InBi}} - \frac{1}{T_{InBi}}\right)\right], \quad (3)$$

$$a_{In}^{In_2Bi} = \exp\left[\frac{\Delta H_L^{In}}{R}\left(\frac{1}{T_L^{In}} - \frac{1}{T_{In_2Bi}}\right)\right], \quad (4)$$

$$a_{Bi}^{In_2Bi} = \exp\left[\frac{\Delta H_L^{Bi}}{R}\left(\frac{1}{T_L^{Bi}} - \frac{1}{T_{In_2Bi}}\right)\right] \quad (5)$$

$$a_{In_2Bi} = \exp\left[\frac{\Delta H_L^{In_2Bi}}{R}\left(\frac{1}{T_L^{In_2Bi}} - \frac{1}{T_{In_2Bi}}\right)\right], \quad (6)$$

где  $\Delta H_L^{In}$ ,  $\Delta H_L^{Bi}$ ,  $\Delta H_L^{InBi}$ ,  $\Delta H_L^{In_2Bi}$  – энтальпии плавления индия (3,27 кДж/моль), висмута (11,43 кДж/моль), соединения InBi (9,8 кДж/моль) и соединения In<sub>2</sub>Bi (14,4 кДж/моль) [10,11];  $T_L^{In} = 429,3$  К,  $T_L^{InBi} = 544,6$  К,  $T_L^{InBi} = 383$  К,  $T_L^{In_2Bi} = 362$  К – температуры плавления индия, висмута, соединений InBi и In<sub>2</sub>Bi;  $T_{InBi}$ ,  $T_{In_2Bi}$  – температуры квазиравновесной кристаллизации соединений InBi и In<sub>2</sub>Bi;  $R=8,31$  Дж/(моль·К).

Поскольку соединение InBi кристаллизуется неравновесно при температурах ниже  $T_L^{InBi}$ , то представлял интерес расчет активности данного соединения при температуре  $T_{np}^{InBi}$ , а также для сравнения – Bi и In. Для расчета активностей использовали величину предельного переохлаждения этого

соединения ( $\Delta T_{np}^{InBi} = 16 \text{ K}$ ; тогда  $T_{np}^{InBi} = T_L^{InBi} - \Delta T_{np}^{InBi}$ ). Обозначим активность InBi на границе метастабильности  $\beta_{InBi}$ , а активности Bi и In соответственно  $\beta_{In}^{InBi}$ ,  $\beta_{Bi}^{InBi}$ . В таком случае уравнения (1-3) примут вид:

$$\beta_{In}^{InBi} = \exp\left[\frac{\Delta H_L^{In}}{R}\left(\frac{1}{T_L^{In}} - \frac{1}{T_{np}^{InBi}}\right)\right] \quad (7)$$

$$\beta_{Bi}^{InBi} = \exp\left[\frac{\Delta H_L^{Bi}}{R}\left(\frac{1}{T_L^{Bi}} - \frac{1}{T_{np}^{InBi}}\right)\right] \quad (8)$$

$$\beta_{InBi} = \exp\left[\frac{\Delta H_L^{InBi}}{R}\left(\frac{1}{T_L^{InBi}} - \frac{1}{T_{np}^{InBi}}\right)\right] \quad (9)$$

Значения активностей In, Bi, InBi и In<sub>2</sub>Bi при квазиравновесной и неравновесной кристаллизациях приведены в таблице.

Таблица 1. Активности  $a_{In}^{InBi}$ ,  $a_{Bi}^{InBi}$ ,  $a_{InBi}$ ,  $a_{In}^{In_2Bi}$ ,  $a_{Bi}^{In_2Bi}$ ,  $a_{In_2Bi}$  при квазиравновесной и  $\beta_{InBi}$ ,  $\beta_{In}^{InBi}$ ,  $\beta_{Bi}^{InBi}$  при неравновесной кристаллизациях

$T, \text{K}$	$a_{In}^{InBi}$	$a_{Bi}^{InBi}$	$a_{InBi}$	$a_{In}^{In_2Bi}$	$a_{Bi}^{In_2Bi}$	$a_{In_2Bi}$	$\beta_{InBi}$	$\beta_{In}^{InBi}$	$\beta_{Bi}^{InBi}$
$T_{InBi}$ =382	0,3723	0,0058	0,9992						
$T_{In_2Bi}$ =361				0,2209	0,0021	0,9987			
$T_{np}^{InBi}$ 367							0,9867	0,2580	0,0029

**Выводы.** Анализируя значения, приведенные в таблице 1, можно сделать вывод, что активность химического соединения InBi (0,9992) при квазиравновесной кристаллизации выше, чем активность In<sub>2</sub>Bi (0,9987) при таких же условиях. А вот активность того же InBi в квазиравновесных условиях и неравновесных различные: 0,9992 и 0,9867. Активности же химических элементов вблизи температуры плавления и в метастабильной области всегда меньше, чем активности химических соединений. Как было написано ранее в



работах [7, 8] рентгеноструктурных анализом жидкого состояния выявлено наличие готовых кластеров этих соединений в некотором диапазоне выше температуры плавления. Активность индия выше, чем активность висмута, но все-таки она ниже, чем у химических соединений InBi и In<sub>2</sub>Bi.

#### Литература

1. Филиппов, В. В. Вязкость расплавов InBi–Pb / В.В. Филиппов, К.Ю. Шуняев // Расплавы. –2020. – № 5. – С. 541-547.
2. Yakymovych, A. The competition between InBi- and InBi-like atomic distributions before solidification / A. Yakymovych, S. Mudry, Ch. Luff, H. Ipsen. // Chem. Met. Alloys: Ivan Franko National University. – Lviv. – 2008. – № 1. – Pp. 159-162.
3. Александров, В.Д. Способ совмещенного циклического и дифференциального анализа / В.Д. Александров, В.А. Постников, С.А. Фролова, С.В. Прокофьев // Патент на изобретение. – 2008. – № 83721. – Бюл. № 15 от 11.08.2008.
4. Александров, В.Д. Кинетика зародышеобразования и массовой кристаллизации переохлажденных расплавов и аморфных сред / В.Д. Александров. – Донецк: Донбасс, 2011. – 591 с.
5. Александров, В.Д. Влияние термовременной обработки жидкой фазы на кристаллизацию сплавов в системе Sn–Bi / В.Д. Александров, С.А. Фролова // Расплавы. – Москва, 2003. – № 3. – С. 14-21.
6. Александров, В.Д. Особенности кристаллизации эвтектического сплава в системе галлий-индий / В.Д. Александров, С.А. Фролова // Металлы. – Москва, 2021. – № 2. – С. 65-70.
7. Татаринова, Л.И. Структура твердых, аморфных и жидких веществ / Л.И. Татаринова. – Москва: Наука, 1983. – 150 с.
8. Скрышевский, А.Ф. Структурный анализ жидкостей и аморфных тел / А.Ф. Скрышевский – Москва: Высшая Школа. – 1980. – 328 с.

9. Ладьянов, В.И. Влияние температуры расплава на кристаллизацию и свойства сплава Fe+10 ат. %Si / В.И. Ладьянов, И.В. Стяжкина, Л.В. Камаева // Перспективные материалы. – 2010. – С. 251-254.

10. Глазов В.М. Основы физической химии. Учебное пособие для ВТУЗов / Глазов В.М. – М.: Высшая школа, 1981. – 456 с.

**Шакиров Дмитрий Юрьевич**, студент группы ААХм-26а, ФБГОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [shakirov.d.yu-aahm-26a@donnasa.ru](mailto:shakirov.d.yu-aahm-26a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Фролова Светлана Александровна**, заведующий кафедрой физики и прикладной химии, кандидат химических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [s.a.frolova@donnasa.ru](mailto:s.a.frolova@donnasa.ru)

## **ANALYSIS OF THE THERMODYNAMIC ACTIVITY OF INBI AND IN<sub>2</sub>BI COMPOUNDS UNDER QUASI-EQUILIBRIUM AND NONEQUILIBRIUM CONDITIONS**

*Annotation.* The kinetics of crystallization of chemical compounds InBi and In<sub>2</sub>Bi is considered by the method of combined cyclic and differential thermal analyses. It was found that the In<sub>2</sub>Bi compound crystallizes quasi-equilibriously regardless of melt overheating, and the InBi compound crystallizes with a preliminary pre-crystallization overcooling of  $\approx 16$  K. The thermodynamic activities of InBi and In<sub>2</sub>Bi compounds and their In and Bi components have been calculated.

*Keywords:* thermal analysis, two-component alloy, overcooling, thermodynamic activity

**Shakirov Dmitry**, a student of the AAHm-26a group, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Frolova Svetlana Aleksandrovna**, Head of the Department of Physics and Applied Chemistry, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.



УДК 543.57

к.т.н., доцент Покинтелица Е.А.,  
доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **ТЕРМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ПЕРЕОХЛАЖДЕННЫХ РАСПЛАВОВ**

*Аннотация.* Рассмотрены термические методы исследования кристаллизации переохлажденных расплавов.

*Ключевые слова:* циклический термический анализ, дифференциальный термический анализ, кристаллизация.

**Введение.** Кристаллизация переохлажденных расплавов представляет собой сложный процесс, который играет важную роль в различных областях, от материаловедения до фармацевтики. Понимание механизмов кристаллизации в условиях переохлаждения имеет значительное значение для разработки новых материалов с улучшенными свойствами.

Термические методы исследования являются ключевым инструментом для изучения процессов кристаллизации в переохлажденных расплавах. Эти методы позволяют нам глубже погрузиться в динамику образования кристаллической структуры и понять влияние различных параметров на характеристики кристаллизации.

**Постановка задачи.** Рассмотреть основные термические методы исследования кристаллизации переохлажденных расплавов, их применение в современных исследованиях, а также значимость полученных данных для развития новых материалов и технологий.

**Результаты.** Для изучения фазовых переходов первого рода широко применяются различные термодинамические методы: термический анализ (ТА), дифференциальный термический анализ (ДТА), дифференциальная

сканирующая калориметрии (ДСК), термогравиметрический анализ (ТГА) и другие [1-3]. Наибольшей популярностью пользуются ДТА и обычный термический анализ (ТА), который в контексте проводимых нами исследований был модифицирован и получил название циклического термического анализа (ЦТА) [4]. Каждый из этих подходов обладает своими достоинствами и недостатками. Кажется даже, что они представляют собой взаимодополняющие техники: слабые стороны ДТА компенсируются преимуществами ЦТА, и наоборот. Регистрация тепловых процессов в координатах «температура – время» признается не очень информативной. Например, при использовании объемных тиглей разница температур между стенкой тигля и исследуемым образцом может составлять 100-150°C [3]. Это затрудняет выявление незначительных тепловых изменений на графиках. Вероятно, это связано с использованием больших порций вещества или значительным объемом пространства внутри печи по сравнению с объемом анализируемого образца. Дифференциальная термометрия, основанная на регистрации разности температур (между образцом и эталонным веществом) во времени, демонстрирует более высокую чувствительность к тепловым эффектам. Кроме того, ДТА позволяет с высокой точностью определять величины энтальпий фазовых переходов, поскольку они не зависят от скорости нагрева и охлаждения. В методе ТА для достижения этой цели требуется создание специальных условий, например, посредством автоматизации процесса для поддержания постоянной скорости изменения температуры. ДТА, в свою очередь, не лишен недостатков: сложность точного определения начала и конца тепловых эффектов, зависимость результатов от положения термопары в образце (в ТА такой зависимости нет), а также от стабильности и надежности эталона. Для наглядной демонстрации преимуществ ДТА перед ТА часто приводят совместные термограммы, полученные с использованием обоих методов.

Для эффективного использования обоих методов для анализа тепловых эффектов при фазовых превращениях, прежде всего, пошли по пути усиления чувствительности метода ТА. Этого добивались не только техническими

средствами за счёт использования более чувствительной аппаратуры и автоматизации записей термограммы. Был разработан способ повышения чувствительности за счёт циклического нагрева и охлаждения вещества в определенном температурном интервале по заданной программе [4-5]. Интервал температур выбирался таким, чтобы он охватывал тот или иной фазовый переход; при этом нижний предел этого интервала поддерживался постоянным, а верхний предел систематически поднимался (либо опускался) на один-два градуса выше (ниже) верхней границы предыдущего цикла. Это достигалось за счёт включения и выключения печи в определённые моменты времени (т.е. за счёт тепловой инерции печи), что позволяло свести до минимума температурные градиенты между печью и образцом, а также между различными частями исследуемого вещества. В этом случае резко возрастала чувствительность метода к различным эндо- и экзоэффектам. Этот эффект похож на принцип действия ДТА, при котором чувствительность измерительной аппаратуры достигалась уменьшением температурных градиентов за счёт использования эталонного вещества. На рис. 1 приведены циклические термограммы нагрева и охлаждения сплавов различных веществ по методу ЦТА.

Для демонстрации «усиленного» варианта метода ЦТА на рис. 2 приведены схематические кривые нагрева и охлаждения, характеризующие плавление и кристаллизацию. Для сравнения на том же рисунке показаны соответствующие ДТА-граммы.

Проанализируем кривые ЦТА и посмотрим какую информацию можно из них извлечь. Многочисленные исследования [6] методами термического анализа, свидетельствуют о двух разновидностях процесса кристаллизации: квазиравновесной (КРК), происходящей при практическом отсутствии переохлаждения (рис. 2, участок II) и неравновесно-взрывной (НРВК) из

переохлаждённого состояния (участок III). При нагреве твёрдой фазы в том и другом случаях (участок I) по линии плато  $bc$  при температуре плавления  $T_L$  за время  $\tau_L$  оно плавится. За это время происходит поглощение теплоты  $Q_L = m\Delta H_{LS}$ , где  $m$  – масса образца,  $\Delta H_{LS}$  – энтальпия плавления. Количество теплоты принято определять по заштрихованной площади  $bcd\delta b$ . При одинаковой чувствительности методов ЦТА и ДТА эти площади равнозначны друг другу (на рис. 2. кривые, полученные методами ЦТА и ДТА, совмещены).

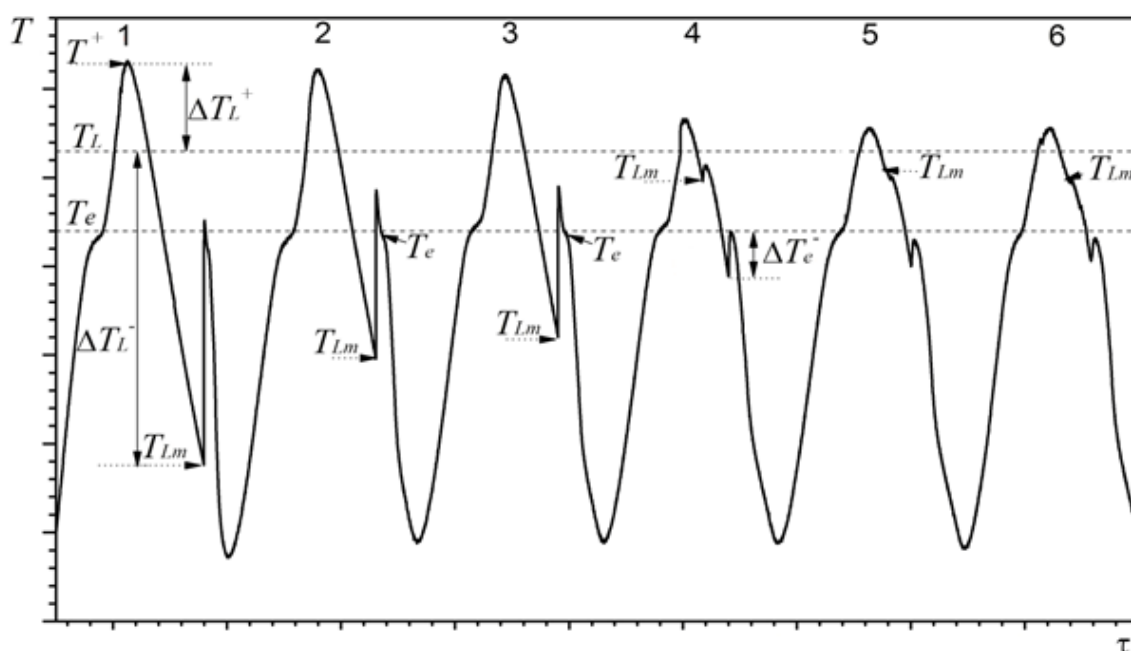


Рис. 1. Серия термоциклов плавления и кристаллизации сплава, характеризующая влияние перегрева  $\Delta T_L^+$  жидкой фазы на предкристаллизационные переохлаждения, как относительно температуры ликвидуса  $\Delta T_L^-$ , так и относительно эвтектической температуры  $\Delta T_e^-$ .

Запись слева направо

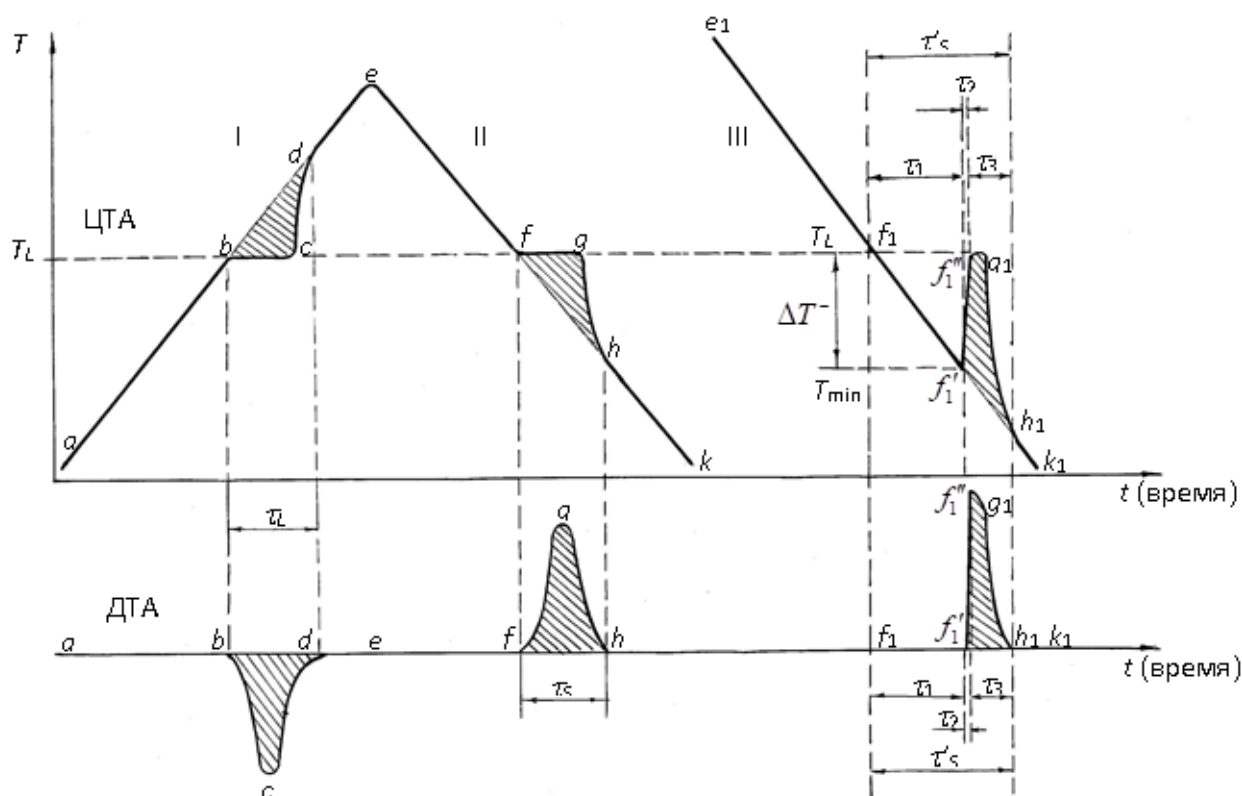


Рис. 2. Термограммы ЦТА и ДТА, характеризующие плавление (I), равновесную кристаллизацию (II) и неравновесную кристаллизацию из переохлаждённого состояния (III)

При охлаждении расплава и дальнейшей квазиравновесной кристаллизации затвердевание происходит по линии плато  $fg$  за время  $\tau_S$ . Заштрихованная площадь  $ghf$  символизирует теплоту кристаллизации  $Q_S = m\Delta H_{SL}$ , где  $\Delta H_{SL}$  – энтальпия кристаллизации. При равенстве всех условий плавления и равновесной кристаллизации (скорости нагрева и охлаждения, массы образцов, внешних воздействии пр.) площади фигур, вырисовываемые как при плавлении  $bcd$ , так и при КРК  $ghf$  (методами ЦТА и ДТА) одинаковы, следовательно  $Q_S = Q_L$  и  $\Delta H_{LS} = \Delta H_{SL}$ .

Рассмотрим кристаллизацию с переохлаждением (рис. 2, участок III). При охлаждении расплава из точки  $e_1$  до точки  $f'_1$  (в особенности, от точки  $f_1$  до точки  $f'_1$ ) на термограмме какие-либо экзотермические эффекты не фиксируются. Принято считать, что в точке  $f'_1$  при температуре  $T_{Lmin}$ , т.е. при некотором



предкристаллизационном переохлаждении  $\Delta T^- = T_L - T_{min}$  начинается затвердевание расплава через определенный инкубационный период времени  $\tau_1$  (т.е. времени понижения температуры от точки  $f_1$  до точки  $f_1'$ ). Далее температура поднимается от температуры  $T_{min}$  (в точке  $f_1'$ ) до температуры плавления  $T_L$  (в точке  $f_1''$ ) за времени  $\tau_2$ . Затем в течение времени  $\tau_3$  прочерчивается небольшое горизонтальное плато, характеризующее изотермический характер затвердевания по линии  $f_1''g_1$ . Заштрихованная область  $f_1'f_1''g_1h_1f_1'$  характеризует теплоту  $Q'_S$  фазового превращения при НРВК.

Анализ временных отрезков всех эндо- и экзоэффектов, сопровождающих процессы плавления и кристаллизации двух типов (КРК и НРВК), говорит о том, что время плавления  $\tau_L$  равно времени равновесной кристаллизации  $\tau_S$  ( $\tau_L = \tau_S$ ), но не равно времени  $\tau'_S$  всех процессов, происходящих при неравновесной ( $\tau_L < \tau'_S$ ) и времени  $\tau_3$  изотермической докристаллизации при НРВК ( $\tau_L > \tau_3$ ). Общее время затвердевания при НРВК  $\tau'_S$  состоит из трёх частей:  $\tau'_S = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3$ . При этом  $\tau_2 \ll \tau_1$  и  $\tau_3$ . Длительности  $\tau_1$  и  $\tau_3$  зависят от скорости охлаждения, массы образцов и пр.

**Применение в современных исследованиях.** Исследования термических явлений кристаллизации переохлажденных расплавов активно применяются в различных отраслях, включая:

- материаловедение. Понимание кристаллизации позволяет разрабатывать новые материалы с заданными свойствами, такими как прочность, твердость, термостойкость и коррозионная стойкость. Например, исследование переохлажденных расплавов позволяет создавать новые виды закаленных сталей и легких сплавов;

- промышленность. В производстве полимеров и стекол термические исследования помогают контролировать процессы отверждения и обеспечивать высокое качество конечной продукции. Оптимизация кристаллизационных процессов позволяет улучшить потребительские характеристики материалов;

- энергетику. Кристаллизация переохлажденных расплавов в солнечных элементах и других энергетических системах способствует

повышению их эффективности и долговечности. Понимание этих процессов может привести к созданию новых устойчивых технологий для хранения энергии.

Данные, полученные в результате термических исследований кристаллизации, имеют важное значение для развития новых материалов, оптимизации процессов, экологической устойчивости.

**Вывод.** Применение термических методов исследования кристаллизации переохлажденных расплавов открывает новые горизонты в научных и прикладных областях. Полученные данные не только способствуют более глубокому пониманию фундаментальных процессов, но и играют важную роль в разработке новых материалов и технологий, отвечающих современным вызовам. Этот вклад в науку и промышленность способен привести к значительным улучшениям в эффективности и устойчивости производства, что является критически важным на фоне глобальных экологических и экономических изменений.

### Литература

1. Шестак, Я. Теория термического анализа: Физико-химические свойства твердых неорганических веществ / Я. Шестак; пер. с англ. И.В. Архангельского [и др.]. - Москва: Мир, 1987. – 455 с.
2. Новоженев, В.А. Термический анализ: учебник и практикум для вузов / В.А. Новоженев, Н.Е. Стручева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юрайт, 2025. – 440 с. – ISBN 978-5-534-12826-0.
3. Берг, Л.Г. Введение в термографию. – 2-е изд., доп. – Москва: Наука, 1969. – 395 с.
4. Александров, В.Д. Спосіб термічного аналізу / В.Д. Александров, О.О. Баранніков, – Рішення про видання патенту від 26.08.1999 р. – Реєстраційний № 99020930.
5. Александров, В.Д. Спосіб сумісного циклічного та диференційного термічного аналізу / В.Д. Александров, С.О. Фролова, В.А. Постніков,

С.В. Прокоф'єв. – Патент на винахід. – 2008. – № 83721. – Бюл. № 15 від 11.08.2008 р.

б. Александров, В.Д. Кинетика зародышеобразования и массовой кристаллизации переохлажденных жидкостей и аморфных сред. – Донецк: Донбасс, 2011. – 580 с.

**Покинтелица Елена Анатольевна**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286128, г. Макеевка, ул. Державина, 2.  
e-mail: [o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru](mailto:o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru).

## **THERMAL METHODS FOR STUDYING THE CRYSTALLIZATION OF SUPERCOOLED MELTS**

*Annotation.* Thermal methods for studying the crystallization of supercooled melts are considered.

*Keywords:* cyclic thermal analysis, differential thermal analysis, crystallization.

**Pokintelitsa Elena Anatolyevna**, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286128, Makeyevka, Derzhavin str., 2.



УДК 532.78

Швырев Н.Д.,

студ. группы ТИМС-4а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.т.н., доцент Покинтелица Е.А.,

доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ РАСПЛАВА ДИБЕНЗИЛА С ПОМОЩЬЮ ОПТИЧЕСКОГО МИКРОСКОПА**

*Аннотация.* Изучен процесс кристаллизации расплава дибензила с помощью оптического микроскопа.

*Ключевые слова:* кристаллизация, дибензил, анизотропия роста кристаллов, скорость охлаждения расплава.

**Введение.** Кристаллизация органических соединений из расплавов играет ключевую роль в фармацевтике, материаловедении и химической промышленности [1-3]. Контроль над структурой и полиморфизмом кристаллов напрямую влияет на их физико-химические свойства, такие как растворимость, стабильность и биодоступность. Оптическая микроскопия, дополненная термостатированием, предоставляет уникальную возможность наблюдать динамику кристаллизации *in situ*, что делает её незаменимым инструментом для исследований.

**Постановка задачи.** Методом оптической микроскопии изучить параметры появления и роста отдельных кристалликов расплава дибензила при разных предварительных перегревах жидкой фазы выше температуры плавления.

**Теоретические сведения.** Кристаллизация – это процесс образования кристаллов из жидкой среды. Жидкая среда может быть или расплавом или раствором. Кристаллизация состоит из трёх составных частей: зародышеобразования за определённый инкубационный период  $\tau_1$ , роста мелких

кристалликов за время  $\tau_2$  и образования кристаллического массива за время  $\tau_3$ . За время  $\tau_3$  образуются и растут вторичные кристаллики. Объединяясь с первичными кристаллами, они образуют общую кристаллическую структуру.

Очевидно, что общее время  $\tau$  кристаллизации равно  $\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3$ .

Параметрами кристаллизации (кроме перечисленных временных отрезков) могут быть: число  $N$  и скорость  $I_V$  образования центров кристаллизации, скорость роста  $v$  отдельных кристалликов, массовая  $V_m$  (либо объёмная  $V_V$ ) скорость кристаллизации и степень кристалличности  $\alpha$ .

Объёмная скорость  $I_V$  образования числа  $N$  центров кристаллизации равна  $I_V = \frac{1}{V} \frac{dN}{dt}$ , где  $V$  – объём тела. При наблюдении процессов кристаллизации в тонких слоях жидкости обычно пренебрегают их толщиной и считают число  $N_s$  центров, приходящихся на единицу площади  $S$  поверхности плёнки  $I_s = \frac{1}{S} \frac{dN}{dt}$ .

При кристаллизации из пересыщенных растворов используют уравнение  $I_s = k(C - C_0)^m$ , где  $k$  – постоянная скорости кристаллизации,  $\Delta C = C - C_0$  – пересыщение,  $C$  и  $C_0$  – концентрации пересыщенного и насыщенного растворов соответственно,  $m$  – порядок реакции.

Нормальная линейная скорость роста грани кристалла вдоль выбранного направления  $x$  равна  $v_x = \frac{dx}{dt}$ .

Кристаллы обладают анизотропией физических свойств, в том числе и скоростей роста вдоль разных кристаллографических направлений. При этом нормальная скорость роста грани тем больше, чем меньше силы поверхностного натяжения этой грани с окружающей её средой и ретикулярная плотность грани.

Массовая скорость кристаллизации  $v_m = \frac{dm}{dt}$  для тонких плёнок может быть рассчитана по формуле  $v_m = \rho h \frac{dS_i}{dt}$ , где  $\rho$  – плотность кристалла,  $h$  – толщина плёнки,  $S_i$  – площадь закристаллизовавшейся части плёнки.

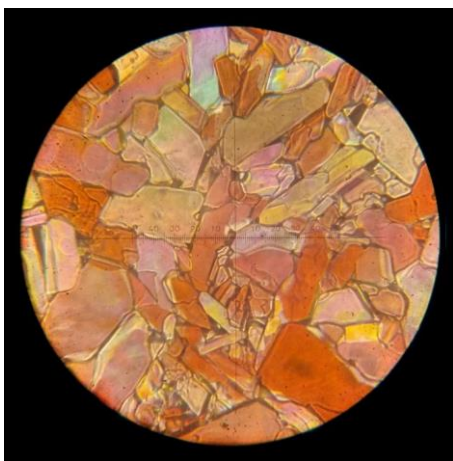
Степенью кристалличности  $\alpha$  называют отношение части закристаллизовавшегося объёма  $V_i$  (либо массы  $m_i$ ) ко всему объёму вещества  $V$

(или массы  $m$ )  $\alpha = \frac{V_i}{V} = \frac{m_i}{m}$ . Для плёнок  $\alpha = \frac{S_i}{S}$ , где  $S$  – площадь, занимаемая плёнкой, а  $S_i$  – площадь закристаллизовавшейся её части.

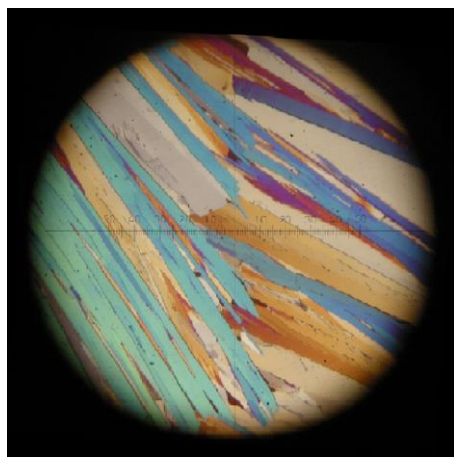
Зависимость  $\alpha$  от времени кристаллизации определяется из уравнения Колмогорова  $\alpha = 1 - \exp(-k\tau^n)$ , которое для плёнок запишется в виде  $\alpha = 1 - \exp(-k\tau^3)$ , где  $k$  – постоянная скорости кристаллизации  $k = I_s \cdot v_x^2$ .

**Методика проведения эксперимента.** Форму кристаллов, их размеры и распределение изучали на металлографическом микроскопе МИМ-8 и поляризационном микроскопе МИН-6 [4]. Жидкую каплю помещали между двумя кварцевыми покровными стеклышками размерами 20x20 мм. При этом капля растекалась в жидкое «пятно» толщиной  $\sim 70 \div 80$  мкм и площадью  $\sim 100 \div 110$  мм<sup>2</sup>. Затем выдерживали подобное «пятно» в соответствующем режиме недогрева – перегрева и охлаждали в термостате. После этого стекла отделяли друг от друга и изучали структуру застывшей сплюсненной капли под микроскопом. Размер частиц и число зародышей в единице объема определяли методом секущих как при непосредственном наблюдении в микроскоп, так и по микрофотографиям [4]. За процессом кристаллизации и структурой образовавшихся кристаллов наблюдали при увеличениях  $\times 200$ . Вид кристаллов на отдельных этапах затвердевания фотографировали цифровым фотоаппаратом «NICON», встроенным в микроскоп.

**Результаты.** На рис. 1 приведены фотоснимки кристаллов дибензила, полученных в результате квазиравновесной кристаллизации и неравновесно-взрывной. Наблюдается следующая закономерность – после слабых прогревов и последующего затвердевания все кристаллиты имеют мелкозернистую структуру (рис.1, а), а при неравновесной кристаллизации – столбчатые кристаллы с явно выраженной анизотропией роста (рис.1, б).



*a*



*б*

Рисунок 1. Кристаллы дибензила, полученные при равновесной (расплав перегрет на 2 °С) (*a*) и неравновесной (расплав перегрет на 20 °С) (*б*) кристаллизации. х 200

Говоря о кинетике процессов, следует отметить, что высокая скорость охлаждения приводит к образованию мелких кристаллов, тогда как медленное охлаждение способствует росту крупных упорядоченных структур.

Отметим, что добавки могут ингибировать или ускорять кристаллизацию, изменяя форму и размер кристаллов.

По параметрам  $a$ ,  $b$ ,  $c$  решетки представителя органических соединений ароматического ряда – дибензила были оценены относительные энергии связей  $U$  вдоль этих направлений:

$$U^a = 1.67U^c, U^b = 1.25 U^c, U^b = 2.09 U^a,$$

где  $U^a$ ,  $U^b$ ,  $U^c$  - энергии связей вдоль соответствующих осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ .

Анализируя эти соотношения, видим, что выраженная анизотропия кристаллов дибензила и сложное строение молекулы  $\text{CH}_2(\text{C}_6\text{H}_5)_2$  могут создавать большие помехи для самопроизвольного формирования кристаллической структуры. Поэтому в этом случае для упорядочения молекул в кристаллическую решетку молекуле  $\text{C}_{14}\text{H}_{14}$  необходимо большое количество инкубационного периода, а, следовательно, и большие переохлаждения расплава относительно температуры плавления.

**Преимущества и ограничения метода.** К преимуществам метода оптической микроскопии можно отнести простоту, наглядность, возможность изучать процессы *in situ* без разрушения образца.

Следует отметить, что недостатком является, например, то обстоятельство, что разрешение микроскопа ( $\sim 1$  мкм) не позволяет анализировать наноразмерные структуры. Для комплексного анализа метод комбинируют с DSC (дифференциальной сканирующей калориметрией) и рентгеновской дифракцией.

**Вывод.** Оптическая микроскопия остается важным инструментом для изучения кристаллизации органических расплавов. Сочетая её с современными термостатическими методами, учёные получают детальную информацию о кинетике и механизмах формирования кристаллов, что открывает пути к созданию материалов с заданными свойствами. Дальнейшее развитие технологии, включая интеграцию с высокоскоростной съёмкой и автоматизированным анализом изображений, расширит возможности метода в науке и промышленности.

### Литература

1. Wang, C. Organic semiconductor crystals / C.Wang, H. Dong, L. Jiang, W. Hu // Chem. Soc. Rev.2018. V. 47. P. 422. – URL: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2018/cs/c7cs00490g> (дата обращения: 02.04.2025). – <https://doi.org/10.1039/c7cs00490g>.
2. Александров, В.Д. Кинетика зародышеобразования и массовой кристаллизации переохлажденных жидкостей и аморфных сред / В.Д. Александров – Донецк: Донбасс, 2011. – 580 с.
3. Багдасаров, Х.С. Высокотемпературная кристаллизация из расплава / Х.С. Багдасаров - М.: Физматлит, 2004. – 160 с. – ISBN 5-9221-0482-9.
4. Мозберг, Р.К. Материаловедение / Р.К. Мозберг – Таллин: Валгус, 1976. – 554 с.



**Швырев Никита Дмитриевич**, студент группы ТИМС-4а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286128, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [shvyrev.n.d-tims-4a@donnasa.ru](mailto:shvyrev.n.d-tims-4a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Покинтелица Елена Анатольевна**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286128, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru](mailto:o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru)

## **STUDY OF THE CRYSTALLIZATION PROCESS OF A DIBENZYL MELT USING AN OPTICAL MICROSCOPE**

*Annotation.* The crystallization process of a dibenzyl melt has been studied using an optical microscope.

*Keywords:* crystallization, dibenzyl, anisotropy of crystal growth, melt cooling rate.

**Shvyrev Nikita Dmitrievich**, student of the IMTC-4a, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286128, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Pokintelitsa Elena Anatolyevna**, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture», 286128, Makeyevka, Derzhavin str., 2.





УДК 556.114

Бондаревская М.А.,

студ. группы ИЗОС-9а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.х.н., доцент Соболев О.В.,

доцент кафедры физики и прикладной химии ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОДЫ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ГОРОДА МАКЕЕВКИ**

*Аннотация.* Определение физико-химических свойств питьевой воды – важная задача, необходимая для контроля качества, мониторинга состояния водных экосистем, оптимизации промышленных процессов и других целей. Существует множества методов определения физико-химических свойств воды, каждый из которых имеет свое преимущество и недостатки. Выбор подходящего метода зависит от цели анализа, доступных ресурсов и требований к точности и чувствительности приборов. В данной работе проведен сравнительный анализ питьевой воды из трех источников г. Макеевки с помощью С-600 – многофункционального тестера для измерения ph/TDS/EC/ORP/S.G/SALT/TEMP.

*Ключевые слова:* питьевая вода, физико-химический анализ, портативный тестер, электропроводность, кислотность, окислительно-восстановительный потенциал, соленость, плотность

**Введение.** Питьевая вода – жизненно важный ресурс, но её доступность становится глобальной проблемой. Более 2 млрд человек испытывают нехватку чистой воды, а к 2025 году половина мирового населения может столкнуться с водным «стрессом».

Донецк, как и многие города Донбасса, сталкивается с серьезными проблемами водоснабжения. Основные причины – разрушение инфраструктуры

из-за боевых действий, устаревшие системы водоподготовки и экологические факторы.

*Основные причины нехватки воды*

1. Разрушение водной инфраструктуры

Повреждение водопроводов, насосных станций и очистных сооружений в результате военных действий. Частые аварии на магистральных трубопроводах (например, канал Северский Донец – Донбасс). Нехватка электроэнергии для работы насосных станций.

2. Загрязнение источников воды

Промышленные стоки (угольные шахты, металлургические заводы, химические предприятия). Попадание боеприпасов и токсичных веществ в водоемы. Ухудшение качества воды в реке Кальмиус – основном источнике водоснабжения.

3. Дефицит электроэнергии и топлива

Без электричества не работают насосы и очистные системы. Ограниченные возможности ремонта из-за нехватки материалов и специалистов.

*Последствия для населения*

1. Режим подачи воды по графику

Вода подается несколько часов в сутки, иногда раз в несколько дней. Люди вынуждены запасаться в бочках и канистрах.

2. Ухудшение санитарных условий

Невозможность регулярно мыться, стирать одежду. Риск вспышек инфекционных заболеваний (кишечные инфекции, гепатит).

3. Рост цен на бутилированную воду

Вода в магазинах стала дорогим товаром. Многие жители вынуждены использовать техническую воду для бытовых нужд.

**Постановка задачи.** В данной работе ставилась цель провести сравнительный анализ физико-химических свойств образцов воды, взятых из различных источников города Макеевки. Пробы воды брались с 24.03.2025 по

28.03.2025 года, причем были охвачены три основных района Макеевки: Советский, Горняцкий и Центрально-Городской.

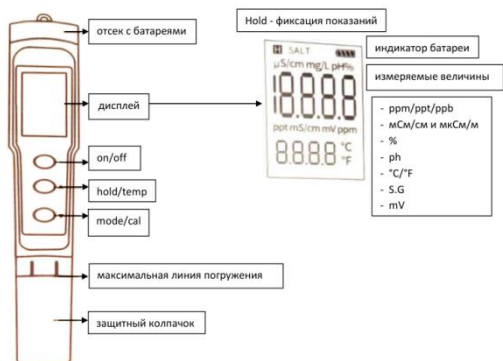
### Методика экспериментов

Эксперименты проводились с помощью измерителя для проверки качества воды 7 в 1 С-600 – многофункционального тестера для измерения pH/TDS/EC/ORP/S.G/SALT/TEMP.

Портативный тестер 7 в 1 применяют для оценки качества воды в пищевой и химической промышленности, научном производстве, сельском хозяйстве, гидропонике, рыболовстве, водоочистке и водоподготовке, в домашних условиях, СПА, бассейнах и аквариумах. Тестер измеряет соленость пресной и морской воды.

Тестер С-600 используется для определения минерализации, солесодержания и электропроводности питьевой воды в домашних условиях; анализа качества воды после систем фильтрации; контроля параметров жидкости в пищевой, медицинской и научно-исследовательской сферах; проверки воды в системах водоподготовки, бассейнах и аквариумах.

Значения pH/ТДС/электропроводности/ОВП/удельного веса воды S.G/солености/температуры выводятся на ЖК-дисплей в цифровом формате. Важной частью тестера является электрод, который необходимо очищать после работы для поддержания точности измерений. Когда электрод перестанет работать, его можно легко заменить на новый [1, 2].



а)



б)

Рис. 1. Принципиальная схема прибора С-600 (а) и внешний вид (б).

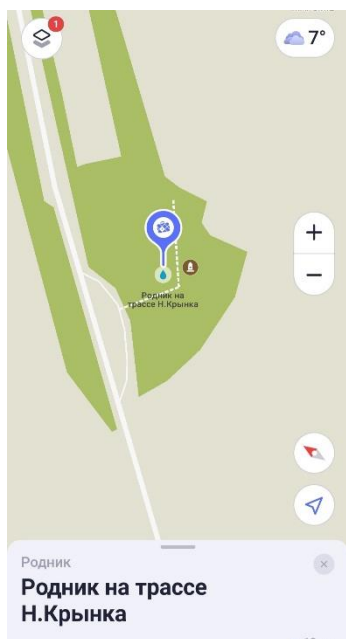


Рис. 2. Географическое расположение и фото источника №1, Советский район.

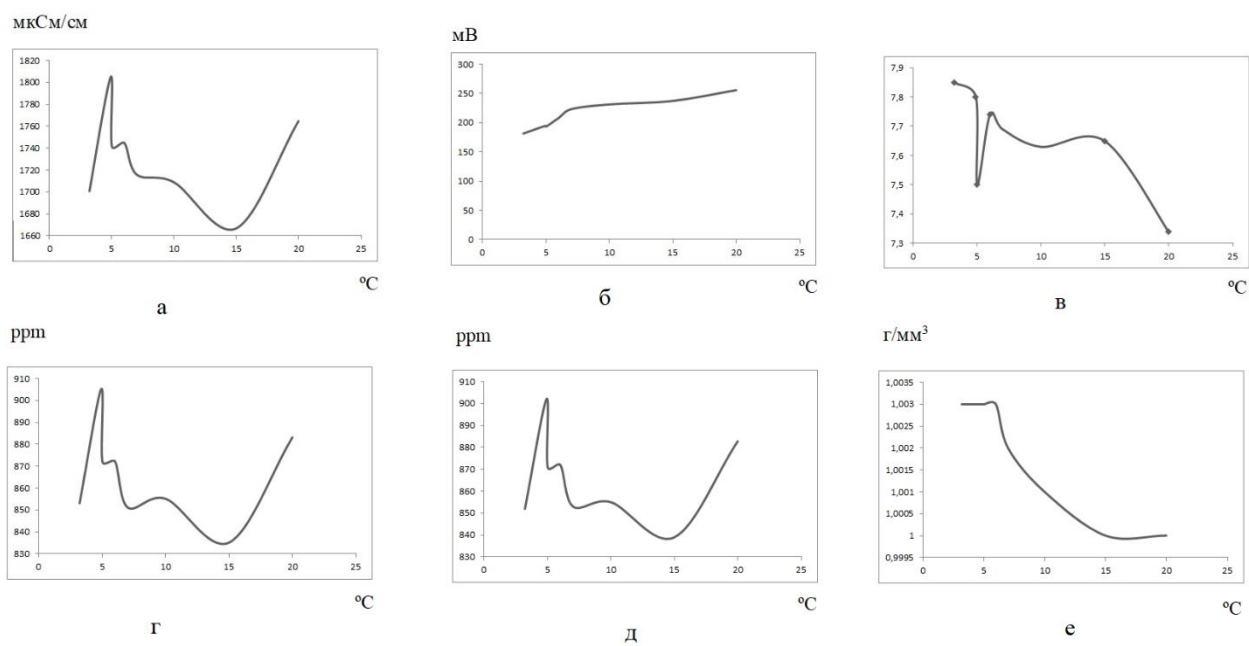


Рис. 3. Экспериментальные кривые: а) электропроводность, б) окислительно-восстановительный потенциал (ОВП), в) рН, г) соленость, д) ТДС, е) плотность.

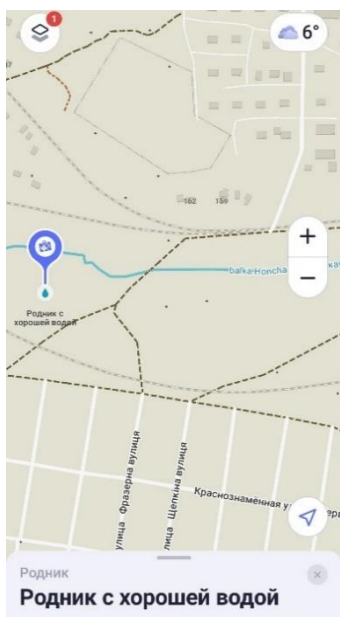


Рис. 4. Географическое расположение и фото источника № 2, Горняцкий район.

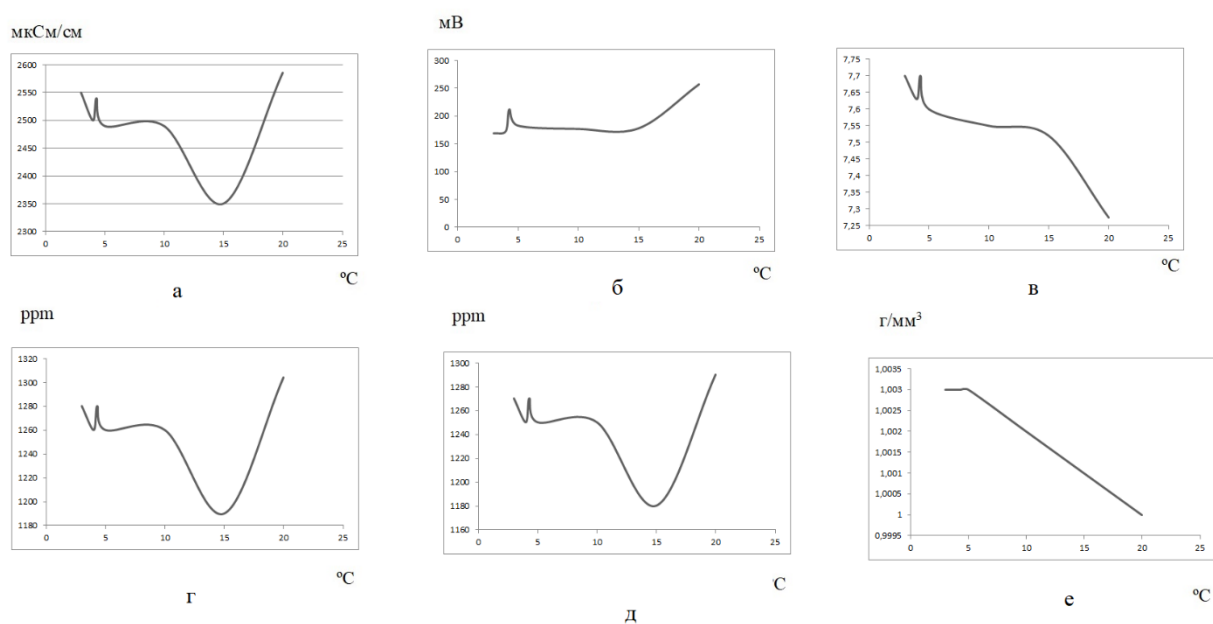


Рис. 5. Экспериментальные кривые: а) электропроводность, б) окислительно-восстановительный потенциал (ОВП), в) pH, г) соленость, д) ТДС, е) плотность.



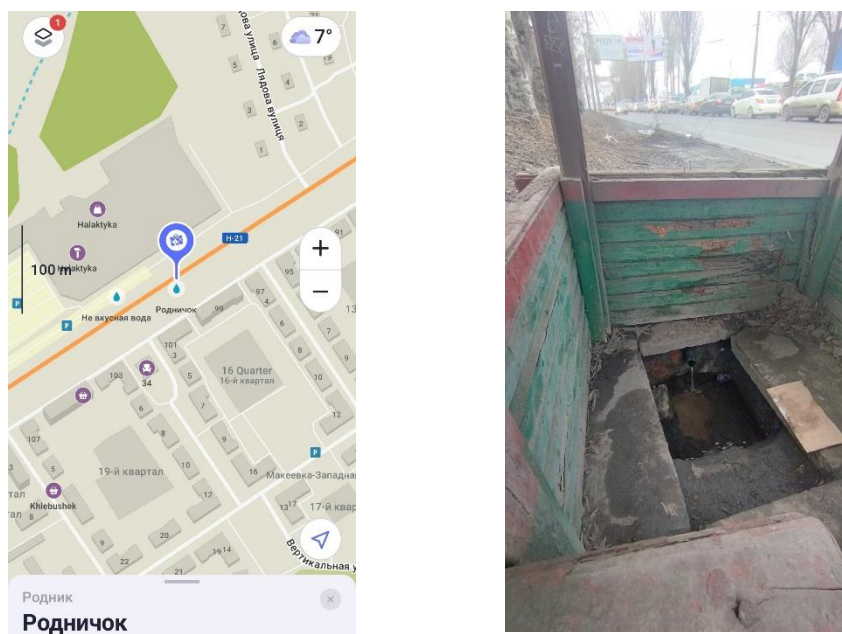


Рис. 6. Географическое расположение и фото источника № 3, Центрально-Городской район.

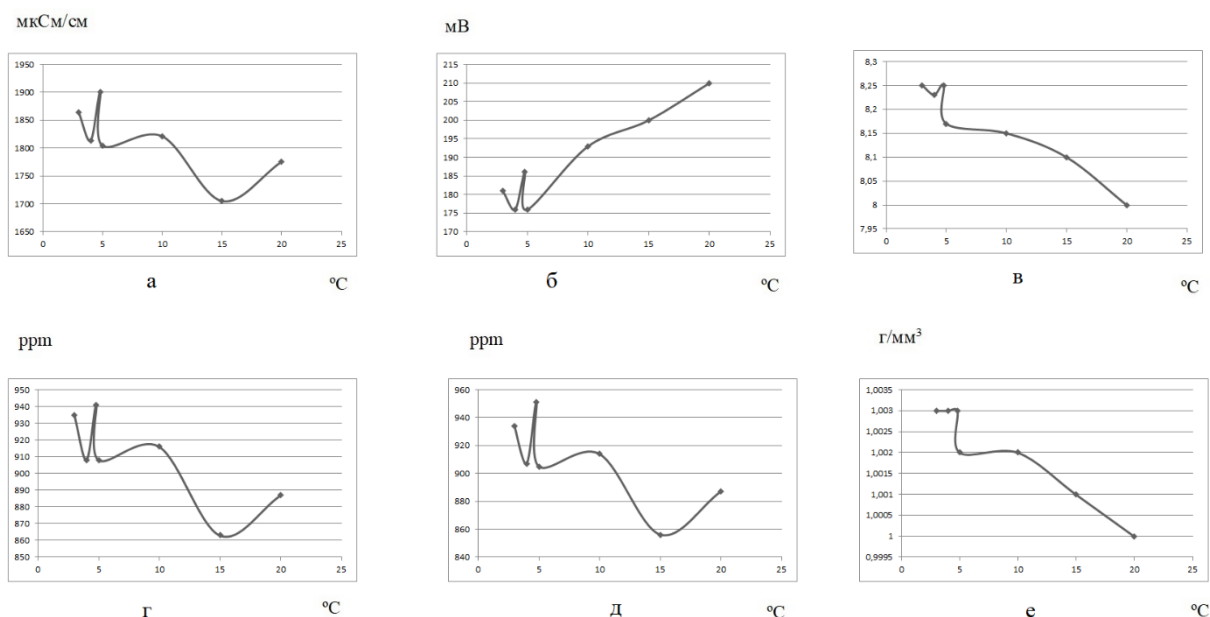


Рис. 7. Экспериментальные кривые: а) электропроводность, б) окислительно-восстановительный потенциал (ОВП), в) рН, г) соленость, д) ТДС, е) плотность.

**Результаты и их обсуждение.** В таблице 1 сведены сравнительные результаты экспериментальных исследований.

Таблица 1. Сравнительный анализ результатов экспериментальных исследований.

Параметр	Образец №1	Образец №2	Образец №3
Эл/проводимость	2	1	3
ОВП	2	1	3
pH	3	2	1
SALT	3	1	2
TDS	3	1	2
плотность	Практически не меняется у всех образцов		

\* 1 – max, 3-min.

Из таблицы видно, что образец №2 имеет самые высокие показатели электропроводности, ОВП, солености и TDS, что может говорить о большом количестве неорганических примесей.

Образец № 3 имеет значение  $pH = 8,15$ , что говорит о щелочной среде. Самое низкое значение эл/проводимости и ОВП. Этот источник находится возле центральной магистрали г. Макеевки, где очень большой поток автомобилей. Такие значения этих показателей можно связать с попаданием ГСМ в воду.

Образец №1 имеет минимальные значения по солености и TDS.

Особый интерес представляет область  $+4^{\circ}C$ . На всех образцах наблюдаются скачки всех измеряемых величин. Это можно объяснить следующим. Структура молекул воды, строение и свойства воды и разнообразных формах изучена достаточно основательно [3-6]. В свободной молекуле воды каждый из двух атомов водорода (или протонов) соединен с атомом кислорода валентной связью, образованной «обобществлением» электрона из атома водорода. Молекула воды (рис. 8, а) имеет уголковую форму с расстоянием  $O-H = 0,9584 \text{ \AA}$  (обе связи  $O-H$ ) равноценны и углом  $H-O-H$ , равным  $104^{\circ}3'$ , откуда следует, что расстояния между протонами составляет  $1,515 \text{ \AA}$ .



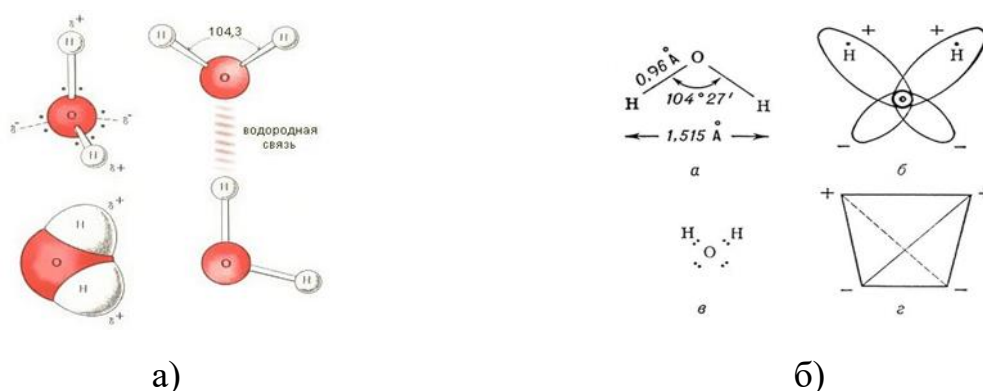


Рис. 8. Модель молекулы воды, построенная с использованием межмолекулярных радиусов.

Для объяснения известных аномалий в свойствах воды принимается, что водородные связи отдаляют друг от друга охваченные ими молекулы по сравнению с колебательными связями. Поэтому плотность воды с ее частично реализованными водородными связями оказывается выше плотности льда с его полностью водородосвязанной структурой. Расширительным эффектом водородных связей объясняется аномалия в плотности воды с максимумом при  $+4^{\circ}\text{C}$  и прогрессирующее ее уменьшение с понижением температуры в переохлажденном состоянии, т.к. удельная концентрация водородных связей находится в обратной зависимости от энергии тепловых колебаний молекулы. Поэтому с понижением температуры плотность воды, с одной стороны, должна увеличиваться за счет ослабления тепловых колебаний молекул, а с другой – уменьшаться за счет увеличения концентрации водородных связей, отдаляющих молекулы друг от друга. Эту «границу» ( $\sim 4^{\circ}\text{C}$ ) удалось зафиксировать методом термического анализа в работе [6] и воспроизвести в нашей работе при изучении физико-химических свойств воды из различных источников города Макеевки.

**Вывод.** В целом, вся вода из выбранных источников города Макеевки соответствует требованиям, предъявляемым к питьевой воде по большинству проанализированных физико-химических показателей. Для более полного и достоверного анализа питьевой воды необходимо учитывать следующие факторы: геологические особенности местности, наличие промышленных

предприятий и т.д. Только комплексный подход к оценке качества питьевой воды позволит обеспечить безопасность и здоровье населения.

### Литература

1. Золотов, Ю. А. Химические тест-методы анализа / Ю.А. Золотов, Ю.М. Иванов, В. Г. Амелин. – М., Москва, 2002. – 304 с.
2. Васильев, В. П. Аналитическая химия. В 2-х кн.; Кн. 2: Физико-химические методы анализа: учеб. для студ. вузов / В. П. Васильев. – М.: Дрофа, 2007. – 383 с.
3. Фёдоров, А. А. Методы химического анализа объектов природной среды / А.А. Фёдоров, Г. З. Казиев, Г. Д. Казакова. – М.: КолосС, 2008. – 118 с.
4. Головин, Ю.И. Электромагнитная и акустическая эмиссия при взрывной кристаллизации переохлажденной капли воды / Ю.И. Головин, А.А. Шибков, М.А. Желтов, А.А. Королев, А.В. Майоров // Конденсированные среды и межфазные границы, 2000. –Т.1. – №4. – С.304-307.
5. Шибков, А.А. Динамика формирования мезоскопической структуры кристалла (на примере льда) [Автореферат] дисс. канд. физ.-мат. наук / А.А. Шибков // Белгород, 2006. – 47 с.
6. Александров, В.Д. Термические эффекты при кристаллизации капель воды в естественных условиях / В.Д. Александров, А.А. Баранников // Журнал физ. Химии, 2000. – Т. 74. – № 4. – С. 595-599.

**Бондаревская Милена Алексеевна**, студентка группы ИЗОС-9а, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [bondarevskaya.m.a-izos-9a@donnasa.ru](mailto:bondarevskaya.m.a-izos-9a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Соболь Оксана Викторовна**, к.х.н., доцент, доцент кафедры физики и прикладной химии, Федеральное государственное бюджетное учреждение

высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [o.v.sobol@donnasa.ru](mailto:o.v.sobol@donnasa.ru)

## **DETERMINATION OF PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS OF WATER FROM VARIOUS SOURCES OF MAKEEVKA CITY**

*Annotation.* Determining the physicochemical properties of drinking water is an important task necessary for quality control, monitoring the state of aquatic ecosystems, optimizing industrial processes and other purposes. There are many methods for determining the physicochemical properties of water, each of which has its own advantages and disadvantages. Choosing the appropriate method depends on the purpose of the analysis, the resources available, and the accuracy and sensitivity requirements of the instruments. This paper compares potable water from three sources in Makeevka using a S-600, a multi-function pH/TDS/EC/ORP/SG/SALT/TEMP tester.

*Keywords:* drinking water, physical and chemical analysis, portable tester, electrical conductivity, acidity, redox potential, salinity, density

**Bondarevskya Milena**, student of the IZOS-9a group, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Sobol Oksana**, Ph.D., Associate Professor; Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.



УДК 542:665.733

Шакиров Д.Ю.;

студ. группы ААХм-26а, ФГБОУ ВО ДОННАСА»

Научный руководитель: к.т.н., доцент Фролова С.А.,

заведующий кафедрой физики и прикладной химии,

доцент, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **ЗАВИСИМОСТЬ МОЩНОСТИ И РЕСУРСА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ О КАЧЕСТВА ОТПЛИВА**

*Аннотация.* Рассмотрено влияние примесей, октанового и цетанового чисел на качество топлива и, как следствие этого, на срок службы двигателя внутреннего сгорания.

*Ключевые слова:* двигатель внутреннего сгорания, топливо, октановое число, цетановое число.

**Введение.** Одним из ключевых аспектов, оказывающих влияние на функционирование автомобильного мотора, является качество используемого горючего. Неудовлетворительное качество топливной смеси способно спровоцировать целый ряд неисправностей, которые негативно сказываются на производительности двигателя и уменьшают период его эксплуатации.

Топливо представляет собой смесь различных составляющих, таких как бензин, дизельное топливо или газ. Каждый из этих элементов обладает уникальными параметрами и характеристиками, способными оказывать влияние на работу двигателя. Повышенное октановое или цетановое число, к примеру, может способствовать более полному сгоранию топливной смеси в цилиндрах двигателя, что, в свою очередь, приводит к увеличению мощности и снижению объема вредных выбросов.

**Постановка задачи.** Целью данной работы являлось определение зависимости различных факторов на качество топлива.

Наличие посторонних веществ, вроде воды, охлаждающей жидкости или загрязнений, отрицательно сказывается на характеристиках горючего. Проникновение этих элементов в топливную магистраль чревато закупоркой фильтрующих элементов и форсунок, а также поломкой других узлов мотора. Помимо этого, плохое топливо может сгорать не полностью, провоцируя накопление кокса и отложений в камере сгорания. Это приводит к падению мощности и перерасходу бензина. Для стабильной и продуктивной работы силового агрегата необходимо использовать высококачественное горючее, отвечающее требованиям автопроизводителя. Своевременная диагностика и техобслуживание топливной системы также минимизируют риски, связанные с использованием топлива низкого качества. В целом, качество топлива играет важную роль в работе двигателя автомобиля. Регулярное использование низкокачественного топлива может привести к серьезным поломкам и снижению эффективности двигателя. Поэтому рекомендуется выбирать качественное топливо и следить за состоянием топливной системы, чтобы обеспечить бесперебойную работу двигателя и его долгий срок службы.

**Обсуждение результатов.** Использование топлива ненадлежащего качества негативно сказывается на работе двигателя, уменьшая его производительность. Недостаточное октановое число топлива провоцирует детонацию, что способно повредить важные детали двигателя, например, поршни и клапаны. Кроме того, топливо низкого сорта содержит повышенное количество посторонних примесей и загрязнителей. Эти вещества, скапливаясь на форсунках и впускных клапанах, вызывают их засорение, что, в конечном счете, приводит к падению мощности двигателя и ухудшению его эксплуатационных характеристик. Высокое качество топлива, наоборот, может улучшить работу двигателя и его производительность. Топливо с высоким октановым числом может привести к более полному сгоранию топлива, что повысит мощность двигателя. Также, высокое качество топлива содержит

меньше примесей, что способствует улучшению работоспособности и эффективности двигателя.

Применение горючего плохого качества способно негативно отразиться на долговечности силового агрегата автомобиля. Вредные вещества, появляющиеся в процессе сгорания некачественного топлива, оседают на элементах мотора, ускоряя их изнашивание. Помимо этого, детонация, вызванная низкосортным горючим, представляет опасность для поршней, клапанов и прочих важных узлов двигателя, приводя к их поломке.

Октановое число (ОЧ) – ключевой параметр, определяющий качество бензина. Этот показатель характеризует устойчивость топлива к неконтролируемому воспламенению при сжатии в цилиндрах двигателя. Чем больше значение октанового числа, тем выше устойчивость бензина к преждевременной детонации. Измерение ОЧ производится в специальных единицах, также называемых октановыми числами (ОЧ). Отсюда же происходит подразделение автомобильных бензинов на марки: бензин АИ-80 стандарт, бензин АИ-92 регулярь, бензин АИ-95 премиум, бензин АИ-98 супер.

В России автомобильные бензины выпускаются по ГОСТ 2084-77, ГОСТ Р 51105-97 и ГОСТ Р 51866-2002. В последние годы экологические свойства топлива выдвигаются на первый план. Специальный технический регламент устанавливает обязательные требования к экологической безопасности топлива.

Бензин с октановым числом 95 – один из наиболее часто используемых видов топлива для современных автомобилей.

Применение бензина с недостаточным октановым числом в двигателе, требующем более высокого значения, может вызвать детонацию. Детонация возникает, когда топливо взрывается самопроизвольно до достижения поршнем верхней мертвой точки, что чревато повреждением двигателя и снижением его эффективности.

## Содержание примесей

Таблица 1. Типичные примеси в топливе и их влияние на работу двигателя

Примесь	Дефект, образованный примесями
Глина	Накопление отложений, понижение мощности двигателя
Ржавчина	Коррозия, износ деталей, снижение эффективности
Вода	Образование коррозии, проблемы в системе питания
Сера	Накопление сернистых соединений, износ двигателя
Ароматические углеводороды	Образование отложений, снижение мощности двигателя

Качество топлива и его состав оказывают существенное влияние на функционирование силового агрегата. Присутствие в топливе таких компонентов, как глинистые вещества, продукты коррозии, влага, сера и ароматические соединения, способно снизить производительность мотора, ускорить износ компонентов, спровоцировать появление нагара и коррозионных процессов. Следовательно, использование высококачественного горючего является обязательным условием для обеспечения стабильной и продуктивной работы двигателя в течение всего периода эксплуатации.

**Влажность топлива.** Наличие воды в горючем чревато множеством нежелательных последствий:

**Ржавление:** Вода провоцирует образование ржавчины и коррозии в топливной аппаратуре мотора. Это способно повредить топливные резервуары, магистрали и распылители.

**Формирование осадков:** Присутствие влаги может спровоцировать оседание отложений в топливопроводах и форсунках. Это приводит к уменьшению их пропускной способности и некачественному распылению горючего, что ухудшает параметры работы двигателя.

**Поломка топливной системы:** Водные элементы способны нанести вред системе питания двигателя, включая топливный насос и форсунки. Это способно вызвать подтекание горючего и снижение мощности мотора.

Несоответствующее стандартам горючее зачастую характеризуется дефицитом компонентов, формирующих масляную пленку. Эти компоненты критически важны для обеспечения смазки движущихся частей мотора и минимизации фрикционного воздействия между ними. Недостаток этих добавок чреват ускоренным износом и возникновением неисправностей в двигателе.

Состав топлива также оказывает прямое воздействие на функциональность системы зажигания. Горючее низкого качества нередко отличается сниженным октановым числом, что провоцирует детонацию и неполное сгорание топливной смеси в камерах сгорания, снижая общую эффективность работы двигателя. Это выливается в повышенный расход топлива, снижение мощности и более интенсивный износ деталей.

Ключевым параметром является чистота топлива. Очищенное топливо обеспечивает более стабильную и эффективную работу двигателя, снижая вероятность поломок. В частности, оно способствует поддержанию чистоты топливных форсунок, предотвращая их засорение, и гарантирует равномерное распределение горючего по цилиндрам.

**Выводы.** Во-первых, некондиционное горючее способно спровоцировать сбои в системе воспламенения. Загрязненное топливо или присутствие посторонних веществ могут привести к образованию нагара на свечах, затрудняя искрообразование и вызывая пропуски в зажигании. Как следствие, снижается производительность мотора и возрастает потребление топлива.

Во-вторых, горючее низкого качества оказывает отрицательное воздействие на топливную систему двигателя. Наличие отложений и примесей способно забивать топливные инжекторы и фильтрующие элементы, уменьшая подачу горючего и ухудшая топливную смесь. Это чревато снижением мощности двигателя, увеличением вредных выбросов и ускоренным износом прочих деталей системы.

Вдобавок, некачественное топливо провоцирует усиленный износ двигателя. Присутствие примесей, отклонение от необходимых параметров или



низкое октановое число могут вызвать повреждения поршней в цилиндрах, износ клапанов, поршневых колец и иных элементов двигателя.

### Литература

1. О запрете производства и оборота этилированного автомобильного бензина в Российской Федерации: Федеральный закон от 22.03.2003 № 34-ФЗ // Собрание законодательства РФ от 24.03.2003. – №12. – Ст. 1058.

2. Об утверждении технического регламента «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту: Постановление Правительства РФ от 27.02.2008 № 118 (ред. от 29.12.2012) // Российская газета от 15.03.2008. – № 56.

3. ГОСТ Р 51105-97. Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия. – Введ. 1999.01.01. – М.: Госстандарт России, 2013. – 23 с.

4. ГОСТ Р 54283-2010 Топлива моторные. Единое обозначение автомобильных бензинов и дизельных топлив, находящихся в обращении на территории Российской Федерации. – Введ. 2011-07-01. – М.: Госстандарт России, 2015. – 21 с.

5. Бойко, Е.В. Автомобильные бензины (основные показатели качества) / Е.В. Бойко. – Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 18 с.

6. Виноградов, О.В. Влияние показателей качества автомобильного бензина и дизельного топлива на состояние окружающей среды / О.В. Виноградов, А.С. Карелина // Молодой ученый. – 2016. – №8. – С. 194-199.

7. Ключин, А.И. Автомобильные эксплуатационные материалы и экономия топливно-энергетических ресурсов. Учебное пособие в вопросах и ответах / А.И. Ключин, А.А. Усольцев. – Владивосток: ВГУЭС, 2012. – 52 с.

**Шакиров Дмитрий Юрьевич**, студент группы ААХм-26а, ФБГОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [shakirov.d.yu-aahm-26a@donnasa.ru](mailto:shakirov.d.yu-aahm-26a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Фролова Светлана Александровна**, кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой физики и прикладной химии, ФБГОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [s.a.frolova@donnasa.ru](mailto:s.a.frolova@donnasa.ru)

## THE DEPENDENCE OF THE POWER AND RESOURCE OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE ON THE QUALITY OF THE FUEL

*Annotation.* The influence of impurities, octane and cetane numbers on fuel quality and, as a result, on the service life of an internal combustion engine is considered.

*Ключевые слова:* internal combustion engine, fuel, octane number, cetane number.

**Shakirov Dmitry**, a student of the AAHm-26a group, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Frolova Svetlana**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physics and Applied Chemistry; Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.



УДК 621. 791. 053

Прищепов Н.А.,

студ. группы ААХ-306, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.т.н., доцент Фролова С.А.,

заведующий кафедрой физики и прикладной химии,

доцент, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## НОВЫЕ КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

*Аннотация.* В статье рассматривается, что такое композитные материалы и где их применяют.

*Ключевые слова:* композитные материалы, полимеры, наноматериалы, современные технологии.

**Введение.** Введение в тему новых композитных материалов представляет собой важный шаг к пониманию их роли в современных технологиях и промышленности. Композитные материалы, состоящие из двух или более компонентов с различными физическими и химическими свойствами, обеспечивают уникальные характеристики, которые не могут быть достигнуты с использованием традиционных материалов. Современные композиты находят применение в самых различных областях, включая авиастроение, автомобилестроение, строительство, медицину и спорт. Их легкость, высокая прочность, устойчивость к коррозии и возможность адаптации свойств под специфические требования делают их идеальными для использования в высоконагруженных и высокотехнологичных приложениях. В последние годы наблюдается интенсивное развитие новых композитных материалов, таких как углеродные волокна, керамические и биокompозиты. Эти материалы разрабатываются с использованием передовых технологий и инновационных подходов, что открывает новые горизонты для их применения и значительно

улучшает эксплуатационные характеристики. Изучение новых композитных материалов имеет важное значение не только для научного сообщества, но и для промышленных предприятий, стремящихся повысить эффективность и конкурентоспособность своей продукции. Таким образом, данная тема является актуальной и востребованной, что позволяет рассмотреть ряд новых направлений в исследовании и разработке композиций, их свойств и областей применения.

**Постановка задачи.** Целью данной работы являлось рассмотрение новых композитных материалов.

Новые композитные материалы продолжают развиваться и находить новые применения в различных отраслях. Композитные соединения состоят из двух основных частей. Первая – это матрица, вторая – это наполнитель. Новые композитные вещества превосходят зачастую используемые материалы по многим характеристикам, в частности по прочностным, механическим характеристиками и выгодно отличаются по массе, так как более легкие по весу.

Приведем некоторые примеры композитных материалов.

1. Углеродные волокна – обладают высокой прочностью и легкостью, используются в авиации, автомобилестроении и спортивном оборудовании.
2. Армированные полимеры – включают в себя стекловолокно или углеродное волокно, используются в строительстве и производстве автомобилей.
3. Биокомпозиты – создаются на основе растительных волокон и биополимеров, находят применение в упаковке и строительстве с фокусом на устойчивость к экологии.
4. Нанокompозиты – композиты, в которых хотя бы один компонент имеет размер в нанометровом диапазоне (от 1 до 100 нм). Есть информация о наноструктурном композиционном материале на основе алюминия. Он состоит из алюминиевого сплава с размером зёрен от 5 до 150 нм и упрочняющих наночастиц, например фуллерена C<sub>60</sub>. В результате получается материал с увеличенной твёрдостью, плотностью и удельной прочностью

5. Керамические композиты – комбинируют керамические компоненты с металлическими или полимерными матрицами для повышения прочности и устойчивости к высоким температурам. Металлические композиты – обеспечивают сочетание легкости и прочности, используется в аэрокосмической и оборонной промышленности. Эти материалы продолжают находить новые области применения благодаря своим уникальным свойствам и возможностям модификации.

**Вывод.** Вывод по теме композитных материалов подводит итог значению и перспективам данной области. Композитные материалы, сочетая в себе лучшие свойства различных компонентов, открывают новые горизонты в различных отраслях, таких как авиация, автомобилестроение, медицина и энергетика. Их уникальные характеристики, включая легкость, прочность, устойчивость к коррозии и возможность адаптации к специфическим требованиям, делают их незаменимыми в условиях современного производства. Постоянное развитие новых технологий позволяет создавать композиты с улучшенным функционалом и сниженной стоимостью, что расширяет их область применения. В будущем можно ожидать дальнейшего прогресса в разработке композитных материалов, включая использование нанотехнологий и экологически чистых компонентов. Таким образом, композитные материалы остаются актуальной и динамично развивающейся темой, что создает возможности для новых научных исследований и инноваций в различных сферах.

### Литература

1. Петров, А.В. Применение композиционных материалов в конструкции корпусов газотурбинных двигателей / А.В. Петров, И.С. Сидоров // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. – 2018. – № 2. – С. 78–91.

2. Композиционные материалы в авиастроении / В.В. Васильев, Р.М. Тарнопольский. – М.: Машиностроение, 1990. – 510 с.

**Прищепов Никита Артемович**, студент группы ААХ-30Б, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», ул. Державина, 2, Макеевка,

e-mail: [prischepov.n.a-aah-30b@donnasa.ru](mailto:prischepov.n.a-aah-30b@donnasa.ru).

Научный руководитель:

**Фролова Светлана Александровна**, кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой физики и прикладной химии, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [s.a.frolova@donnasa.ru](mailto:s.a.frolova@donnasa.ru)

## NEW COMPOSITE MATERIALS

*Abstract.* Composite materials with different fillings are considered. Their distinctive features and mechanical and operational properties have been established.

*Keywords:* composite materials, polymers, nanomaterials, modern technologies.

**Prishchepov Nikita Artemovich**, student of the ААН-30В group, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Frolova Svetlana**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physics and Applied Chemistry; Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.



УДК 625.76

Губский Д.О.,

Василев Р.В.,

студ. группы ИЗОС-9а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.х.н., доцент Соболев О.В.,

доцент кафедры физики и прикладной химии ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **ЛИТЕРАТУРНЫЙ ПОИСК ПО ТЕМЕ АНТИГОЛОЛЕДНЫЕ РЕАГЕНТЫ (АГР)**

*Аннотация.* Главная цель «КиберЛенинки» – это обеспечить свободный доступ к научным публикациям. Научная электронная библиотека содержит огромную базу данных научных статей из различных областей российских и зарубежных журналов, сборников конференций и других источников, и предоставляет статистику по этим базам данных.

В данной работе проведен анализ литературных источников по проблеме использования антигололедных реагентов в различных областях народного хозяйства, причем сравнительный анализ современных российских и зарубежных на сайте <https://cyberleninka.ru/> за последние 5 лет.

*Ключевые слова:* наука, электронная библиотека, «КиберЛенинка», антигололедные реагенты, базы данных, диаграмма.

**Введение.** Противогололедные реагенты играют ключевую роль в обеспечении безопасности в зимний период. Их применение позволяет значительно снизить аварийность на дорогах и уменьшить число травм среди пешеходов. Однако важно учитывать не только эффективность, но и экологические последствия их использования. Современные разработки в области антигололедных материалов позволяют находить баланс между безопасностью, экономической целесообразностью и охраной окружающей

среды. Существует широкий выбор АГР с разными свойствами и ценами, что позволяет подобрать оптимальный вариант для конкретных условий.

**Постановка задачи и результаты.** В данной работе ставилась основная задача провести анализ литературных источников по проблеме использования антигололедных реагентов в различных областях народного хозяйства, причем сравнительный анализ современных российских и зарубежных на сайте <https://cyberleninka.ru/> за последние 5 лет [1].

«КиберЛенинка» – это научная электронная библиотека, построенная на парадигме открытой науки (Open Science), основными задачами которой является популяризация науки и научной деятельности, общественный контроль качества научных публикаций, развитие междисциплинарных исследований, современного института научной рецензии, повышение цитируемости российской науки и построение инфраструктуры знаний.

Библиотека поддерживает распространение знаний по модели открытого доступа, обеспечивая бесплатный оперативный доступ к научным публикациям в электронном виде. В 2024 году «КиберЛенинка» индексировала 3 миллиона 400 научных журналов, база содержала 3 миллиона 150 тысяч публикаций. Ежемесячно библиотеку посещает около 7 миллионов читателей.

На рис. 1 представлены диаграммы, которые наглядно показывают применения противогололедных реагентов в различных областях народного хозяйства.



Рис. 1. Диаграммы применения антигололедных реагентов в различных областях народного хозяйства



На рисунке 2 представлены диаграммы, которые показывают распределение по научным журналам.



Рис. 2. Диаграммы применения противогололедных реагентов по журналам

Основные направления, где больше всего статей это науки о Земле и экологические науки, энергетика и рациональное энергопользование, технологии материалов, строительство и архитектура.

**Вывод.** Выбор АГР зависит от множества факторов, включая температуру воздуха, интенсивность осадков, тип покрытия, экологических требований и бюджета. Важно учитывать как преимущества, так и недостатки каждого типа АГР, а также соблюдать рекомендации по дозированию и применению для обеспечения безопасности и минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Поиск баланса между безопасностью, экономичностью и экологичностью является ключевой задачей при использовании АГР. А решить эту задачу возможно, если произвести качественный сравнительный анализ литературных источников.

## Литература

1. КиберЛенинка. Научные статьи по теме. – URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения 12.04.2025).
2. Сакута, Н.Б. Формирование концептуальной модели организации работ по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах / Н.Б. Сакута, Ю.В. Коденцева, И.Н. Гайнулина // Вестник сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2016. – № 3 (49). – С. 80-86.

3. Сютова, Е.А. Сравнительное испытание новых противогололедных материалов различного состава / Е.А. Сютова, Н.М. Алыков // Экология и промышленность России. – 2012. – № 2. – С. 47-51.

4. Никитин А.А. Противогололедные материалы. в поисках компромисса // Уральский экологический вестник. – 2013. – № 3-4 (36-37). – С. 33-35.

**Губский Дмитрий Олегович**, студент группы ИЗОС-9а, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [gubskiy.d.o-izos-9a@donnasa.ru](mailto:gubskiy.d.o-izos-9a@donnasa.ru)

**Василев Роман Вадимович**, студент группы ИЗОС-9а, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [vasilev.r.v-izos-9a@donnasa.ru](mailto:vasilev.r.v-izos-9a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Соболь Оксана Викторовна**, к.х.н., доцент, доцент кафедры физики и прикладной химии, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [o.v.sobol@donnasa.ru](mailto:o.v.sobol@donnasa.ru)

## LITERATURE SEARCH ON ANTI-ICING REAGENTS

*Annotation.* The main goal of «CyberLeninka» is to provide free access to scientific publications. The scientific electronic library contains a huge database of scientific articles from various fields of Russian and foreign journals, conference collections and other sources, and provides statistics on these databases.

In this work, an analysis of literary sources on the problem of using anti-icing reagents in various fields of the national economy was carried out, and a comparative

analysis of modern Russian and foreign on the site <https://cyberleninka.ru/> over the past 5 years.

*Keywords:* science, electronic library, «CyberLeninka», anti-icing reagents, databases, diagram.

**Gubskiy Dmitry**, student of the IZOS-9a group, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

**Vasilev Roman**, student of the IZOS-9a group, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Sobol Oksana**, Ph.D., Associate Professor; Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.



УДК 51-7

Боровиков И.Р.,

студ. группы ААХ-30Б, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.т.н., доцент Фролова С.А.,

заведующий кафедрой физики и прикладной химии,

доцент, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСОВ ДВС**

*Аннотация.* Рассмотрены различные материалы, используемые при изготовлении корпусов двигателей внутреннего сгорания.

*Ключевые слова:* Алюминий, чугун, Сплав

**Введение.** Корпус двигателя внутреннего сгорания (ДВС), включающий блок цилиндров и головку блока цилиндров (ГБЦ), является одной из наиболее нагруженных частей двигателя. Он должен выдерживать высокие давления, температуры, вибрации и циклические нагрузки, обеспечивая при этом жёсткость конструкции и герметичность рабочих камер. Выбор материала для корпуса ДВС – критически важен и определяется компромиссом между прочностью, жёсткостью, теплопроводностью, массой, стоимостью и технологичностью обработки.

В настоящее время для изготовления корпусов ДВС применяются преимущественно следующие материалы.

### **1. Чугун**

- Серый чугун: традиционный и широко распространенный материал, обладающий высокой прочностью на сжатие, хорошей виброгасящей способностью и относительно низкой стоимостью. Его легко обрабатывать, что снижает производственные затраты. Однако серый чугун имеет низкую

прочность на растяжение и низкую теплопроводность, что ограничивает его применение в высокофорсированных двигателях.

- **Высокопрочный чугун:** обладает улучшенными механическими свойствами по сравнению с серым чугуном, в частности, повышенной прочностью на растяжение и изгиб. Используется в двигателях, где требуется повышенная прочность и жёсткость. Однако, он дороже серого чугуна и сложнее в обработке.

- **Компактный графитовый чугун (CGI):** современный композиционный материал, сочетающий в себе преимущества чугуна и стали. Обладает высокой прочностью на растяжение и усталость, хорошей теплопроводностью и виброгасящими свойствами, при меньшей массе, чем у серого чугуна. Однако, CGI сложен в производстве и имеет более высокую стоимость.

### **Некоторые преимущества чугунных двигателей**

- **Прочность и долговечность.** Чугунный блок более прочный и монолитный, что позволяет ему дольше сохранять форму при больших пробегах и нагрузках.

- **Устойчивость к перегреву.** Если по какой-то причине вытечет масло или антифриз, то чугунный блок не заклинит.

- **Сопротивление абразивному износу.** Чугунные двигатели лучше сопротивляются абразивному износу, когда работают в запыленной среде.

## **2. Алюминиевые сплавы**

Алюминиевые сплавы, благодаря низкой плотности, высокой теплопроводности и хорошей обрабатываемости, широко используются в современных двигателях, особенно в высокофорсированных бензиновых двигателях, где масса играет критическую роль.

- **Преимущества:** очень малый вес (существенно снижает инерционные нагрузки, позволяя увеличить обороты двигателя), хорошая теплопроводность (обеспечивает быстрый отвод тепла от камеры сгорания), хорошая обрабатываемость, относительно низкая стоимость.

- Недостатки: низкая прочность на сжатие по сравнению с чугуном, склонность к деформациям при высоких температурах, требует применения специальных методов обработки и усиления для обеспечения необходимой прочности и жесткости. Часто используется в сочетании с чугунными гильзами цилиндров.

- Типы сплавов: для изготовления блоков цилиндров применяют различные алюминиевые сплавы, легированные кремнием, медью, магнием и другими элементами, обеспечивающие оптимальное сочетание свойств.

- Применение: самый распространенный материал для поршней большинства современных ДВС, особенно в легковых автомобилях. Используются как литые, так и кованные алюминиевые сплавы. Кованные поршни обладают большей прочностью и используются в форсированных двигателях.

- Дополнительно для повышения износостойкости и жаропрочности часто применяются различные покрытия (например, графитовые, оловянные, керамические).

### **Некоторые преимущества алюминиевых двигателей**

- Меньший вес за счёт использования более лёгкого материала. Это влияет на общий вес автомобиля и позволяет снизить расход топлива.

- Улучшение динамических характеристик машины. Это также связано со снижением веса конструкции.

- Повышенная устойчивость к коррозии. На чугунных блоках ржавчина возникает редко, но всё же появляется. Алюминий же в меньшей степени подвержен коррозии.

- Мотор легче охлаждается. Этот материал обладает куда более высокими показателями теплопередачи, чем чугун.

- Сокращение времени на прогрев мотора. Алюминиевые блоки и цилиндры набирают температуру гораздо быстрее, чем чугунные.

- Упрощённая работа с турбиной: алюминий приспособлен для этого куда лучше, чем чугун (рис. 1).

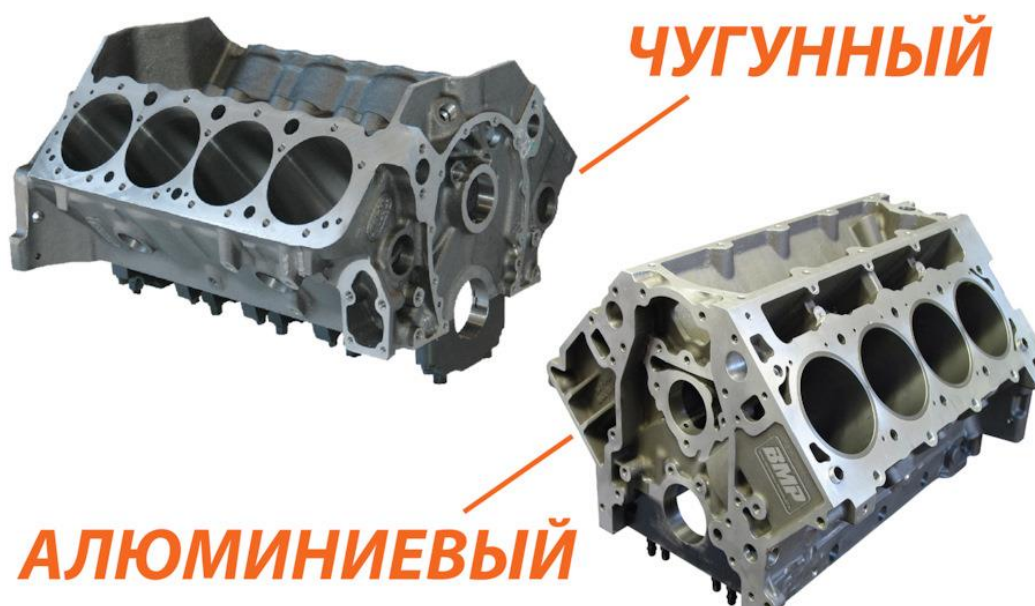


Рис. 1 Внешний вид ДВС из алюминиевого и чугунного сплавов.

### 3. Материалы с композитными компонентами

Разрабатываются новые материалы с использованием композитных компонентов, которые позволят еще больше улучшить характеристики корпусов ДВС (рис. 2).

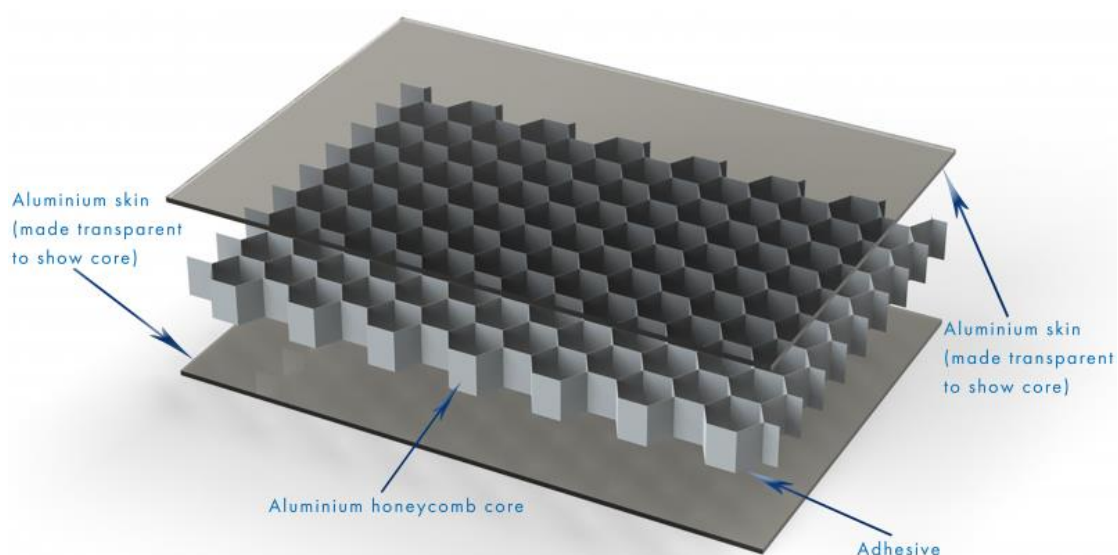


Рис. 2. Строение композитов на основе матриц из алюминиевых сплавов

### **Некоторые преимущества композитов на основе матриц из алюминиевых сплавов**

- Позволяют отливать очень точные детали с использованием стандартной технологии;
- обладают более высокими модулем упругости, прочностью, жёсткостью (на 35%) и износостойкостью (в 3 раза) по сравнению с литейными неармированными алюминиевыми сплавами;
- имеют меньший коэффициент теплового расширения (на 25%).

Композиты на основе матриц из металлических порошков: позволяют создавать детали со сложной геометрией и оптимизированными свойствами (рис. 3).

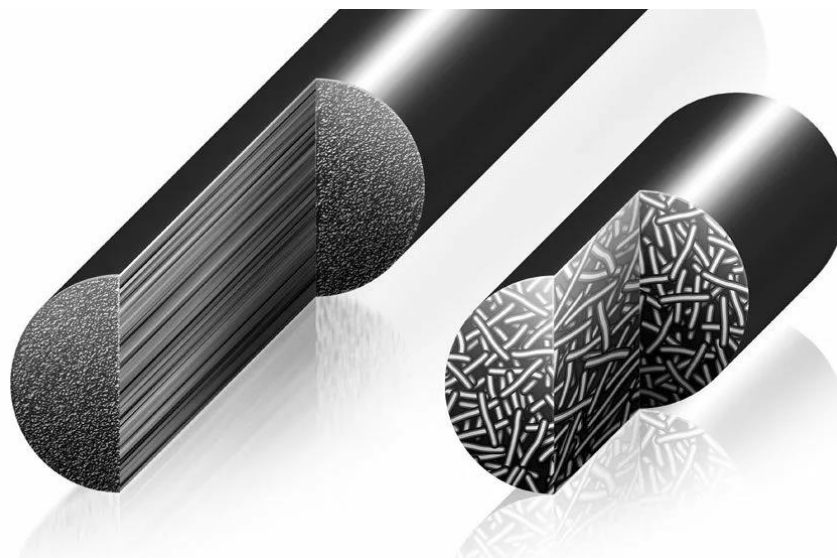


Рис. 3. Строение композитов на основе матриц из металлических порошков

### **Некоторые преимущества композитов на основе матриц из металлических порошков:**

- повышенная жаропрочность. Композиты могут работать при температурах на 200 °С выше, чем аналогичные детали из никелевых жаропрочных сплавов;
- снижение веса деталей. Например, использование композитов с матрицей на основе титана или интерметаллидных сплавов позволяет снизить вес деталей до 50% по сравнению с традиционно применяемыми титановыми сплавами;



- повышенная износостойкость и твёрдость. Композиты с металлической матрицей могут значительно повысить износостойкость и твёрдость алюминиевых сплавов;

- устойчивость к возгоранию. По сравнению с обычными композитами с полимерной матрицей, композиты с металлической матрицей не впитывают влагу, обладают лучшей электро- и теплопроводностью, устойчивы к радиационному повреждению и не выделяют газов.

**Заключение.** Выбор материала для корпуса ДВС зависит от множества факторов, включая тип двигателя, его рабочие параметры, требования к массе и стоимости. В настоящее время наблюдается тенденция к переходу от традиционных чугунных блоков к более лёгким и теплопроводным алюминиевым сплавам, а также к использованию композитных материалов, позволяющих достичь оптимального сочетания свойств. Однако, несмотря на преимущества алюминиевых сплавов, серый и высокопрочный чугун остаются востребованными материалами, особенно в тяжёлонагруженных дизельных двигателях. Дальнейшее развитие материаловедения и технологий обработки материалов обещает появление новых перспективных материалов для изготовления корпусов ДВС с улучшенными характеристиками.

### Литература

1. Комаров, В.И. Перспективные керамические материалы для авиадвигателей / В.И. Комаров // Наука и техника в газотурбинной промышленности. – 2021 – № 4 – С. 56–63.
2. Лахтин, Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. – М.: Металлургия. –1980. – 424 с.
3. Болтон, У. Конструкционные материалы. Металлы, сплавы, полимеры, керамика, композиты / У. Болтон. – Москва: Додэка-XXI. – 2004. – 319 с.
4. Золоторевский, В.С. Металловедение литейных алюминиевых сплавов / В. С. Золоторевский, Н. А. Белов. – Москва: МИСИС. – 2005 – 374 с.
5. Новиков, Н.А. Титановые сплавы для авиационных двигателей: современные тенденции / Н.А. Новиков // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2020. – № 5 – С. 12–20.

6. Жаропрочные никелевые сплавы для корпусов турбин / С.П. Белов // Двигателестроение. – 2019. – № 3. – С. 34–41.

**Боровиков Иван Романович**, студент группы ААХ-30б, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [borovikov.i.r-aah-30b@donnasa.ru](mailto:borovikov.i.r-aah-30b@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Фролова Светлана Александровна**, заведующий кафедрой физики и прикладной химии, кандидат химических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.

e-mail: [s.a.frolova@donnasa.ru](mailto:s.a.frolova@donnasa.ru)

## COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF MATERIALS USED FOR THE MANUFACTURE OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE HOUSINGS

*Annotation.* Various materials used in the manufacture of Internal combustion engine housings are considered.

*Keywords:* Aluminum, Cast Iron, Alloy.

**Borovikov Ivan Romanovich**, student of the ААН-30b group, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Frolova Svetlana Aleksandrovna**, Head of the Department of Physics and Applied Chemistry, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.



УДК 548.4

Рыбкина В.Д.,

студ. группы ЭУН-9а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.т.н., доцент Покинтелица Е.А.,

доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ**

*Аннотация.* Исследованы взаимосвязи между дефектами кристаллической структуры и их физическими характеристиками. В статье рассматриваются различные типы дефектов и анализируется их влияние на свойства материалов.

*Ключевые слова:* кристаллы, дефекты, вакансии, дислокации, поверхностные дефекты, объемные дефекты.

**Введение.** Кристаллы представляют собой твердые тела с периодическим расположением атомов или ионов. Однако, реальная структура кристаллов далека от идеальной. В ней всегда присутствуют дефекты, которые оказывают значительное влияние на физические свойства материалов [1, 2]. Изучение этих дефектов имеет важное значение для науки и промышленности, поскольку позволяет управлять характеристиками материалов, улучшая их прочность, электропроводность, теплопроводность и оптические свойства.

**Постановка задачи.** Рассмотреть основные виды дефектов в кристаллах, их природу и роль в изменении характеристик кристаллов.

**Результаты.** Дефекты классифицируют по геометрическому признаку:

- точечные дефекты (вакансии, межузельные атомы, примеси) – нарушение структуры в пределах одного атомного узла;
- линейные дефекты (дислокации) – искажения, распространяющиеся вдоль линии;

- поверхностные дефекты (границы зерен, двойниковые границы) – нарушения на поверхностях раздела;
- объемные дефекты (трещины, поры, включения) – макроскопические неоднородности.

**Влияние дефектов на физические свойства.**

**Электрические свойства.** Точечные дефекты играют ключевую роль в полупроводниках. Например, легирование кремния фосфором (примесный атом) создает свободные электроны, повышая проводимость. Вакансии в оксидных материалах могут менять электронный транспорт, что используется в сенсорах и топливных элементах.

**Механические свойства.** Дислокации определяют пластичность металлов. Их движение под нагрузкой вызывает деформацию. Управление плотностью дислокаций (например, при холодной обработке) повышает прочность. Однако избыток дислокаций приводит к хрупкости. Границы зерен в поликристаллах тормозят распространение дислокаций, увеличивая твердость (эффект Холла-Петча).

**Тепловые свойства.** Вакансии и межузельные атомы рассеивают фононы, снижая теплопроводность. Это важно для термоэлектрических материалов, где низкая теплопроводность повышает КПД. Объемные дефекты (поры) также ухудшают перенос тепла.

**Оптические свойства.** Примесные ионы в кристаллах рубина (хром в  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) вызывают поглощение света, придавая материалу цвет. Дефекты в алмазах (азотные вакансии) создают центры люминесценции, используемые в квантовых технологиях.

**Практическое применение управления дефектами:**

- полупроводниковая электроника: легирование для создания р-п-переходов;
- металлургия: легирование стали углеродом и термообработка для изменения дислокационной структуры;

- фотоника: внедрение редкоземельных ионов в кристаллы для лазеров;
- наноматериалы: контроль границ зерен для повышения прочности наноматериалов.

**Методы исследования дефектов.** С помощью электронной микроскопии (ТЕМ, SEM) происходит визуализация дислокаций и границ зерен. Рентгеновская дифракция дает анализ искажений решетки. Спектроскопия изучает влияние примесей на оптические свойства.

**Дефекты как инструмент прогресса.** Дефекты не всегда нежелательны. Например, вакансии в алмазах используются для квантовых вычислений, а дислокации в сплавах — для создания сверхпластичных материалов. Современные исследования фокусируются на управлении дефектами в 2D-материалах (графен, MoS<sub>2</sub>) и высокотемпературных сверхпроводниках.

**Вывод.** Дефекты в кристаллических решетках играют ключевую роль в определении физических свойств материалов. Они могут значительно влиять на механические, электрические и тепловые характеристики, а также на оптические свойства. Дефекты могут как улучшать, так и ухудшать производительность материалов в зависимости от их концентрации и типа. Понимание этих взаимодействий позволяет ученым и инженерам разрабатывать новые материалы с заданными свойствами, что имеет важное значение для инноваций в различных отраслях, от электроники до строительных материалов.

### Литература

1. Тагиров, Т. Влияние дефектов на физические свойства кристаллов / Т. Тагиров. // Молодой ученый. - 2016. - № 17 (121). - С. Т.1. 117-119. - URL: <https://moluch.ru/archive/121/33597/> (дата обращения: 18.03.2025).
2. Крачевский, С.А. Физика кристаллов / С.А. Крачевский. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. — 384 с.

**Рыбкина Владислава Денисовна**, студентка группы ЭУН-9а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286128, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [rybkina.v.d-eun-9a@donnasa.ru](mailto:rybkina.v.d-eun-9a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Покинтелица Елена Анатольевна**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286128, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru](mailto:o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru)

## THE EFFECT OF DEFECTS ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF CRYSTALS

*Annotation.* The interrelationships between defects in the crystal structure and their physical characteristics are investigated. The article discusses various types of defects and analyzes their effect on the properties of materials.

*Keywords:* crystals, defects, vacancies, dislocations, surface defects, bulk defects.

**Rybkina Vladislava Denisovna**, student of the EPM-9a, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286128, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Pokintelitsa Elena Anatolyevna**, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physics and Applied Chemistry, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286128, Makeyevka, Derzhavin str., 2.



# СЕКЦИЯ «АВТОМАТИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»



УДК 332.3; 332.7; 681.51

Сельский П.В.,

студ. группы ЗГКм-9а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Бойко Е.В.,

студ. группы ЗГКм-9а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

Научный руководитель: к.х.н., доцент Сельская И.В.,

заведующая кафедрой автоматизация и электроснабжение в строительстве,

ФГБОУ ВО «ДОННАСА»;

Сельская В.В.,

старший преподаватель кафедры землеустройства и кадастров,

ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА И ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Аннотация.* Автоматизированный мониторинг земельных территорий пищевых предприятий в том числе и недействующих предприятий промышленности, необходимо проводить как для сохранения жизненного цикла предприятия, а для недействующих дает возможность на перспективу его восстановления и развития. В этом плане должны использоваться компьютерные технологии автоматизации обработки землеустроительной информации.

*Ключевые слова:* автоматизация мониторинга, земельные территории, предприятия пищевой промышленности, недействующие предприятия.

**Введение.** Как известно земля является основным природным ресурсом. Это главное материальное условие жизни и деятельности людей, а также основа для базового размещения и, естественно, развития всех отраслей народного

хозяйства. Поэтому важнейшие условия существования и роста благосостояния народа является организация рационального использования и охраны земли. Для этих целей в настоящее время активно внедряется автоматизация мониторинга земельных территорий. А это дает главное - обоснование параметров земельных участков предприятий. И как следствие этого позволяет оптимизировать процесс проектирования, снизить затраты и повысить эффективность использования территории [1, 2].

**Постановка задачи.** Автоматизированный мониторинг земельных территорий пищевых предприятий в том числе и недействующих предприятий промышленности, необходимо проводить как для сохранения жизненного цикла предприятия, а для недействующих дает возможность на перспективу его восстановления и развития. В этом плане должны использоваться компьютерные технологии автоматизации обработки землеустроительной информации. Внедрение систем автоматизации особенно актуально для предприятий пищевой промышленности и для недействующих предприятий, где необходимо учитывать санитарные зоны, логистику сырья и готовой продукции, а также возможность перспективного развития производства [3].

**Результаты.** Автоматизированные системы земельного кадастра для современной практики должны включать в себя следующие ключевые аспекты автоматизации [1, 2, 3, 4]:

- сбор и анализ исходных данных (интеграция с ГИС (геоинформационными системами) для анализа рельефа, почв, гидрологии и обновление координатной и семантической информации по отдельным субъектам землепользования;
- наличие программного комплекса по обработке материалов полевых измерений, средства автоматизированного ввода данных (из памяти электронных геодезических приборов), средства ввода графической информации, программы для обработки графики и автоматизированного черчения;



## СЕКЦИЯ «АВТОМАТИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»

- автоматизированную систему средства оцифровки топографо-геодезических работ и оцифровки картографических материалов, что обеспечивает получение и исправление цифровых описаний земельных участков для их последующей загрузки в базу данных системы;
- автоматизированное проектирование САПР (проработка вариантов планировки с учетом технологических потоков, 3D-моделирование для визуализации и оценки эффективности);
- расчет площади участка (определение зон: производственные цеха, склады, административные здания, инженерные сети, зоны охраны);
- анализ транспортной доступности и логистики;
- автоматизированную подготовку документов на право пользования (владения) землей и регистрацию выданных документов;
- учет будущего расширения предприятия, оптимизация компактности для минимизации затрат на инфраструктуру;
- учет нормативных требований (СП, СанПиН, градостроительные регламенты);
- оценка экономической эффективности (расчет стоимости земельного участка, подготовки территории, подключения к коммуникациям, сравнение альтернативных вариантов размещения);
- нормативно-правовое обоснование (автоматическая проверка соответствия градостроительным нормам, формирование отчетов для согласования в госорганах).

Для автоматизации мониторинга и обоснования параметров земельного участка предприятий используют выработанные практикой общепризнанные методики [1,2,3,4]:

- для анализа и мониторинга территорий – это ГИС-системы (ArcGIS, QGIS);
- для проектирования – это программы САПР (AutoCAD, Revit, Компас-3D);

- для расчета земельных участков –это специализированное программное обеспечение (например, «Гектар»);

- для подбор оптимальных параметров на основе исторических данных – это компьютерные технологии.

Рассмотрим этапы мониторинга и обоснования промышленных земель, включающих также и предприятия пищевой промышленности, и недействующие предприятия, и инструменты, которые используются для автоматизации этих процессов.

Первый этап включает:

- формирование исходных данных (технологические требования, логистика, инфраструктура).

Инструментами для первого этапа являются:

- для оценки рельефа, грунтов, экологических ограничений –используют ГИС-анализ (ArcGIS, QGIS),

- для проверки кадастровой стоимости, обременений – используют базы данных (например, Росреестр).

Второй этап включает:

- расчёт оптимальной площади участка,
- определение зонирования сюда входят: производственная зона (цеха, склады), административно-бытовая зона (офисы, столовые, медпункт), инженерная инфраструктура (подстанции, очистные, котельные), санитарно-защитная зона.

Инструментами второго этапа являются:

- специализированное программное обеспечение для математических расчетов (SMath Studio и другие),

- скрипты на базе Python для расчёта согласно установленным нормативам.

Третий этап включает:

- оптимизацию планировки (минимизации длины коммуникаций, соблюдения противопожарных разрывов, удобства логистики).

Инструментами третьего этапа являются:

## СЕКЦИЯ «АВТОМАТИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»

- для проектирования генплана – это программа AutoCAD Civil 3D.
- для параметрического моделирования – это программа Revit + Dynamo.

Четвертый этап включает:

- проверка на соответствие нормам (градостроительный план, СанПиН, СП).

Инструментами четвертого этапа являются:

- база нормативных документов – это программа NormaCS,
- собственные алгоритмы (например, проверка расстояний в AutoCAD через API).

Пятый этап включает:

- экономическое обоснование (кадастровая стоимость участка, затраты на подготовку территории, стоимость подключения к коммуникациям).

Инструментами пятого этапа являются:

- анализ нескольких участков (сравнение по критериям стоимости и логистики).
- прогнозирование роста стоимости земли – это программное обеспечение Machine Learning.

**Выводы.** Автоматизация мониторинга земельных территорий предприятий, включающих также и пищевые предприятия, и недействующие предприятия промышленности должна проходить на базе современного программного обеспечения с использованием новых информационных технологий. Автоматизация мониторинга и обоснования параметров земельного участка предприятий дает реальное практическое видение работоспособности и перспективы развития. Это также позволяет снизить временные затраты на проектирование, минимизировать количество человеческих ошибок, провести оптимизацию логистики и технологических процессов, ускорить согласования нормативной документации за счет автоматического формирования документов. И что не мало важно сохранить интеграцию промышленных предприятий пищевой промышленности в экономическую жизнь региона в случае прекращения функционирования. А для недействующих предприятий

возможность реанимации. Это возможно также благодаря постоянному мониторингу проведения ускоренного процесса реновации и редевелопмента.

### Литература

1. Барсукова, Г. Н. Мониторинг и охрана земельных ресурсов: учеб. пособие / Г. Н. Барсукова, Э. Н. Цораева. – Краснодар: КубГАУ, 2021. – 128 с.
2. Липски, С. А. Правовое обеспечение земельного надзора (контроля) и мониторинга земель: учеб. пособие. – Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2025. – 142 с. – URL: [www.iprbookshop.ru/145160.html](http://www.iprbookshop.ru/145160.html) (дата обращения: 28.03.2025).
3. Автоматизированные системы кадастра недвижимости: учебное пособие для обучающихся направления подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры ФГБОУ ВО Приморская ГСХА / сост. Г.М. Сидорова – ФГБОУ ВО Приморская ГСХА. – Уссурийск: ФГБОУ ВО Приморская ГСХА, 2015. – 96 с.
4. Бешенцев, А. Н. Геоинформационные системы управления земельными ресурсами: учебное пособие / А. Н. Бешенцев. – Саратов: Профобразование, 2022. – 94 с.

**Сельский Петр Викторович**, студент группы ЗГКм-9а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286128, Российская Федерация, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [selskiy.p.v-zgkmag-9a@donnasa.ru](mailto:selskiy.p.v-zgkmag-9a@donnasa.ru)

**Бойко Евгений Витальевич**, студент группы ЗГКм-9а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286128, Российская Федерация, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [boyko.e.v-zgkmag-9a@donnasa.ru](mailto:boyko.e.v-zgkmag-9a@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Сельская Ирина Владимировна**, к.х.н., доцент, заведующая кафедрой кафедры автоматизации и электроснабжения в строительстве, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286128, Российская Федерация, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [i.v.selskaya@donnasa.ru](mailto:i.v.selskaya@donnasa.ru)

**Сельская Виктория Владимировна**, старший преподаватель кафедры землеустройства и кадастров, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286128, Российская Федерация, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [v.v.selskaya@donnasa.ru](mailto:v.v.selskaya@donnasa.ru)

## **AUTOMATION OF MONITORING AND JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF LAND PLOTS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES**

*Annotation.* Automated monitoring of land areas of food enterprises, including non-operating industrial enterprises, must be carried out both to preserve the life cycle of the enterprise, and for non-operating enterprises it provides an opportunity for the prospect of its restoration and development. In this regard, computer technologies for the automation of land management information processing should be used.

*Keywords:* Automation of monitoring, land areas, food industry enterprises, inactive enterprises.

**Selsky Petr Viktorovich**, student of ZGKm-9a group, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286128, Russian Federation, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

**Boyko Evgeniy Vitalievich**, student of ZGKm-9a group, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286128, Russian Federation, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Selskaya Irina Vladimirovna**, PhD, Associate Professor, Head of the Department of Automation and Power Supply in Construction, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286128, Russian Federation, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

**Selskaya Victoria Vladimirovna**, Senior Lecturer, Department of Land Management and Cadastres, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286128, Russian Federation, DPR, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

e-mail: [v.v.selskaya@donnasa.ru](mailto:v.v.selskaya@donnasa.ru)



УДК 69.051

Штах А.А.,  
студ. группы ИЗОС – 9 а, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»  
Научный руководитель: Заикина А.Г.,  
ассистент кафедры автоматизация и электроснабжение  
в строительстве, ФГБОУ ВО «ДОННАСА»

### **ВЛИЯНИЕ ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ЭКОЛОГИЮ**

*Аннотация.* Рассмотрено влияние ветровой энергетики на экологию. Произведен комплексный анализ влияния ветроэнергетики на окружающую среду, включая как положительные, так и негативные последствия.

*Ключевые слова:* ветровая энергетика, возобновляемые источники энергии, ветропарки, утилизация.

**Введение.** В условиях глобального изменения климата и растущей потребности в энергии ветроэнергетика приобретает все большее значение как один из наиболее перспективных и экологически чистых источников энергии. Однако, как и любой другой способ получения энергии, ветроэнергетика не лишена экологических последствий.

Ветровая энергетика – это отрасль энергетики, основанная на преобразовании кинетической энергии воздушных масс (ветра) в электрическую или механическую энергию. Это осуществляется с помощью ветряных турбин (ветряков) – устройств, которые преобразуют энергию ветра во вращательную энергию, которая затем приводит в действие генератор, вырабатывающий электроэнергию. Ветряки могут быть как отдельными установками, так и частью ветряных электростанций или ветропарков, представляющих собой группы ветряных турбин, расположенных на определённой территории. Ветряная

энергетика относится к возобновляемым источникам энергии, поскольку использует природный ресурс, который постоянно возобновляется.

**Постановка задачи.** Переход к ветряной энергетике обусловлен несколькими ключевыми факторами:

- традиционная энергетика, основанная на ископаемом топливе, является основным источником выбросов парниковых газов, вызывающих глобальное потепление и изменение климата;

- использование возобновляемых источников энергии, таких как энергия ветра, снижает зависимость стран от импорта ископаемого топлива, повышая энергетическую безопасность;

- запасы ископаемого топлива ограничены, и его добыча оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду;

- ветровая энергетика создает новые рабочие места в сфере производства, установки, обслуживания и эксплуатации ветряных турбин;

- развитие ветроэнергетики способствует устойчивому развитию экономики электроэнергетики, обеспечивая экологически чистое и надежное энергоснабжение, стимулируя инновации и создавая новые экономические возможности.

Сегодня ветряная энергетика обладает рядом преимуществ и недостатков, которые необходимо учитывать при её развитии. К преимуществам можно отнести:

- низкое воздействие на окружающую среду;

- ветер – это возобновляемый ресурс, ветряные турбины используют энергию, которая постоянно пополняется за счет природных процессов;

- использование энергии ветра снижает зависимость от импорта ископаемого топлива, повышая энергетическую безопасность;

- технологии ветроэнергетики постоянно совершенствуются и становятся все более доступными.

Среди минусов выделяются:

- ветрогенераторы имеют высокую стоимость, что ведет к большому сроку окупаемости;
- вращающиеся лопасти ветряных турбин опасны для птиц и летучих мышей, которые могут столкнуться с ними и погибнуть;
- ветряные турбины производят шум, который может вызывать дискомфорт у людей, живущих вблизи ветропарков;
- выработка электроэнергии ветряными турбинами зависит от скорости ветра, которая может меняться в течение суток и года. Это требует наличия резервных источников энергии или систем хранения энергии;
- ветряные турбины занимают небольшую площадь, а строительство ветропарков требует значительных территорий, что оказывать влияние на экосистемы;
- ветряные турбины могут создавать помехи для работы радиолокационных систем и навигационного оборудования;
- производство ветряных турбин требует использования различных материалов, включая редкоземельные металлы;
- утилизация старых турбин представляет собой сложную задачу.

Не следует также забывать, что одним из основных условий при проектировании ветровых установок – обеспечение их защиты от разрушения очень сильными случайными порывами ветра.

**Результаты.** Ветряная энергетика, несмотря на свои экологические преимущества, может оказывать негативное воздействие на окружающую среду. Важно понимать эти воздействия и принимать меры по их снижению. На сегодняшний день утилизация отслуживших свой срок ветряных турбин – сложная, но важная задача.

К основным подходам утилизации относятся:

- разработка технологии переработки композитных материалов, позволяющие извлекать ценные компоненты (волокно, смолы) и использовать их повторно;



- повторное использование лопастей в качестве строительных материалов или для изготовления других изделий;
- сжигание композитных материалов для получения тепла и энергии;
- захоронение на специальных полигонах;
- создание новых композитных материалов, более пригодных для переработки и утилизации.

Утилизация ветряных турбин является важным аспектом экологической ответственности ветроэнергетики. Необходимо разрабатывать и внедрять эффективные и экономически выгодные методы утилизации, чтобы минимизировать воздействие на окружающую среду.

Для минимизации негативного воздействия ветровой энергетики необходимо:

- учитывать экологические особенности территорий, выбирать оптимальные места для размещения ветропарков;
- применение технологий, снижающих риск столкновения с птицами и летучими мышами, уменьшающих шум и повышающих эффективность работы ветряных турбин;
- соблюдение строгих экологических стандартов на всех этапах жизненного цикла ветряных турбин: от производства до утилизации;
- регулярно проводить мониторинг экологического воздействия ветропарков и оценивать эффективность принимаемых мер.

Существует множество проектов по производству электроэнергии от ветра, однако некоторые из них являются крупнейшими и более известными, пример:

- ✓ Гвардфорд-Китайская ветровая ферма: это крупнейший в мире проект по производству электроэнергии от ветра, расположенный на северо-западном побережье Китая. Его установленная мощность составляет 7 965 МВт;
- ✓ Ветропарк «Сарапулка» – расположенный в Удмуртии на западе России, этот ветропарк мощностью около 35 МВт начал работу в 2020 г.

Эти проекты являются только частью из более чем 6000 ветровых электростанций, которые сегодня работают в разных странах мира. Несмотря на негативное воздействие на экологию, ветроэнергетика все равно остается одним из наиболее перспективных и экологически чистых источников возобновляемой энергии.

**Выводы.** Ветряная энергетика может внести значительный вклад в решение экологических проблем, но ее развитие должно основываться на принципах устойчивости и экологической ответственности. Только комплексный подход, учитывающий, как положительные, так и отрицательные аспекты, позволит максимально реализовать потенциал ветряной энергетики и минимизировать ее воздействие на окружающую среду. Дальнейшее развитие и совершенствование технологий, а также постоянный мониторинг и оценка экологических последствий – ключ к устойчивому и экологически чистому развитию ветроэнергетики.

### Литература

1. Власов В. К. Ветроэнергетические установки: монография / В.К. Власов. – Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 316 с.
2. Энергия ветра: преимущества и недостатки. – URL <http://electricalschool.info/energy/1539-jenergija-vetra-preimushhestva-i.html> (дата обращения: 22.03.2025).
3. Нечаев И. С. Особенности и проблемы развития ветровой энергетики / И. С. Нечаев, Д. Е. Шонина // Молодой ученый. – 2019. – № 15 (253). – С. 44-46. – URL: <https://moluch.ru/archive/253/57941/> (дата обращения: 26.03.2025).
4. Краснова Н.П. Нетрадиционные источники энергии: учебное пособие для СПО / Н.П. Краснова, А.С. Горшенин, Ю.И. Рахимова, И.В. Макаров; Самарский государственный технический университет. – Саратов: Профобразование, 2022. – 59 с.

5. Ветроэнергетика: как работает, преимущества и недостатки, развитие в мире и России. – URL: <https://www.renwex.ru/ru/ii/vetroehnergetika/> (дата обращения: 12.03.2025).

**Штах Анна Антоновна**, студентка группы ИЗОС-9а, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [shtah.a.a-izos-9a@donnasa.ru](mailto:shtah.a.a-izos-9a@donnasa.ru).

Научный руководитель:

**Заикина Анна Георгиевна**, ассистент кафедры автоматизация и электроснабжение в строительстве, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [a.g.zaikina@donnasa.ru](mailto:a.g.zaikina@donnasa.ru).

## THE IMPACT OF WIND ENERGY ON THE ENVIRONMENT

*Annotation.* The influence of wind energy on the environment is considered. A comprehensive analysis of the impact of wind energy on the environment, including both positive and negative effects, has been carried out.

*Keywords:* wind energy, renewable energy sources, wind farms, recycling.

**Anna Antonovna Shtakh**, student of the IZOS-9a group, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Anna Georgievna Zaikina**, Assistant Professor of the Department of Automation and Power Supply in Construction, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeevka, Derzhavin str., 2.



УДК 696/699:681.51

Неделяев Е.А.,

студент группы ПГС-76а, ФБГОУ ВО «ДОННАСА»,

Научный руководитель: Волчков А.Н.,

ст. преподаватель кафедры «А и ЭС» ФБГОУ ВО «ДОННАСА»

## **СИСТЕМА ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ И ОХРАНЫ В «УМНОМ ДОМЕ»**

*Аннотация.* Система «Умный дом» является самой передовой технологией в мире по управлению домом. Интеллектуальная автоматика управляет всеми инженерными системами в доме, позволяет человеку чувствовать себя комфортно и в безопасности.

*Ключевые слова:* автоматизация, автоматика, видеорегистратор, видеокамера, сигнализация, охранная система, видеоаналитика.

**Введение.** Система «Умный дом» – это современный дом, оборудованный новейшими высокотехнологическими устройствами, которые информируют вас обо всем происходящем в каждом помещении вашего дома, а также на подходе к нему с выводом информации на сенсорный экран. Преимуществом системы «умного дома» является единое приложение, которое объединяет в себе управление всей системой, в которую входят: видеонаблюдение, управление и контроль энергосбережения, управление освещением, контроль и защита от протечки, охранно-пожарная система, управление климатом, управление бытовой техникой. Благодаря инженерным системам, которые соединены друг с другом с помощью Интернета и без участия человека, система «умный дом» обеспечивает преимуществами, от комфортабельности до наивысшей безопасности.

**Постановка задачи.** В системе «умный дом» применяют три основных компонента: датчики, которые принимают информацию; программируемый

логический контроллер, который обрабатывает полученные данные; оборудование, которое выполняет поставленные задачи (протоколы). В процессе работы системы «умного дома» задействовано огромное количество различных протоколов, среди которых особое значение отводится системе видеонаблюдения и охраны. С помощью видеокамер, информация передается на видеорегистраторы, после чего записывается на жесткие диски. Современные видеорегистраторы со встроенными датчиками движения, позволяют фиксировать кадры только в случае наличия перемещений. Кроме того, с сенсорной панели можно управлять видеокамерами: поворачивать их, изменять разрешение, перевести в автоматический режим. Беспроводные системы видеонаблюдения дома делают возможным вести полный видеомониторинг всех помещений и прилегающей территории даже через Интернет. У Вас будет видеоархив за любой срок, который можно просмотреть в удобное время через Интернет: всё ли в порядке в доме и окрестностях.

Беспроводная система видеонаблюдения может работать постоянно или в режиме ожидания, при этом не упуская из виду ни один уголок дома, квартиры, прилегающей территории. Цифровое видеонаблюдение интегрируется с охранными системами. Поэтому, как только тревожный видеосигнал поступит в систему охраны, «умный дом» среагирует сигнальным оповещением, сообщит о происшествии хозяину дома. Видеокамеры мгновенно среагируют на движение объектов. И в том случае, когда кто-то появится на придомовой территории камеры, моментально это запишут. При этом нет необходимости разбираться и пролистывать архив с какой видеокамеры поступил сигнал, система сама покажет нужный фрагмент. Благодаря световым датчикам не один нарушитель не сможет быть незамеченным, а видеоархив пишется даже в ночное время.

Кроме видеокамеры, необходимо установить устройство, предназначенное для обработки и хранения видеозаписей. Специальное предназначенное для этого устройство видеорегистратор. Вследствие того,

что обработка видео является достаточно ресурсоемким процессом, потребуется установить отдельный компьютер-сервер, или можно вести запись на «удалённый сервер». Возможно управлять системой видеонаблюдения как находясь дома, так и будучи в отъезде. Видеосигналы с камер обрабатываются и сохраняются в многодневный видеоархив. После чего можно управлять этими записями с любого монитора или устройства.

Наличие системы видеонаблюдения позволяет:

- захватывать максимальный радиус наблюдаемой территории благодаря устройствам позиционирования; то есть возможность управлять камерами с любого подключенного устройства;
- просматривать и управлять видеозаписями с любой камеры на мониторе, телевизоре, домофоне и любом другом устройстве отображения;
- настроить различные режимы работы – непрерывная видеозапись, запись по установленному таймеру, запись при срабатывании датчиков движения, дыма.

Особой функцией системы является видеоаналитика - Ваш домашний оператор осуществляет анализ видеосигналов. В зависимости от выявленных факторов «умный дом» сам принимает решение каким образом реагировать на ту или иную ситуацию и какие меры безопасности предпринимать. Это позволяет снизить риск ложной тревоги, пока хозяин дома в отъезде. Благодаря видео-аналитике система сможет распознать объекты или действия, представляющие «угрозу». Цифровые камеры могут определять лица, машины или же автомобильные номера. Передовые видеокамеры имеют встроенный компьютер, не требуется подключение к ПК, эти устройства являются полностью автономными, необходимо лишь подключить устройство к Интернету.

Некоторые регистраторы имеют уникальную возможность получения доступа к видеокамерам через коммуникатор iPhone. Имена пользователей, пароли и права доступа для каждого пользователя задаются пользователем с правами администратора.

**Результаты.** Установка видеонаблюдения позволит Вашему дому быть на страже безопасности круглосуточно. Вы всегда будете проинформированы о происходящем в Вашем доме и его окрестностях.

С «умным домом» Вы сможете дистанционно наблюдать и управлять работой охранного оборудования при помощи дистанционного пульта, стандартного мобильного телефона или ноутбука, подключенного к Интернету. Это позволит Вам всегда оставаться в курсе состояния вашего дома в моменты отсутствия на месте. Вы можете увидеть и корректировать любой параметр дома: включить отопление, проверить свет, активировать сигнализацию. Достаточно прикосновения – всё управление в одном месте. При этом, охранная система обеспечивает контроль доступа в Ваш дом другим с помощью ключа электронного доступа. Система видеонаблюдения узнаёт людей и предоставляет каждому только тот доступ к инфраструктуре дома, который Вы разрешите. Встроенная в «умный дом» сигнализация вовремя проинформирует Вас о несанкционированном доступе в дом или квартиру. Имитация присутствия, как будто Вы дома – система включит свет, откроет или закроет шторы и тем самым проведет защитные действия, отпугивая недоброжелателей. Вы узнаете незамедлительно о проникновении на охраняемый объект, т.к. современные высокоточные датчики моментально срабатывают на движение или открывание дверей, окон, замков и т.д. Сигнализация объявляет тревогу: отправляется текстовое сообщение на телефон, звучит предупредительная сирена, включается освещение, ведется видеозапись.

В «умном доме» периметр охраняемой территории оборудуется специализированными датчиками, которые, в свою очередь, соединены с центральным блоком управления. При возникновении той или иной нештатной ситуации (сработал датчик дыма, протечки воды, разбито стекло, взломан замок дверей и т.д.), происходит передача сигнала от датчика на главный пульт управления, что позволит своевременно предотвратить аварийную ситуацию и проинформирует об этом соответствующими

сигналами (звуковыми или световыми), и обо всех своих действиях предупредит Вас по телефону или через Интернет. Сегодня «умный дом» дублирует системы пожарной и охранной сигнализации, группу безопасности газового котла. Критически важные системы обеспечены независимой двойной защитой.

**Выводы.** «Умный дом» – автоматическая система, осуществляющая контроль и управление всеми инженерными сетями дома или квартиры, а помимо этого, она экономит время и деньги. Сегодня основной целью домашней автоматизации является, прежде всего, энергосбережение. Ведь технологии «умный дом» позволяют существенно экономить электричество и воду – основные ресурсы необходимые для функционирования современного человеческого жилища.

### Литература

1. Синенко С. А., Гинзбург В. М., Автоматизация организационно-технологического проектирования в строительстве: учебник / С. А. Синенко, В. М. Гинзбург [и др.]. – 2-е изд. – Саратов: Вузовское образование, 2019. – 235 с. – ISBN 978-5-4487-0372-0.
2. Клепиков В. В. Автоматизация производственных процессов: учеб. пособие / В.В. Клепиков, Н.М. Султан-заде, А.Г. Схиртладзе. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 208 с.
3. Ившин В. П. Современная автоматика в системах управления технологическими процессами: учеб. пособие / В.П. Ившин, М.Ю. Перухин. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 402 с.
4. Богданов, Е. П. Технологии автоматизации рабочих процессов в архитектурно-строительной отрасли / Е. П. Богданов // Молодой ученый. – 2021. – № 35(377). – С. 25-27. – URL: <https://moluch.ru/archive/377/83795/> (дата обращения: 24.04.2023).
5. Молдабаева М. Н. Автоматизация технологических процессов и производств: учебное пособие / М. Н. Молдабаева. – Москва, Вологда: Инфра-



**Неделяев Евгений Алексеевич**, студент группы ПГС-76а, ФБГОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [nedelyaev.e.a-pgsu-77g@donnasa.ru](mailto:nedelyaev.e.a-pgsu-77g@donnasa.ru)

Научный руководитель:

**Волчков Александр Николаевич**, старший преподаватель кафедры «Автоматизация и электроснабжение в строительстве» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2.

e-mail: [a.n.volchkov@donnasa.ru](mailto:a.n.volchkov@donnasa.ru)

## VIDEO SURVEILLANCE AND SECURITY SYSTEM IN A SMART HOME

*Annotation.* The Smart Home system is the most advanced home management technology in the world. Intelligent automation controls all engineering systems in the house, allowing a person to feel comfortable and safe.

*Keywords:* automation, automation, DVR, video camera, alarm system, security system, video analytics.

**Nedyaev Evgeny Alekseevich**, student of the PGS-76a group, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeyevka, Derzhavin str., 2.

Scientific supervisor:

**Volchkov Alexander Nikolaevich**, Senior Lecturer at the Department of Automation and Power Supply in Construction, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 286123, Makeyevka, Derzhavin str., 2.



Научное издание

Сборник научных трудов

XI Республиканской конференции

молодых ученых, аспирантов, студентов «Научно-технические достижения

студентов, аспирантов, молодых ученых

строительно-архитектурной отрасли» (25 апреля 2025 г.),

Научных чтений «Актуальные проблемы материаловедения»

(24 апреля 2025 г.)

Том 1: Фундаментальные науки

*Авторы научных статей несут ответственность за оригинальность текстов, а также достоверность изложенных фактов и положений.*

Ответственный редактор: к. пед. н. Чудина Е.Ю.,  
доцент кафедры высшей математики ФГБОУ ВО «ДОННАСА».

Компьютерная верстка: Чудина Е.Ю.