

ISSN 2072-0297

# МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



25  
2023  
ЧАСТЬ I

16+

# Молодой ученый

## Международный научный журнал

### № 25 (472) / 2023

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

*Главный редактор:* Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

*Редакционная коллегия:*

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



*Международный редакционный совет:*

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

---

---

На обложке изображена *Симона де Бовуар* (1908–1986), выдающаяся писательница, философ, теоретик феминизма.

Симона-Люси-Эрнестина-Мари Бертран де Бовуар родилась в Париже в семье аристократов. С раннего детства она проявляла интерес к учебе, который всячески поддерживал ее отец. Он с раннего возраста давал ей книги и поощрял ее любовь к чтению и сочинительству. При этом отец надеялся, что дочь в будущем, получив хорошее образование, выйдет замуж и будет заниматься семьей. Симона же всегда хотела быть писательницей и учительницей и продолжала активно учиться. Когда она была подростком, ее семья обанкротилась, и образование стало единственной возможностью для нее занять хорошее положение в обществе.

В подростковом возрасте Симона пережила кризис веры и отказалась от католичества. Для нее более авторитетными были науки: математика, литература и философия. После окончания школы она поступила в Сорбонну, где продолжила изучать философию. Там же Симона де Бовуар защитила диссертацию о немецком математике и философе Готфриде Вильгельме Лейбнице и стала девятой женщиной, которая окончила этот университет.

В 1929 году Симона сдала специальный экзамен в университете, который позволял ей занять должность преподавателя в любом высшем учреждении Франции. По итогу такого экзамена в общепольском рейтинге она была на втором месте. В результате Симона де Бовуар стала самой молодой преподавательницей философии во Франции — на момент экзамена ей был всего 21 год.

В годы учебы она познакомилась с Жаном-Полем Сартром — одним из основоположников экзистенциализма. Они не были женаты; хотя он делал ей предложение, она ему отказала.

В 1943 году Бовуар опубликовала свой первый роман «Она приехала, чтобы остаться», в котором описывала любовный треугольник, частью которого являлась она сама. В этом романе писательница размышляла об экзистенциальных идеалах, человеческих взаимоотношениях, проблеме выбора и муках совести. Во второй половине 1940-х годов она опубликовала еще два романа: «Кровь других» и «Все люди смертны». Она также являлась автором пьесы «Кто умрет?».

Многие исследователи определяют отношения Симоны де Бовуар и Поля Сартра как интеллектуальное партнерство. Они оба разделяли многие философские идеи, в том числе их роднила принадлежность к атеистическому экзистенциализму. При этом они были оба свободны и не зависели друг от друга. Их отношения стали олицетворением концепции Симоны де Бовуар о настоящей любви: «Настоящая любовь должна основываться на взаимности и не приводить к эксплуатации». Позднее эта концепция вошла в известный труд Симоны де Бовуар «Второй

пол». Согласно этой концепции, женщина должна стремиться помогать партнеру реализовываться, однако и он должен делать то же самое. Никто не должен жертвовать собой ради другого. Свобода — главная ценность. Фрагменты из этой книги были опубликованы в журнале *Les Temps Modernes*, который Симона де Бовуар основала вместе с Сартром, а в 1949 году вышло полное издание книги «Второй пол». Она была переведена на 50 языков и считается библией феминизма.

В 1954 году вышел роман Симоны де Бовуар «Мандарины», повествующий о жизни писателей и философов, окружающих Сартра. За этот роман ей была присуждена Гонкуровская премия, которой награждают самых выдающихся литературных деятелей Франции.

Помимо Сартра у Симоны были отношения с американским писателем Нельсоном Олгреном, поэтому общественность порицала ее за распутство. При этом связывать с ним свою судьбу феминистка тоже не собиралась.

В 1958 году она выпустила первую книгу автобиографической трилогии — «Воспоминания благовоспитанной девицы». В ней она рассказала о своей жизни до зрелого возраста. В последующих двух книгах — «Сила зрелости» и «Сила вещей» — де Бовуар описала свои отношения Сартром и другими известными людьми.

Симона де Бовуар выступала за легализацию абортов, и свои взгляды она изложила в «Манифесте трехсот сорока трех», опубликованном 5 апреля 1971 года в журнале *Le Nouvel Observateur*. В этом манифесте она призывала отменить уголовное наказание за аборты, не считая их криминальным преступлением. «Аборт — это личный выбор женщины». В итоге в 1975 году аборты во Франции были официально разрешены.

В 1966 году де Бовуар вошла в состав Международного трибунала по расследованию военных преступлений, на котором были заслушаны свидетельства о преступлениях американцев во время войны во Вьетнаме.

Симона де Бовуар никогда не была замужем, и детей у нее не было, при этом у нее была приемная дочь Сильвия де Бон, которая также увлекалась философией и восхищалась Симоной. Сильвия на протяжении многих лет сопровождала Симону де Бовуар и являлась ее доверенным лицом. Симона удочерила ее и передала свою фамилию, чтобы после смерти Сильвия распоряжалась ее наследством.

Умерла Симона де Бовуар 14 апреля 1986 года. Похоронили ее рядом с Ж.-П. Сартром на Монпарнасском кладбище в Париже.

*Информацию собрала ответственный редактор  
Екатерина Осянина*

---

---



## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА

- Шананина И. С.**  
 Применение средств ИГС GeoGebra в ходе решения задач с параметром графическим методом..... 1

### ФИЗИКА

- Заворотний А. А., Миронова В. Р.**  
 Энергетический спектр и волновая функция основных носителей заряда в резонансно-туннельных диодах, имеющих усложненный профиль легирования..... 6
- Левков А. А.**  
 Учет вкладов следующих порядков теории возмущений в сечение рождения тяжелых кварков в рамках  $k_T$ -факторизационного подхода.....10

### ХИМИЯ

- Подкопаева Е. Д.**  
 Исследование энергетических характеристик полипропиленового волокнита, модифицированного элементоксидными наноструктурами.....20

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Батчаева З. Б., Аджиев Н. Д., Аджиева С. С.**  
 Использование клиент-серверных технологий при проектировании информационной системы.....23
- Герасимова А. Р.**  
 Использование чат-ботов для бизнеса в Российской Федерации.....24
- Кочурова Л. К.**  
 Использование нейросетей при разработке видеоигр.....26

- Потапов Д. А., Емельяненко Я. И.**  
 Аналитика эффективного предотвращения дефектов программ .....30
- Турашова Ш. П., Сейдуалы К. Б.**  
 Изучение робототехники с помощью мобильных приложений .....36

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Гречушкин Д. В.**  
 Поиск оптимальной конфигурации электрической сети района нефтедобычи .....40
- Киселев Я. А., Гнедин Л. Ю.**  
 Системы автоведения подвижного состава метрополитена .....43
- Константинов В. А., Тагиров М. А.**  
 Расчет параметров ведения процесса осушки газа Ковыктинского и Чаядинского месторождений .....46
- Прокопов И. Р.**  
 Мониторинг, пеленгация радиостанций и обнаружение беспилотных летательных аппаратов при использовании анализатора спектра RSA-306B.....48
- Цыбуля А. Д.**  
 Система виртуальной разметки для безэкипажных судов: принцип работы, преимущества и недостатки, варианты внедрения .....55
- Чумакова В. В., Вуймин В. А.**  
 Исследование методов улучшения текстуры и вкусовых характеристик растительных альтернатив мясу в общественном питании .....57

### АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

- Зверева Д. Р.**  
 Инновационные технологии в агротуризме: роль архитектурных и градостроительных решений в развитии и устойчивости отрасли .....59

**Львович В. А.**

Анализ возможности внедрения технологии блокчейна при подготовке исходно-разрешительной документации строительных проектов .....61

**Первутинская О. Е.**

Формирование региональной архитектуры Горно-Алтайска .....63

**Шубина В. А.**

Влияние зеленых кровель на энергоэффективность зданий .....72

# МАТЕМАТИКА

## Применение средств ИГС GeoGebra в ходе решения задач с параметром графическим методом

Шананина Илона Сергеевна, студент магистратуры

Научный руководитель: Безумова Ольга Леонидовна, кандидат педагогических наук, доцент  
Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова (г. Архангельск)

*В работе авторы приводят краткую информацию об особенностях задачи с параметром в ЕГЭ по математике профильного уровня. Говорится об особенностях решения задач с параметрами разновидностями графического метода.*

**Ключевые слова:** задача с параметром, графический метод.

Единый государственный экзамен (ЕГЭ) — это форма государственной итоговой аттестации (ГИА), ежегодное мероприятие, в котором участвуют сотни тысяч человек. ГИА проводится в целях определения соответствия результатов освоения обучающимися образовательных программ среднего общего образования соответствующим требованиям федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования (ФГОС СОО) [8]. С момента введения ЕГЭ в 2001 году поменялось многое: были введены многие предметы, формы экзаменов, структура экзаменов. Однако ЕГЭ по математике было с самого начала.

Традиционно КИМ ЕГЭ по математике профильного уровня содержит задания разного уровня сложности. Задание № 18 (№ 17 в 2022 году) — задание с параметром, относится к заданиям высокого уровня сложности. Для успешного выполнения задания с параметром необходим, кроме прочных математических знаний, также высокий уровень математической культуры, которая формируется в течение всего периода обучения на профильном уровне обучения математике. В 2022 году результаты решения задачи с параметром оказались выше, чем за предыдущие 8 лет (рисунок 1).

Рекомендацией статистико-аналитического отчета по результатам ЕГЭ является обучение обучающихся особенностям и методам решения задач с параметром.

В методических рекомендациях для председателей и членов предметных комиссий ЕГЭ есть информация о наиболее распространенных методах решения задачи с параметром на ЕГЭ по математике профильного уровня. Помимо алгебраического метода решения есть два других, один из которых основан на геометрических представлениях, а второй — на функциональных [4]. В тех же материалах приводится пример решения задания № 17 из демонстрационного варианта ЕГЭ 2023 года функционально-графическим методом.

Вопросами, касающимися решения задач с параметрами занимались многие методисты, например, В. В. Амелькин, В. В. Мирошин, Е. М. Родионов, П. Ф. Севрюков, А. Х. Шахмейстер, П. И. Горнштейн, В. П. Моденов, О. Л. Безумова, С. Н. Котова, М. В. Шабанова, Г. А. Ястребинецкий, С. А. Шестаков и др. В методических разработках большинства этих авторов рассматривается большое многообразие методов решения задач с параметрами. Общей тенденцией является выделение методов, связанных с графическими представлениями, так называемых, графических методов решения задачи с параметром.

В методической литературе встречаются и другие названия данного метода: метод выбора из графического представления множества решений [9], графический метод [1, 5] или прием [3], координатно-графический метод [5]. В. С. Высоцкий предлагает название «графический метод», который он делит на два подхода — метод сечений и координатно-параметрический [2].





Рис. 1. Средние результаты выполнения задания

Отметим, что в некоторой методической литературе графическим методом решения задач с параметрами так же называют функционально-графический метод решения задач с параметрами [1, 3, 5]. В этом методе параметр считается неравнозначным переменной. Путаница с методом выбора из графического представления множества решений возникает по причине того, что в обоих методах необходимо изобразить на координатной плоскости некоторое множество точек. Однако главным отличием функционально-графического метода является то, что в данном методе построение графического образа происходит в плоскости  $xOy$ , а не  $aOx$  или  $xOa$  как в методе выбора из графического представления множества решений.

Таким образом, графический метод решения задач с параметрами — общее название для двух методов решения задач с параметрами — метода выбора из графического представления множества решений и функционально-графического метода решения задач с параметрами. Суть каждого из методов состоит в отображении множества точек на координатной плоскости. Различие методов состоит в выборе осей координат.

Метод выбора из графического представления множества решений заключается в том, что любую связанную пару переменной и параметра можно отметить, как координату точки плоскости. Тогда задачу с параметром можно переформулировать в задачу нахождения множества всех точек плоскости  $xOa$ , значения координаты  $x$  и параметра  $a$  которых удовлетворяют условию задачи [6]. Этот метод решения задач с параметрами В. П. Моденов называет координатно-параметрическим. Название метода связано с выбором числовых осей:  $Ox$  — координатной и  $Oa$  — параметрической. Решением при таком методе — это геометрическое место точек (ГМТ), удовлетворяющих исходному соотношению (условию).

Главной особенностью функционально-графического метода является то, что параметр здесь является неравнозначным переменной. При отображении множества точек на координатной плоскости используется плоскость  $xOy$ , в отличие от метода выбора из графического представления множества решений.

В современном процессе образования происходит развитие информационных технологий. Они находят свое применение в большинстве сфер жизни человека, в том числе и образовании. Для изучения и освоения некоторых тем школьного курса математики повышенной сложности возможно применение программного обеспечения, которое позволит сделать обучение более наглядным и доступным. Таким эффективным программным обеспечением можно считать интерактивные геометрические среды (ИГС). Вопросами применения ИГС в процессе обучения занимаются С. В. Ларин, В. Р. Майер, В. Н. Дубровский, В. Ненков, С. Гроздев, Т. Ф. Сергеева, Г. Б. Шабат, В. И. Рыжик, С. Г. Иванов, А. И. Сгибнев и др. Слово «геометрические» не обязывает учителей математики применять данный вид программ только на уроках геометрии. ИГС находят свое применение и на уроках математики и алгебры [7].

Яркими примерами систем динамической математики являются «Cabri Géomètre», «Geometer's Sketchpad» или «Живая математика», «GeoGebra», «Математический конструктор», «GEONExT». ИГС GeoGebra имеет на территории РФ широкое применение. Это ПО имеет открытый код, является общедоступным и свободно распространяемым, обладает простым интерфейсом пользователя, переведено на более, чем 40 языков мира. Соединение двух видов программного обеспечения — систем динамической геометрии и компьютерной алгебры, это отличительная особенность GeoGebra. Каждый объект в программе представлен не только в графическом виде, но и в аналитическом.

Приведем примеры решения задач, содержащих параметр, двумя разными видами графического метода.

Задание 1. Найти все значения параметра  $a$ , при каждом из которых существует решение уравнения  $|x^2 + 2a| = 4x - 1$ .

Решение.

Зададим две функции от левой и правой частей исходного уравнения:  $y_1 = |x^2 + 2a|$ ,  $y_2 = 4x - 1$ . Отображение множества точек, удовлетворяющих каждой функции, будем производить на координатной плоскости  $xOy$ . Таким образом, используемый метод в решении данной задачи — функционально-графический.

График линейной функции  $y_2(x)$  задает прямую. График функции  $y_1(x)$  — семейство парабол, модифицированных модулем. Графики данных функций представлены на рисунке 2 (график функции  $y_1(x)$  — при различных значениях параметра).

По графику видно, что «парабола» и прямая могут иметь разное количество общих точек: одну, две или не иметь общих точек вообще. Исходя из условий задачи, необходимо найти такое значение параметра, при котором графики не имеют общих точек. «Пограничное» расположение графиков — это когда прямая будет являться касательной для параболы, находящейся в верхней полуплоскости. То есть задача сводится к нахождению такого значения параметра, при котором график функции  $y_2(x)$  будет являться касательной для графика функции  $y_1(x)$ . Этим контрольным значением параметра количество решений исходного уравнения разбивается на 2 или 0. Используя возможности ИГС GeoGebra искомое значение параметра можно считать с графика:  $a = 1,5$ . Подтвердим это аналитически.

Если график функции  $y_2(x)$  — прямая, является касательной к параболы, которая располагается в I и II координатных четвертях (в таком случае выражение  $2a$  принимает положительные значения), значит, можно составить следующее уравнение:  $x^2 + 2a = 4x - 1$ . Значение дискриминанта этого квадратного уравнения, относительно переменной  $x$ , равно  $D = 20 - 8a$ . Значение дискриминанта должно быть равно 0, так как прямая и парабола должны иметь лишь одну общую точку. Решим уравнение  $20 - 8a = 0$ . Получаем, что  $a = 1,5$ .

Обратимся к графикам функций. Если ордината вершины параболы будет принимать значения, меньше, чем 3, т. е.  $a < 1,5$ , тогда «парабола» и прямая будут иметь две общие точки.

Ответ:  $a \leq 1,5$ .

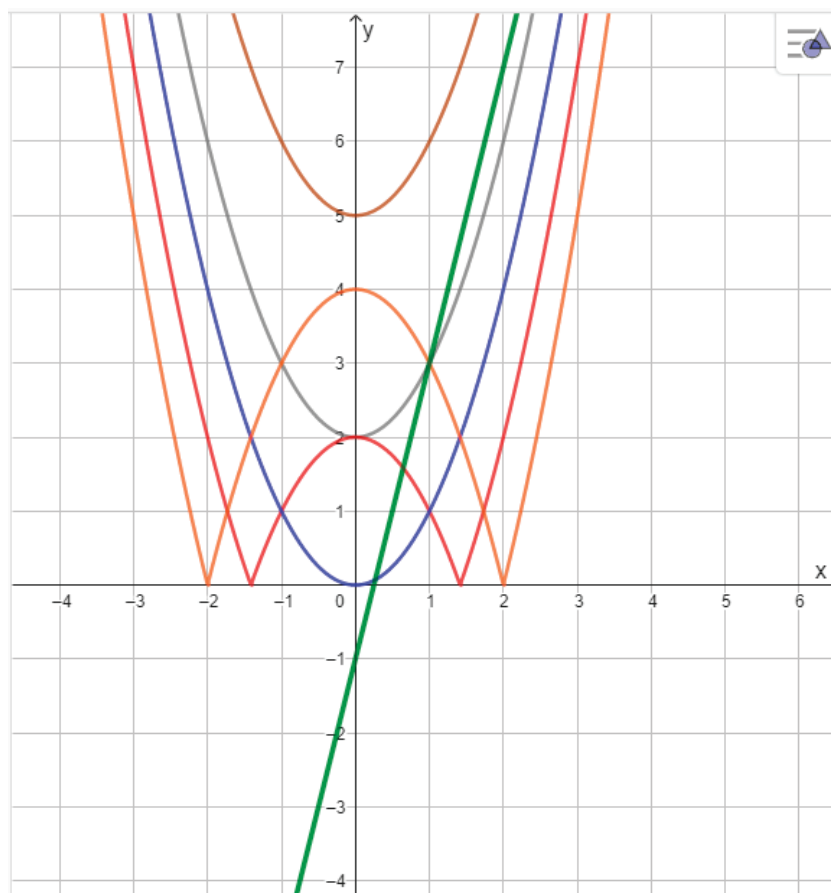


Рис. 2. Графики функций  $y_1(x)$  и  $y_2(x)$

Решая задачу с параметрами функционально-графическим методом, чтение ответа происходит с графика. При этом у решающего могут возникнуть сложности или возможно допущение ошибки. В таком случае необходимо прибегнуть к аналитическому методу решения задач с параметрами для того, чтобы избежать трудностей и проверить достоверность считанных с графика данных.

Задание 2. Найдите значение параметра  $a$ , при котором уравнение имеет 1 корень

$$\frac{x^2 - (3a - 1)x + 2a^2 - 2}{x^2 - 3x - 4} = 0.$$

Решение.

Перепишем исходное уравнение в виде равносильной ему системы:

$$\begin{cases} x^2 - (3a - 1)x + 2a^2 - 2 = 0, \\ x^2 - 3x - 4 \neq 0. \end{cases}$$

Рассмотрим отдельно каждую строчку системы.

Попробуем решить первое уравнение. Будем рассматривать квадратное уравнение относительно переменной  $x$ . Найдем значение дискриминанта:

$D = (a - 3)^2$ . При дальнейшем нахождении корней квадратного уравнения потребуется извлечь корень из дискриминанта, что требует навешивания модуля. В таком случае корни уравнения принимают следующие значения  $x_{1,2} = \frac{3a-1 \pm |3-a|}{2}$ . Нуль модуля —  $a = 3$ . При обоих случаях раскрытия модуля корни уравнения получаются одинаковыми:  $x_1 = 2a - 2$  и  $x_2 = a + 1$ . Перепишем исходную систему:

$$\begin{cases} x = 2a - 2, \\ x = a + 1, \\ x^2 - 3x - 4 \neq 0. \end{cases}$$

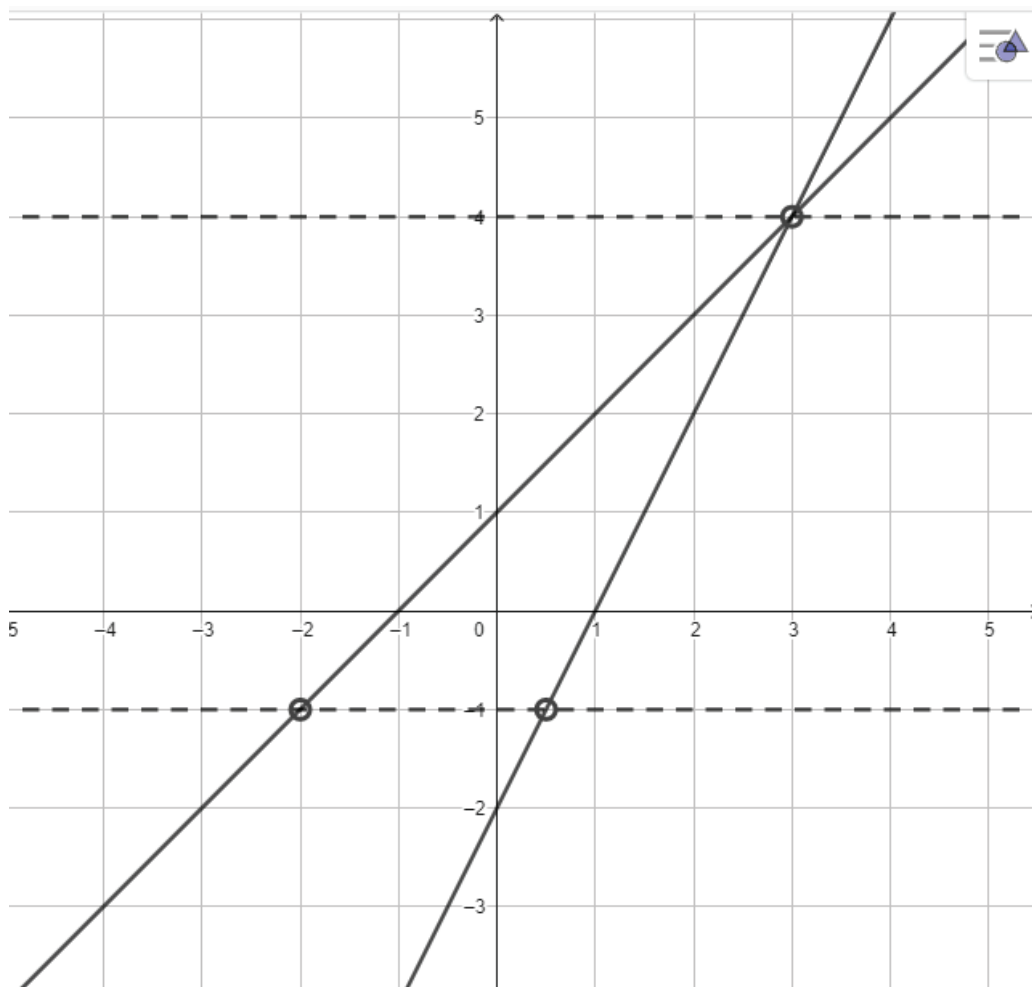


Рис. 3. Множество точек, удовлетворяющих системе



На данном этапе видно, что мы получили зависимость переменной  $x$  от параметра  $a$ . Таким образом, дальнейшее отображение множества точек будет производиться на координатной плоскости  $aOx$ .

Решим неравенство  $x^2 - 3x - 4 \neq 0$ . Получаем:  $x \neq 4$ ,  $x \neq -1$ . Система примет вид:

$$\begin{cases} x = 2a - 2, \\ x = a + 1, \\ x \neq 4, \\ x \neq -1. \end{cases}$$

Отобразим множество точек, удовлетворяющих объединению совокупностей на координатной плоскости  $aOx$  (рисунок 3).

Из условия задачи делаем вывод, что необходимо найти такие значения параметра, при которых исходное уравнение имеет единственный корень, другими словами, вертикальная прямая имеет с двумя прямыми  $x = 2a - 2$  и  $x = a + 1$  только одну общую точку. Это условие выполняется в выколотых точках. Найдем соответствующие значения параметра. Решим уравнения

$$2a - 2 = -1 \text{ и } a + 1 = -1.$$

Ответ:  $a = 2$ ,  $a = 0,5$ .

В процессе решения задачи методом выбора из графического представления множества решений, не всегда очевидно, какие именно точки необходимо отображать на плоскости. Здесь применим аналитический метод решения задачи с параметром, так как в ходе него исходное уравнение, неравенство или их система подвергаются равносильным преобразованиям. В ходе таких преобразований необходимо получить зависимость параметра от переменной (или наоборот).

Подводя итог всему вышесказанному, можно сказать, что графический метод решения задач с параметрами выделяется многими авторами и методистами наравне с другими различными методами решения задач с параметрами. Данный метод можно разбить на два метода, имеющих явные различия при их использовании: метод выбора из графического представления множества решений и функционально-графический метод решения задач с параметрами. Общая особенность каждого из методов — отображение множества точек на координатной плоскости. Различие — выбор осей координатной плоскости:  $xOy$  или  $xOa$  и  $aOx$ .

Литература:

1. Амелькин, В. В. Задачи с параметрами: Справочное пособие по математике [Текст] / В. В. Амелькин, В. Л. Рабцевич. — Мн.: ООО «Асар», 2002. — 464 с.
2. Высоцкий, В. С. Задачи с параметрами при подготовке к ЕГЭ [Текст] / В. С. Высоцкий. — Москва: Научный мир, 2011. — 316 с.
3. Горнштейн, П. И. Задачи с параметрами. 3-е издание, дополненное и переработанное [Текст] / П. И. Горнштейн, В. Б. Полонский, М. С. Якир. — М.: Илекса, Харьков: Гимназия, 2005. — 328 с.
4. Методические материалы для председателей и членов предметных комиссий субъектов Российской Федерации по проверке выполнения заданий с развернутым ответом экзаменационных работ ЕГЭ 2023 года [Текст]: И. В. Яценко [и др.]; ФГБНУ «ФИПИ». — Москва: ФИПИ, 2023. — 114 с.
5. Мирошин, В. В. Решение задач с параметрами. Теория и практика [Текст] / В. В. Мирошин. — М.: Издательство «Экзамен», 2009. — 286 с.
6. Моденов, В. П. Задачи с параметрами. Координатно-параметрический метод [Текст]: учеб. пособ. / В. П. Моденов. — М.: Издательство «Экзамен», 2006. — 286 с.
7. Павлова, М. А. Исследовательское обучение математике учащихся основной школы во внеурочное время с использованием систем динамической геометрии [Текст]: дисс. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук: 13.00.02 / Павлова Мария Александровна; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина»]. — Архангельск, 2017. — 207 с.
8. Российская Федерация. Порядок проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего общего образования [Текст]: [Приказ Минпросвещения России, Рособрандзора от 07.11.2018 г. № 190/1512]. — М.: Минпросвещения, 2018. — 58 с.
9. Элективные математические курсы: Учеб. пособие [Текст] / М. В. Шабанова [и др.]. Поморский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. — Архангельск: Поморский университет, 2005. — 315 с.

## ФИЗИКА

### Энергетический спектр и волновая функция основных носителей заряда в резонансно-туннельных диодах, имеющих усложненный профиль легирования

Заворотний Анатолий Анатольевич, кандидат физико-математических наук, доцент;  
Миронова Владислава Романовна, студент  
Липецкий государственный технический университет

*В статье рассмотрена теоретическая одноэлектронная модель резонансно-туннельных диодов, имеющих в основной части квантовой ямы дополнительный потенциальный провал. Представлены окончательные теоретические выражения для последующего моделирования энергетического спектра и волновых функций основных носителей заряда в области квантовой ямы, служащие для дальнейшего квантового анализа их поведения.*

**Ключевые слова:** резонансно-туннельные диоды (РТД), квантовая яма, энергетический спектр, волновая функция, плотность вероятности

Последние десятилетия все более заметна тенденция перехода в электронике от микро- к наномасштабам в процессе создания ключевых узловых компонентов приборов: диодов, транзисторов, тиристоров, варикапов и т.д. [1]. И хотя все еще остается достаточно много нерешенных проблем, но продвижения в постепенном переходе к наноструктурам становятся все более явными.

В большом количестве полупроводниковых электронных устройств одним из основных узловых частей являются диоды. В ряде комплексов современного медицинского оборудования (особенно там, где задействованы высокочастотные генераторы) на смену стандартных полупроводниковых диодов начинают все более активно использовать резонансно-туннельные диоды (РТД) [2]. Такие структуры получены в результате последовательного напыления слоев на основе GaAs или GaN с различного рода примесями [3]. Полученные таким образом гетероструктуры обладают более высокой скоростью переключений и пониженной потребляемой мощностью за счет наличия в их вольт-амперной характеристике (ВАХ) участка с отрицательным дифференциальным сопротивлением [4].

Резонансно-туннельный диод широко изучается из-за его важности в области науки и техники, наноэлектроники и его потенциального применения в медицинских устройствах и схемах с очень высокой скоростью и функциональностью [2, 5]. Несмотря на то, что в этом отношении был достигнут значительный прогресс, работы по исследованию РТД с разным составом слоев, разными геометрическими размерами этих слоев все еще продолжаются. Не ослабевает интерес также к потенциальным заменам обычных полупроводниковых диодов на РТД там, где это возможно и внесет новые технологические возможности [6].

В работах [7–9] разобран наглядный пример использования РТД для различных целей в хирургии, терапии и эстетической медицине. Использование таких диодов позволяет достигать высокочастотного электрического тока, что ускоряет работу медицинских комплексов.

В настоящей работе теоретически рассматривается ситуация, когда в основную область квантовой ямы (КЯ), являющейся ключевым элементом РТД, включен дополнительный слой, обладающий большей потенциальной энергией, чем основная часть ямы, т.е. создающий так называемый «энергетический провал». Подобные структуры уже исследовались в работах [10–12], в которых было показано, что наличие дополнительного провала в центре ямы приводит к снижению энергетических уровней на несколько десятков электрон-вольт, по сравнению с ямами без него, что позволяет основным носителям заряда резонировать при более низких энергиях. Однако в указанных работах дополнительный «провал» рассматривался в центре основной части ямы, что технологически приводит к необходимости создания более трудоемкой структуры РТД, имеющей 5 нанослоев. Стоит отметить, что наличие любого слоя с близкими к соседним слоям свойствами, неизбежно приводит к «размыванию» межслоевых границ и искажению реальной ВАХ по отношению к теоретической [4, 13]. Поэтому в данной работе предлагается рассмотреть внедрение дополнительного слоя в область КЯ РТД с одной стороны ямы, близкой к потенциальным барьерам, служащим для нее стенками. Подобная структура позволяет снизить количество нанослоев с 5 до 4, что может явиться ключевым фактором в ее пользу с технологической точки зрения.

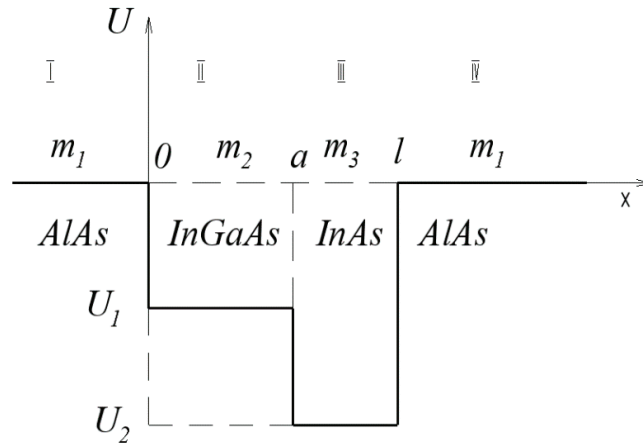


Рис. 1. Профиль дна зоны проводимости и возможный состав РТД с дополнительным «провалом» в основной части квантовой ямы

Рассмотрим теоретическую модель квантовой ямы, имеющей дополнительный потенциальный провал в основной ее области. Профиль дна зоны проводимости данной ямы представлен на рис. 1. Здесь также отмечены возможные химические составы, которыми можно добиться подобной структуры. Ширина основной части потенциальной ямы  $l$ . Начиная с некоторого значения  $a$  и до  $l$  находится дополнительный провал. Значение потенциальной энергии в основной части ямы равно  $U_1$ , а в провале —  $U_2$ .

В процессе движения основных носителей заряда (электронов), они частично взаимодействуют с атомами гетероструктуры, поэтому их эффективная масса будет меняться от слоя к слою. Значение этой массы задается следующим образом

$$m = \begin{cases} m_1, & \text{при } x < 0, x > l; \\ m_2, & \text{при } 0 < x < a; \\ m_3, & \text{при } a < x < l. \end{cases} \quad (1)$$

Значение потенциальной энергии в каждой области задается так

$$U(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0, x > l; \\ U_1, & \text{при } 0 < x \leq a; \\ U_2, & \text{при } a < x \leq l. \end{cases} \quad (2)$$

Поскольку задача стационарная (высота барьеров при переходе от слоя к слою не зависит от времени), то отыскание состояний движения частицы сводится к решению стационарного одномерного уравнения Шредингера:

$$\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + (E - U)\psi = 0. \quad (3)$$

Здесь  $m$  — масса частицы,  $E$  — ее полная энергия.

В каждой рассматриваемой области уравнение (3) с учетом (1) и (2) примет вид:

$$\begin{cases} \frac{\hbar^2}{2m_1} \frac{\partial^2 \psi_1}{\partial x^2} + E\psi_1 = 0, \\ \frac{\hbar^2}{2m_2} \frac{\partial^2 \psi_2}{\partial x^2} + (E - U_1)\psi_2 = 0, \\ \frac{\hbar^2}{2m_3} \frac{\partial^2 \psi_3}{\partial x^2} + (E - U_2)\psi_3 = 0, \\ \frac{\hbar^2}{2m_1} \frac{\partial^2 \psi_4}{\partial x^2} + E\psi_4 = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Запишем граничные условия, следующие из того, что волновая функция носителей заряда и их плотность потока должны быть непрерывны на границах рассматриваемых слоев, т. е. при переходе от одной области КЯ к другой:



$$\psi_1|_{x=0} = \psi_2|_{x=0}; \quad \psi_2|_{x=a} = \psi_3|_{x=a}; \quad \psi_3|_{x=l} = \psi_4|_{x=l}; \quad (5)$$

$$\frac{1}{m_1} \frac{\partial \psi_1}{\partial x} \Big|_{x=0} = \frac{1}{m_2} \frac{\partial \psi_2}{\partial x} \Big|_{x=0}; \quad \frac{1}{m_2} \frac{\partial \psi_2}{\partial x} \Big|_{x=a} = \frac{1}{m_3} \frac{\partial \psi_3}{\partial x} \Big|_{x=a}; \quad \frac{1}{m_3} \frac{\partial \psi_3}{\partial x} \Big|_{x=l} = \frac{1}{m_1} \frac{\partial \psi_4}{\partial x} \Big|_{x=l}. \quad (6)$$

В каждой области общее решение системы уравнений (4) для случая, когда полная энергия частицы удовлетворяет условию  $U_1 < E < 0$ , примет вид:

$$\begin{cases} \psi_1 = A_1 \exp(k_1 x), & k_1 = \sqrt{2m_1 E} / \hbar; \\ \psi_2 = A_2 \cos(k_2 x) + B_2 \sin(k_2 x), & k_2 = \sqrt{2m_2 (E - U_1)} / \hbar; \\ \psi_3 = A_3 \cos(k_3 (x - a)) + B_3 \sin(k_3 (x - a)), & k_3 = \sqrt{2m_3 (E - U_2)} / \hbar; \\ \psi_4 = B_4 \exp(-k_1 (x - l)), \end{cases} \quad (7)$$

где  $A_i, B_i$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) — коэффициенты, подлежащие определению.

После подстановки решений (7) в граничные условия (5)-(6), получаем систему уравнений относительно неизвестных параметров  $A_i$  и  $B_i$  для нахождения выражения, задающего энергетический спектр носителей заряда в области ямы:

$$\begin{cases} A_1 = A_2; \\ A_3 = A_2 \cos(k_2 a) + B_2 \sin(k_2 a); \\ A_3 \cos(k_3 (l - a)) + B_3 \sin(k_3 (l - a)) = B_4; \\ \frac{k_1}{m_1} A_1 = \frac{k_2}{m_2} B_2; \\ \frac{k_2}{m_2} B_2 \cos(k_2 a) - \frac{k_2}{m_2} A_2 \sin(k_2 a) = \frac{k_3}{m_3} B_3; \\ \frac{k_3}{m_3} B_3 \cos(k_3 (l - a)) - \frac{k_3}{m_3} A_3 \sin(k_3 (l - a)) = -\frac{k_1}{m_1} B_4. \end{cases} \quad (8)$$

Опуская процедуру решения системы (8), запишем окончательное выражение для энергии в КЯ при условии  $U_1 < E < 0$ :

$$\begin{aligned} & \frac{2k_2}{m_2} \cos(k_3 (l - a)) \cos(k_2 a) + \left[ \frac{k_1}{m_1} - \frac{k_2^2 m_1}{k_1 m_2^2} \right] \cos(k_3 (l - a)) \sin(k_2 a) + \\ & + \frac{k_2}{m_2} \left[ \frac{k_1 m_3}{k_3 m_1} - \frac{k_3 m_1}{k_1 m_3} \right] \sin(k_3 (l - a)) \cos(k_2 a) - \\ & - \left[ \frac{k_3}{m_3} + \frac{k_2^2 m_3}{k_3 m_2^2} \right] \sin(k_3 (l - a)) \sin(k_2 a) = 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Выражение (9) позволяет провести моделирование энергетического спектра основных носителей заряда в области КЯ с эффективной массой согласно (1).

В случае, если полная энергия частиц, проходящих КЯ удовлетворяет условию  $U_2 < E < U_1$ , т. е. частицы энергетически попадают в дополнительный провал, то решение аналогичной задачи дает следующее выражение:

$$\begin{aligned} & 2m_1 k_2 \operatorname{ch}(k_2 a) \cos(k_3 (l - a)) + \frac{m_2^2 k_1^2 + m_1^2 k_2^2}{m_2 k_2} \operatorname{sh}(k_2 a) \cos(k_3 (l - a)) - \\ & - \frac{m_1 m_2^2 k_1 k_3 - m_1 m_3^2 k_2^2}{m_2 m_3 k_3} \operatorname{sh}(k_2 a) \sin(k_3 (l - a)) - \\ & - \frac{m_1^2 k_2 k_3^2 - m_3^2 k_1^2 k_2 k_3}{m_3 k_1 k_3} \operatorname{ch}(k_2 a) \sin(k_3 (l - a)) = 0. \end{aligned} \quad (10)$$

Таким образом, выражения (9) и (10) полностью определяют энергетический спектр основных носителей заряда, проходящих через резонансно-туннельный диод с усложненным видом основной КЯ.

Перейдем к нахождению выражений для волновых функций частиц, движущихся через КЯ с профилем как на рис. 1.

Для этого, используя систему (8), все неизвестные коэффициенты выражаем через один, в нашем случае это был  $B_2$  и подставляем полученные результаты в условие нормировки волновой функции. Тогда получим следующее выражение

$$\int_{-\infty}^0 \psi_1^2(x) dx + \int_0^a \psi_2^2(x) dx + \int_a^l \psi_3^2(x) dx + \int_l^{+\infty} \psi_4^2(x) dx = 1. \quad (11)$$

В результате подставки (7) в (11) и нахождения соответствующих интегралов получаем следующие виды волновых функций

$$\begin{cases} \psi_1 = \frac{2\gamma_1 \sqrt{k_1 k_2 k_3}}{G} \exp(k_1 x); \\ \psi_2 = \frac{2\gamma_1 \sqrt{k_1 k_2 k_3}}{G} \cos(k_2 x) + \frac{2\sqrt{k_1 k_2 k_3}}{G} \sin(k_2 x); \\ \psi_3 = \frac{2\gamma_2 \sqrt{k_1 k_2 k_3}}{G} \cos(k_3(x-a)) + \frac{2\gamma_3 \sqrt{k_1 k_2 k_3}}{G} \sin(k_3(x-a)); \\ \psi_4 = \frac{2\gamma_4 \sqrt{k_1 k_2 k_3}}{G} \exp(-k_1(x-l)), \end{cases} \quad (12)$$

где введены следующие обозначения:

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= \frac{k_2 m_1}{k_1 m_2}; & \gamma_2 &= \frac{k_2 m_1}{k_1 m_2} \cos(k_2 a) + \sin(k_2 a); \\ \gamma_3 &= \frac{k_2 m_3}{k_3 m_2} \left[ \cos(k_2 a) - \frac{k_2 m_1}{k_1 m_2} \sin(k_2 a) \right]; \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \gamma_4 &= \frac{k_2 m_1}{k_1 m_2} \cos(k_2 a) \cos(k_3(l-a)) + \sin(k_2 a) \cos(k_3(l-a)) + \\ &+ \frac{k_2 m_3}{k_3 m_2} \cos(k_2 a) \sin(k_3(l-a)) - \frac{k_2^2 m_1 m_3}{k_1 k_3 m_2^2} \sin(k_2 a) \sin(k_3(l-a)); \\ G^2 &= 2(\gamma_1^2 + \gamma_4^2) k_2 k_3 + 2(\gamma_1^2 a k_2 + \gamma_1 + a k_2 + k_2(\gamma_2^2 - \gamma_3^2)(l-a)) k_1 k_3 + \\ &+ 2k_1 k_3 \gamma_2 \gamma_3 + (\gamma_1^2 - 1) k_1 k_3 \sin(2k_2 a) + \\ &+ (\gamma_2^2 - \gamma_3^2) k_1 k_2 \sin(2k_3(l-a)) - 2\gamma_1 k_1 k_3 \cos(2k_2 a) - 2k_1 k_2 \gamma_2 \gamma_3 \cos(2k_3(l-a)). \end{aligned} \quad (14)$$

Таким образом, выражения (12) позволяют проводить дальнейший квантовый анализ поведения основных носителей заряда, проходящих через резонансно-туннельный диод, усложненного профиля легирования, представленного на рис. 1. В частности, используя (12) для конкретной области квантовой ямы можно определить весьма важный квантовый параметр — плотность вероятности нахождения носителя заряда в той или иной области КЯ по выражению:

$$\omega(x) = |\psi(x)|^2. \quad (15)$$

**Вывод.** В работе на основе решения стационарного уравнения Шредингера с соответствующими граничными условиями, получены выражения для нахождения энергетического спектра и волновой функции основных носителей заряда. Данные выражения в последующем планируется промоделировать с помощью математических пакетов для анализа поведения энергетических уровней в зависимости от ширины дополнительного провала, его значения потенциальной энергии, т. е. глубины, с тем, чтобы технологически получить возможность наиболее оптимальных параметров для создания резонансно-туннельного диода, имеющего существенные дополнительные преимущества по сравнению с ныне существующими.

Литература:

1. Физические основы кремниевой наноэлектроники / Зебрев Г.И. // Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний.— 2014.— 240 с.
2. Узлы и элементы биотехнических систем / Н. А. Корневский, Е. П. Попечителей // Старый Оскол: ТНТ.— 2012.— 448 с.
3. СВЧ приборы и устройства на широкозонных полупроводниках / А. Г. Васильев, Ю. В. Колковский, Ю. А. Концевой // Москва: Техносфера.— 2011.— 416 с.
4. Физика низкоразмерных систем / А. Я. Шик [и др.] // Наука.— Санкт-Петербург.— 2001.— 160 с.

5. Цифровая электроника и микропроцессорные устройства в медицинской технике / В. А. Чулков // Старый Оскол: ТНТ.— 2020.— 264 с.
6. Применение цифровых схем резонансных туннельных устройств / Дж. Г. Магеллан, Ч. М. Рейдер // Москва: Радио и связь.— 1983.— 264 с.
7. Высокочастотные наносекундные генераторы для интроскопии и селективного разрушения твердых микронных тел / С. Р. Корженевский // Екатеринбург: Дис. канд. тех. наук.— 2008.— 135 с.
8. Development of high frequency generator for bipolar electrosurgical unit / A. I. Alzaidi [et. al.] // International Journal of Engineering & Technology.— 2018.— V. 7 (2.29).— P. 20–23.
9. К вопросу об актуальности и перспективности применения высокочастотных токов радиоволнового диапазона в эстетической медицине / А. И. Неробеев, А. В. Аликова // Вестник эстетической медицины.— 2010.— Т. 9, № 4.— С. 80–88.
10. Уровни энергий в квантовой яме с прямоугольными стенками сложной формы / В. Д. Дымников, О. В. Константинов // Физика и техника полупроводников.— 1995.— Т. 29, вып. 1.— С. 133–139.
11. Моделирование энергетического спектра носителей заряда в туннельно-резонансных структурах / В. В. Филиппов, А. А. Заворотный, Е. Н. Борментов // Конденсированные среды и межфазные границы.— 2011.— Т. 13, № 3.— С. 363–368.
12. Энергетический спектр носителей заряда в структурах наноэлектроники / В. В. Филиппов, А. А. Заворотный, С. В. Мицук // Липецк: Издательство ЛГПУ.— 2012.— 72 с.
13. Особенности явлений электронного переноса в анизотропных полупроводниках / В. В. Филиппов // Москва: Издательство «Спутник+».— 2015.— 259 с.

## Учет вкладов следующих порядков теории возмущений в сечение рождения тяжелых кварков в рамках $k_T$ -факторизационного подхода

Левков Анатолий Александрович, студент магистратуры

Научный руководитель: Малышев Максим Алексеевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник  
Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

*В статье рассматривается учет вкладов высших порядков теории возмущений в сечение рождения тяжелых кварков в рамках  $k_T$ -факторизационного подхода. Изучение  $b$  и  $c$  струй позволяет получить информацию о функциях распределения партонов, которые описывают вероятность нахождения кварков (в частности, тяжелых) и глюонов внутри протона или ядра. Это важно для понимания процессов, происходящих внутри протона и ядра при высоких энергиях, таких как столкновения в ускорителях. Кроме того, изучение струй тяжелых кварков позволяет проверить теоретические модели и предсказания, связанные с функциями распределения партонов. Это важно для дальнейшего развития науки и технологий, связанных с физикой высоких энергий.*

### 1. Введение

В работах в данной области, таких как [1, 2] были представлены расчеты сечений рождения  $D$ -мезонов и струй тяжелых кварков при энергиях коллайдера Теватрон в рамках  $k_T$ -факторизации. В работах [3, 4] были проведены расчеты для  $b$ -струй, а также  $D$  и  $B$ -мезонов. К результатам работ [5, 6] мы должны относиться с определенной осторожностью. Для четкого заключения о применимости распределений КМР с условием углового упорядочения (по крайней мере в 5FS) видится необходимым рассмотрение лидирующего подпроцесса  $Q^*g^* \rightarrow Q$ , к которому подпроцессы  $2 \rightarrow 2$  добавляются как поправки высоких порядков, причем с использованием определенных процедур вычитания, устраняющих двойной счет. Данная работа является подготовительной для подобной работы.

Итак, целью нашей работы является исследование процесса рождения тяжелых кварков в  $k_T$ -факторизационном подходе при энергиях LHC, основываясь на процессе  $2 \rightarrow 1$  в 5FS. Для этого мы независимо вычислим немассовый матричный элемент  $g^*Q^* \rightarrow Q$  и получим сечения рождения  $D$ -мезонов и  $b$ -струй в различных кинематических областях с помощью TMD функций распределений КМР. Полученные результаты дадут нам возможность сделать выводы о применимости этих распределений к процессам с рождением тяжелых кварков. Мы также опишем способ, с помощью которого для таких процессов можно учесть вклады высоких порядков теории возмущений, связанные с дополнительными испусканиями партонов, избегая при этом двойного счета. Таким образом, наша работа имеет большое значение для понимания и описания функций распределения и может быть использована в дальнейших исследованиях в этой области.



## 2. Теория

### 2.1. Неинтегрированные функции распределения в подходе КМР

В рамках рассмотрения процесса с использованием КМР-подхода мы предполагаем, что условие сильного упорядочивания в уравнениях ДГЛАП можно ослабить на последнем шаге партонной эволюции:

$$k_{1T} \ll k_{2T} \ll \dots \ll k_{nT} \sim \mu \tag{1}$$

Данное действие позволяет учесть большую часть логарифмических членов вида:

$\alpha_s(\alpha_s \ln \mu^2)^{n-1}$ , хотя в обычном коллинеарном приближении идет учет членов степени  $n$ . Поскольку поперечный импульс партона, входящего во взаимодействие, теперь имеет порядок величины масштаба жесткого подпроцесса, им нельзя пренебречь, и функции распределения начинают зависеть от поперечного импульса  $k_T$ .

Исходя из выше перечисленных условий, мы можем переписать уравнения ДГЛАП на масштаб  $k_t$ :

$$\frac{\partial a(x, k_t^2)}{\partial \ln k_t^2} = \frac{\alpha_s(k_t^2)}{2\pi} \sum_{a,b=q,g} \left( \int_x^1 dz P_{ab}(z) b\left(\frac{x}{z}, k_t^2\right) - a(x, k_t^2) \int_0^1 d\zeta \zeta P_{ba}(\zeta) \right) \tag{2}$$

где  $P$  — нерегуляризованные функции расщепления ДГЛАП, а  $\zeta$  введена во второй интеграл, чтобы избежать двойного счета.

Используя форм-фактор Судакова можно просуммировать все петлевые вклады.

$$\Delta_a(k_t^2, \mu^2) = \left( - \int_{k_t^2}^{\mu^2} \frac{dk_t^2}{k_t^2} \frac{\alpha_s(k_t^2)}{2\pi} \sum_b \int_0^1 d\zeta \zeta P_{ba}(\zeta) \right) \tag{3}$$

Данное выражение дает вероятность эволюции от масштаба  $k_t$  до  $\mu$  без испускания партона. После некоторых математических выкладок, окончательно получим:

$$f_q(x, k_t^2, \mu^2) = T_q(k_t^2, \mu^2) \frac{\alpha_s(k_t^2)}{2\pi} \times \int_x^1 dz \left[ P_{qq}(z) \frac{x}{z} q\left(\frac{x}{z}, k_t^2\right) \Theta\left(\frac{\mu}{\mu + k_t} - z\right) + P_{qg}(z) \frac{x}{z} g\left(\frac{x}{z}, k_t^2\right) \right] \tag{4}$$

$$f_g(x, k_t^2, \mu^2) = T_g(k_t^2, \mu^2) \frac{\alpha_s(k_t^2)}{2\pi} \times \int_x^1 dz \left[ \sum_q P_{qq}(z) \frac{x}{z} q\left(\frac{x}{z}, k_t^2\right) + P_{gg}(z) \frac{x}{z} g\left(\frac{x}{z}, k_t^2\right) \Theta\left(\frac{\mu}{\mu + k_t} - z\right) \right] \tag{5}$$

где  $P_{qq}(z), P_{qg}(z), P_{gq}(z)$  — функции расщепления в уравнении ДГЛАП в лидирующем порядке,  $q(x, \mu^2)$  и  $g(x, \mu^2)$  — коллинеарные кварковые и глюонные распределения соответственно, удовлетворяющие уравнению ДГЛАП,  $T_q, T_g$  — кварковые и глюонные форм-факторы Судакова:

$$T_q(k_t^2, \mu^2) = \exp\left(- \int_{k_t^2}^{\mu^2} \frac{dk_t^2}{k_t^2} \frac{\alpha_s(k_t^2)}{2\pi} \int_0^{z_{max}} dz P_{qq}(z)\right) \tag{6}$$

$$T_g(k_t^2, \mu^2) = \exp\left[- \int_{k_t^2}^{\mu^2} \frac{dk_t^2}{k_t^2} \frac{\alpha_s(k_t^2)}{2\pi} \left( \int_{z_{min}}^{z_{max}} dz P_{gg}(z) \right) + n_f \int_0^1 dz P_{qg}(z) \right] \tag{7}$$

На рис. 1 наглядно видно, что РВ-распределения спадают с ростом  $k_T$  гораздо быстрее, чем в случае подхода КМР: при значениях, превышающих масштаб, РВ-распределения становятся пренебрежительно малыми. Отличительное свойство распределений КМР, полученных с использованием условия углового упорядочения состоит в том, что их вклад существенен в области  $k_T > \mu$ . Утверждается, что за счет этой области происходит учет более высоких логарифмических поправок.

В качестве входных коллинеарных распределений для наших вычислений мы использовали функции MSTW2008LO [7].

### 2.2. Неинтегрированные функции распределения в подходе Parton branching (PB)

Основная идея данного метода [8, 9] заключается в том, что мы вводим в уравнение эволюции ДГЛАП параметр разрешения  $z_m$ , который позволяет разделить процессы на разрешимые и неразрешимые. Описание процессов в данном явлении будет производиться с помощью функции вероятности брэнчинга

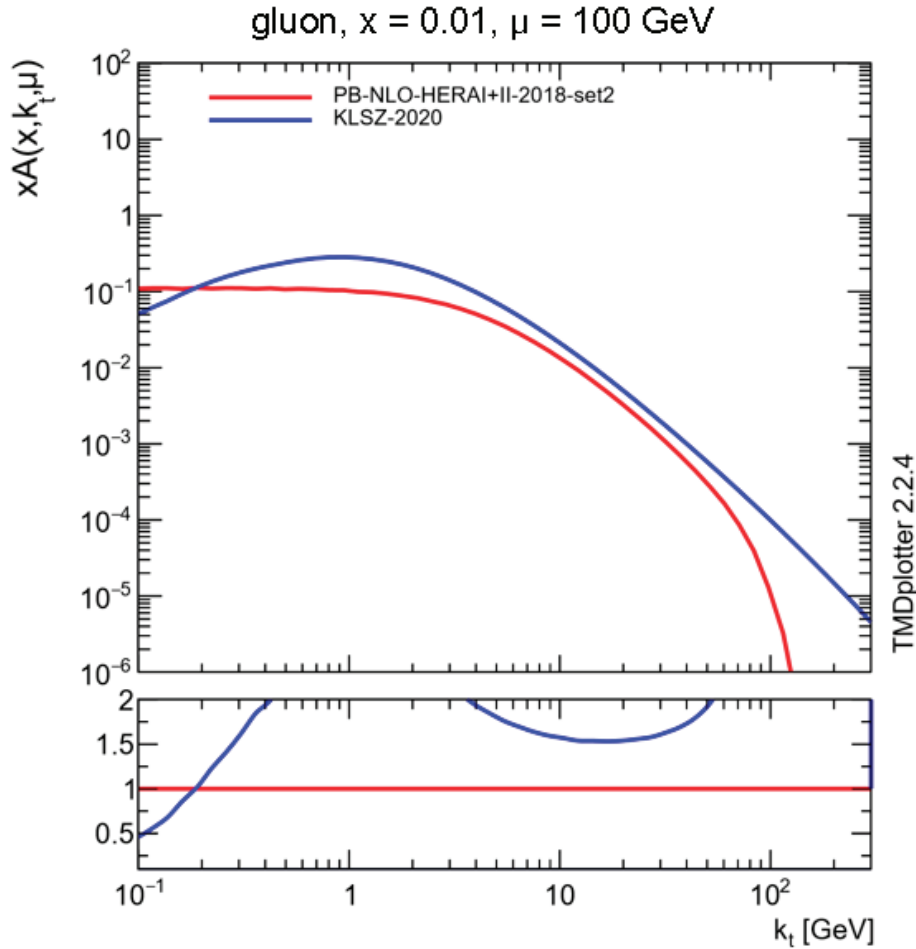


Рис. 1. График сравнения функций распределения: красным показана РВ-функция распределения, синим — KMR-функция распределения

$P_{ba}^R(\alpha_s, z_M)$  и форм-факторами Судакова. Сохраняя в ходе решения уравнений ДГЛАП методом Монте-Карло в каждом брэнчинге поперечный импульс, можно получить в итоге неинтегрированные TMD функции распределения партонов.

Уравнение эволюции для TMD РВ-распределения имеет вид:

$$\begin{aligned} \mathcal{A}_a(x, k, \mu^2) = & \Delta_a(\mu^2) \mathcal{A}_a(x, k, \mu_0^2) + \sum_b \int \frac{d^2 q'}{\pi q'^2} \frac{\Delta_a(\mu^2)}{\Delta_a(q'^2)} \Theta(\mu^2 - q'^2) \Theta(q'^2 - \mu_0^2) \\ & \times \int_x^{z_M} \frac{dz}{z} P_{ba}^R(\alpha_s, z_M) \mathcal{A}_b\left(\frac{x}{z}, k + (1-z)q', q'^2\right) \end{aligned} \tag{8}$$

где  $\Delta(\mu^2)$  — форма-фактор Судакова, а  $P_{ba}^R$  — регуляризованные функции расщепления. Учитывая, что

$$f_a(x, \mu^2) = \int \mathcal{A}_a(x, k, \mu^2) \frac{d^2 k}{\pi} \tag{9}$$

из (8) можно получить стандартное уравнение ДГЛАП:

$$f_a(x, \mu^2) = \Delta_a(\mu^2) f_a(x, \mu_0^2) + \sum_b \int_{\mu_0^2}^{\mu^2} \frac{d\mu'^2}{\mu'^2} \frac{\Delta_a(\mu^2)}{\Delta_a(\mu'^2)} \int_x^{z_M} \frac{dz}{z} P_{ba}^R(\alpha_s, z_M) f_b\left(\frac{x}{z}, \mu'^2\right) \tag{10}$$

Данные партонные плотности хорошо описывают экспериментальные данные в широком диапазоне  $x$  и  $\mu^2$ . На рис.(1) приведено сравнение функций распределения РВ и KMR (в имплементации KLSZ2020 [10]). На рис. 1 наглядно видно, что РВ-распределения спадают с ростом  $k_T$  гораздо быстрее, чем в случае подхода KMR: при значениях, превышающих масштаб, РВ-распределения становятся пренебрежительно малыми. Отметим, что подобное поведение наблюдается также и для распределений, полученных решением уравнения КЧФМ.

2.3. Расчет партонных сечений

2.3.1. Подпроцесс  $g^*q^* \rightarrow q$

В низшем порядке теории возмущений процесс рождения тяжелого кварка в 5FS будет описан данным матричным элементом:

$$|\overline{\mathcal{M}}|^2 = \frac{2}{3} \pi \alpha_s k_t^2, \tag{11}$$

что в точности совпадает с результатами работ [1, 2]. и соответствующее данному процессу сечение:

$$\sigma = \int \frac{1}{2\pi(x_1 x_2 s)^2} \mathcal{A}(x_1, k_{1t}^2, \mu^2) \mathcal{A}(x_2, k_{2t}^2, \mu^2) |\overline{\mathcal{M}}|^2 dk_{1t}^2 dk_{2t}^2 dy \frac{d\phi_1}{2\pi} \frac{d\phi_2}{2\pi} \tag{12}$$

2.3.2. Подпроцессы высших порядков  $g^*g^* \rightarrow qq^-$  и  $g^*q^* \rightarrow gq$

Данные подпроцессы можно описать представленными диаграммами Фейнмана, изображенных на рис. 2 и 3.

Подпроцесс  $g^*g^* \rightarrow qq^-$  был рассчитан в работе [11]. Можно привести формулу для сечения данного подпроцесса:

$$\sigma = \int \frac{1}{16\pi(x_1 x_2 s)^2} \mathcal{A}(x_1, k_{1t}^2, \mu^2) \mathcal{A}(x_2, k_{2t}^2, \mu^2) |\overline{\mathcal{M}}|^2 \times dp_{1t}^2 dk_{2t}^2 dy_1 dy_2 \frac{d\phi_1}{2\pi} \frac{d\phi_2}{2\pi} \tag{13}$$

Подпроцесс  $g^*q^* \rightarrow gq$  был учтен с помощью Монте-Карло генератора KaTie [12].

В этом порядке теории возмущений есть еще два подпроцесса:  $q^*q^* \rightarrow QQ^-$  и  $Q^*q^* \rightarrow Qq$ . Эти процессы включают в себя только кварки в начальном состоянии. Кварковые плотности при малых значениях переменной  $x$  значительно меньше, чем глюонные плотности. Таким образом эти вклады в рассматриваемой кинематической области будут малы, поэтому в данной работе мы ими пренебрегаем.

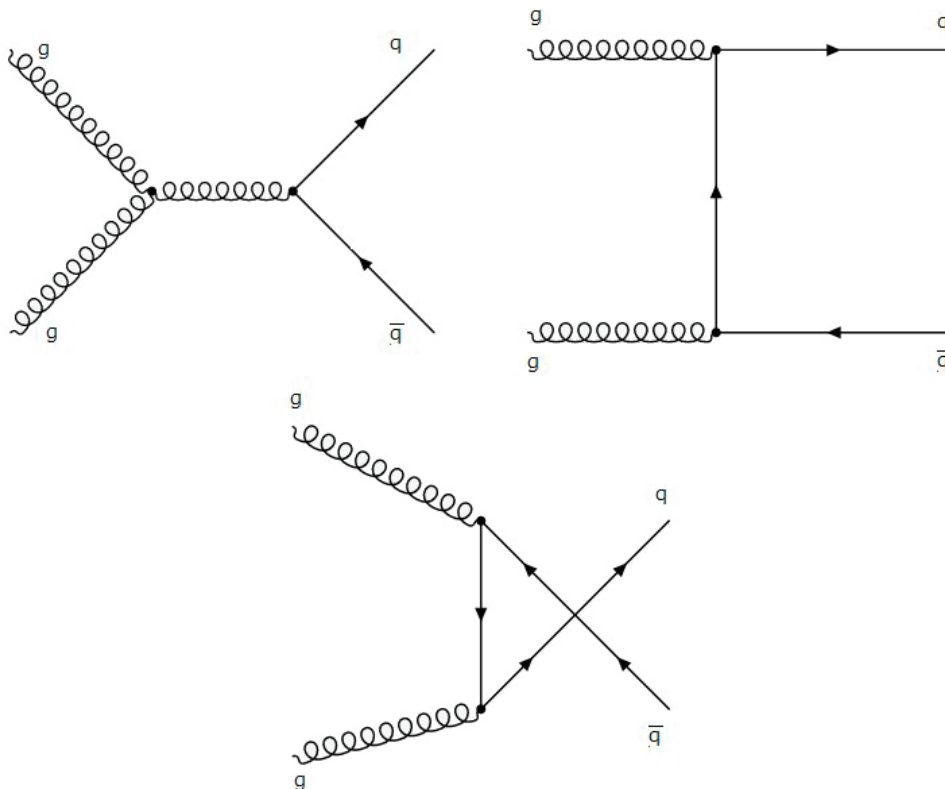


Рис. 2. Диаграмма Фейнмана для рождения пары кварк-антикварк в процессе взаимодействия двух глюонов

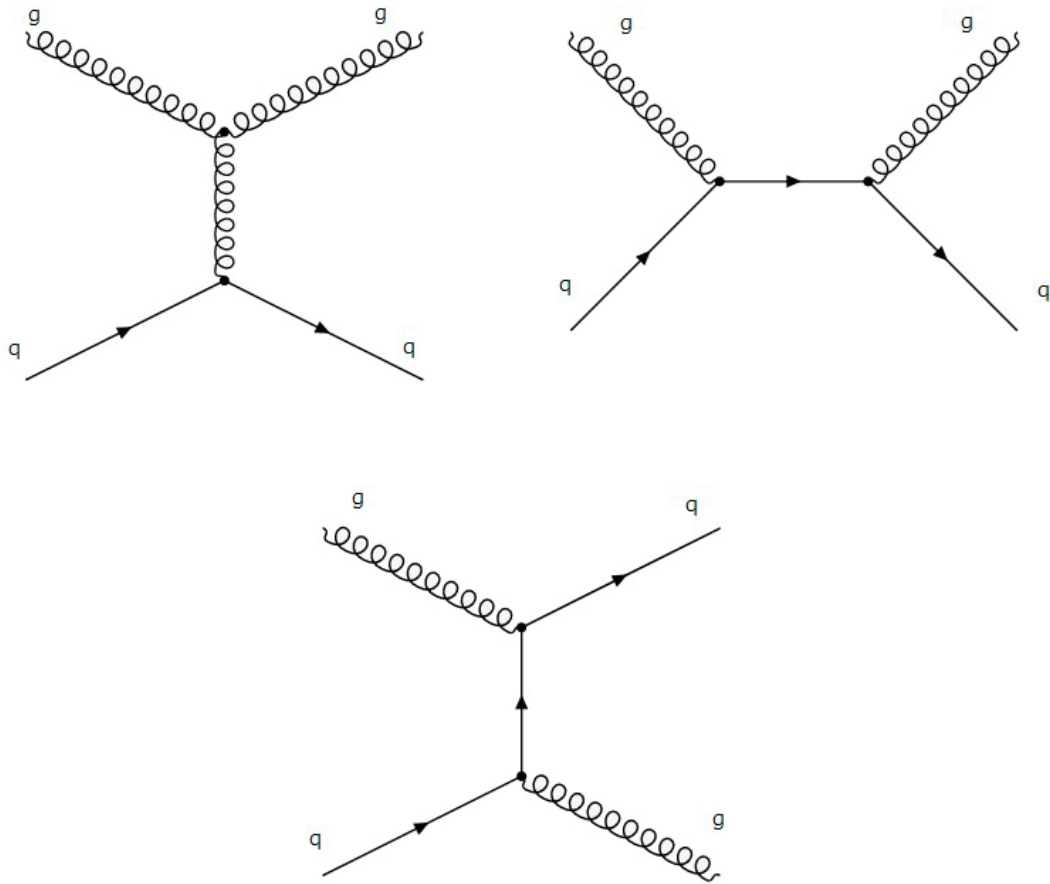


Рис. 3. Диаграмма Фейнмана для рождений пары глюон-кварк в процессе взаимодействия глюонкварковой пары (комptonовское рассеяние в КХД)

### 3. Численные результаты

В данной работе для вычисления полных и дифференциальных сечений была написана программа на языке программирования C++. Расчет многомерных интегралов был проведен методом Монте-Карло [13] с помощью функции VEGAS [14].

В наших расчетах масштаб ренормализации и масштаб факторизации были равны:  $\mu_R^2 = \mu_F^2 = (p_{2t} + m_b^2)$ . Для того чтобы изучить теоретическую неопределенность, которая связана с выбором  $\mu_R$  и  $\mu_F$  была проведена процедура вариации масштаба, а именно от  $1/2\mu_R$  до  $2\mu_R$ . Также в исследовании было проведено вычисление сечений при 0 массе кварков в процессе  $2 \rightarrow 1$ , а для подпроцессов  $2 \rightarrow 2$  мы провели исследование: как на сечение рождение тяжелых кварков влияет масса кварка, т.е. были произведены вычисления при  $m = 0$  и  $m = m_q$ . Для  $\alpha_s(\mu_R^2)$  мы использовали стандартное выражение при  $N_F = 5$  и  $\Lambda_{QCD} = 200$  МэВ. Также было проведено сравнение с данными CMS (для  $b$ -струй) [15] и с данными коллаборации ALICE (для образования  $D^0$ -мезона) [16].

#### 3.1. Рождение $b$ -струй при энергиях LHC

На рис. 4, 5 показаны дифференциальные сечения инклюзивного рождения  $b$ -струй, рассчитанные нами в разных подходах: с помощью функций распределения КМР и РВ в сравнении с данными, полученными на LHC коллаборацией CMS. Рассматривались сечения, полученные при энергии  $S = 7000$  ГэВ, на показанных графиках шел учет кинематической области  $|y| < 0.5$ . Видно, что экспериментальные данные CMS не могут быть описаны обоими наборами неинтегрированных функций распределения в LO 5FS. Причем если для случая РВ распределений можно говорить о возможности улучшения описания при учете более высоких порядков теории возмущений, то данные, полученные с помощью функций КМР значительно превышают экспериментальные результаты. Таким образом, мы подтверждаем вывод, сделанный в [5, 6], исходя из рассмотрения подпроцесса  $q^*g^* \rightarrow qg$ : функции распределения КМР с учетом углового упорядочения для  $b$ -кварка неприменимы в 5FS.



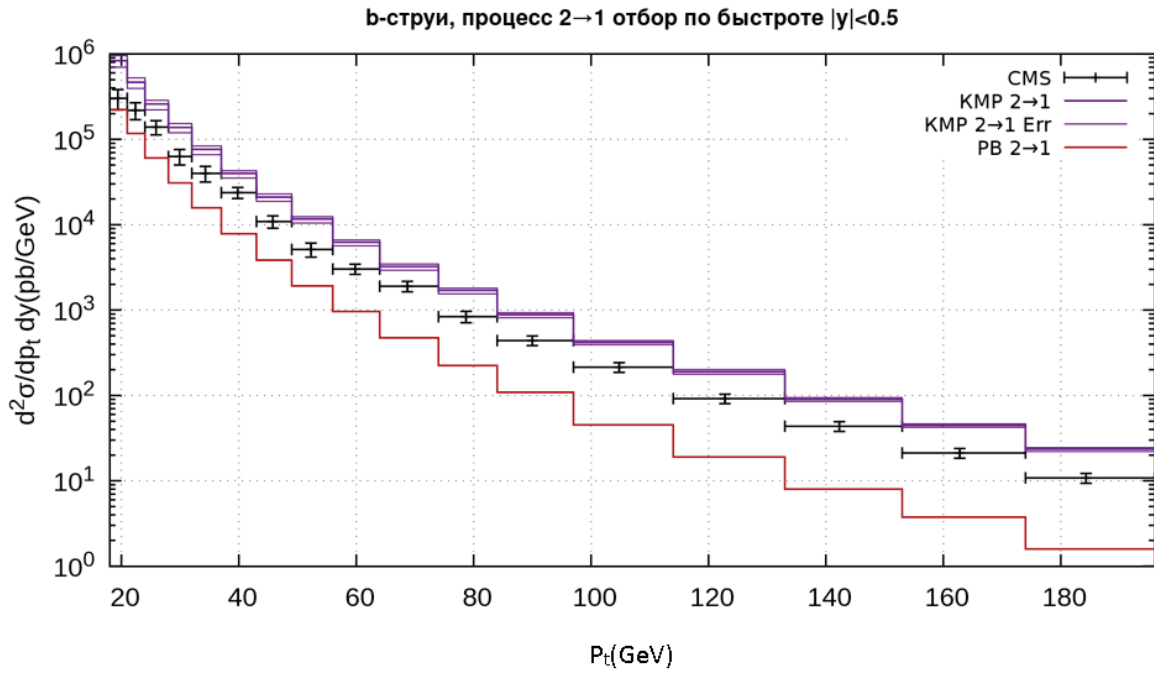


Рис. 4. Дифференциальные сечения рождения  $b$ -струи как функция поперечного импульса  $b$ -струи в области  $|y| < 0.5$ , полученные с помощью КМР-распределений (фиолетовый) и РВ-распределений (коричневый) в подпроцессе  $g^*q^* \rightarrow q$ . Экспериментальные данные коллаборации CMS [15]

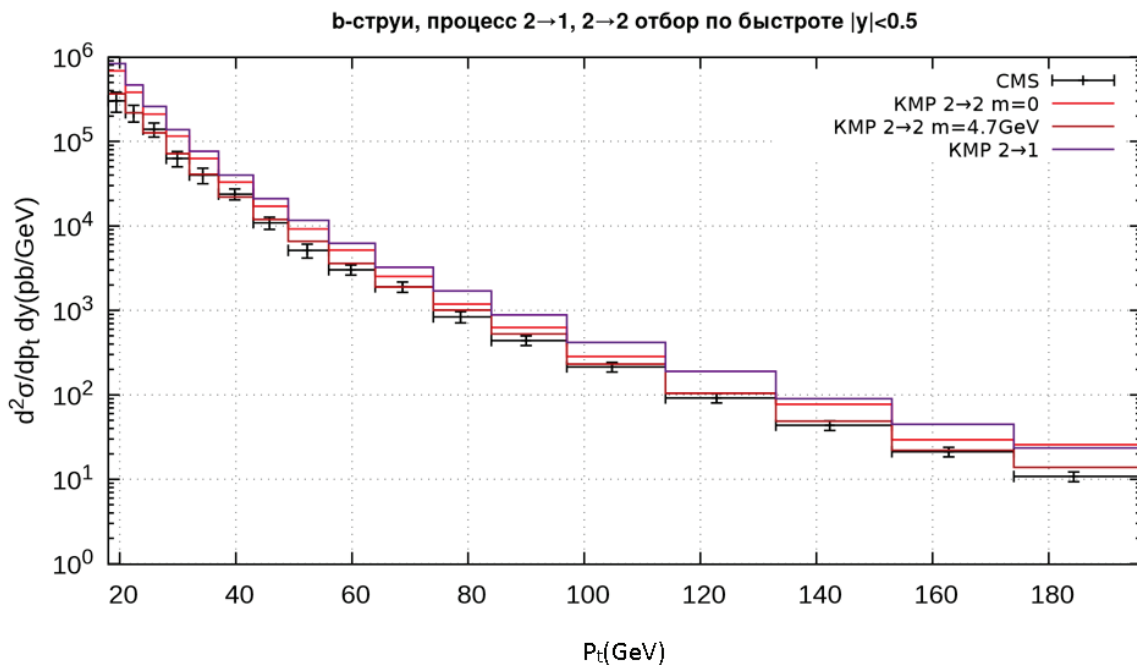


Рис. 5. Дифференциальные сечения рождения  $b$ -струи как функция поперечного импульса  $b$ -струи в области  $|y| < 0.5$ , полученные с помощью КМР-распределений в подпроцессе  $g^*q^* \rightarrow q$  (фиолетовый),  $g^*q^* \rightarrow qq^*$  при массе  $b$ -кварка 4.7 ГэВ (коричневый) и при массе  $b$ -кварка равной 0 ГэВ (красный). Экспериментальные данные коллаборации CMS [15].

Также мы рассмотрели тот же процесс в 4FS с помощью подпроцесса главного порядка  $g^*g^* \rightarrow qq^*$  (рис. 5) в подходе КМР. На рис. 5 изображена фиолетовая линия, соответствующая расчету в 5FS, а коричневая линия показывает результат, полученный в 4FS. В этом случае все три кривые находятся в хорошем согласии друг с другом, за исключением области малых  $p_T$ , где имеют значение массовые эффекты. При этом подпроцесс  $2 \rightarrow 1$  с хорошей точностью воспроизводит результат подпроцесса  $2 \rightarrow 2$  во всей области, что говорит о том, что плотность распределения тяжелого кварка в подходе РВ в большей степени обусловлена глюонным расщеплением.

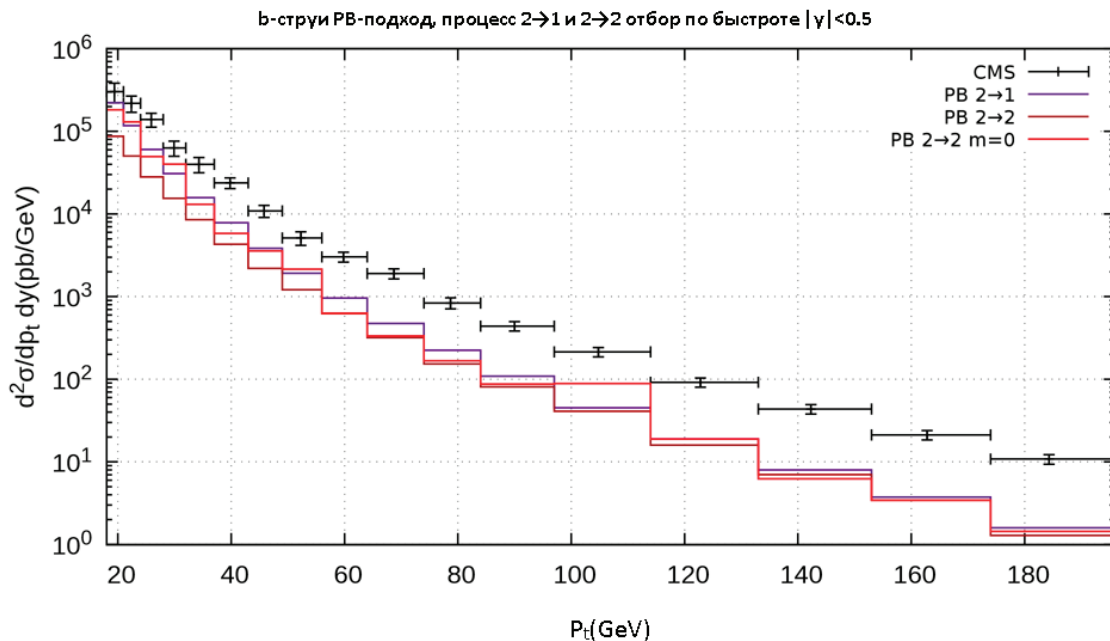


Рис. 6. Дифференциальные сечения рождения b-струи как функция поперечного импульса b-струи в области  $|y| < 0.5$ , полученные с помощью РВ-распределений. Обозначения те же, что и на рис. 5

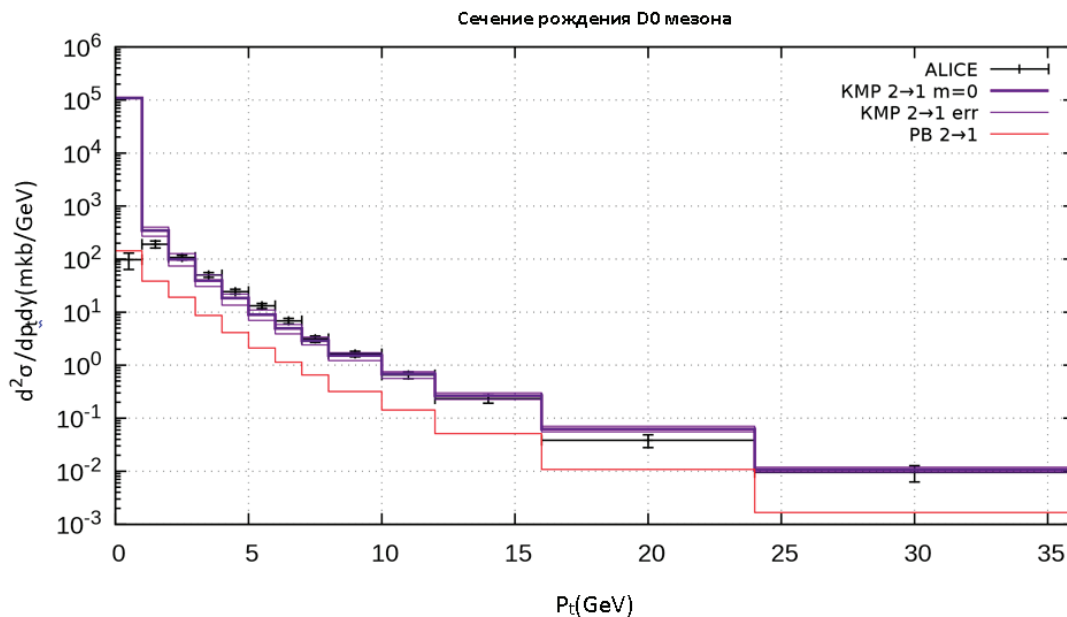


Рис. 7. Дифференциальное сечение рождения  $D^0$ -мезона как функция поперечного импульса  $D^0$ -мезона. Обозначения гистограмм те же, что и на рис. 4. Экспериментальные данные коллаборации ALICE [16]

### 3.2. Сечение рождения $D^0$ мезона при энергиях LHC

В работах коллаборации ALICE [16] получены данные для сечений инклюзивного рождения  $D^0$ -мезонов. В данном эксперименте рассматривались протон-протонные столкновения при энергии системы центра масс  $S = 7000$  ГэВ. Также было проверено, как в рамках  $k_T$ -факторизационного подхода будут описаны экспериментальные данные. На рис. 7 представлено дифференциальное сечение инклюзивного рождения  $D^0$ -мезонов из процесса адронизации очарованных кварков. В ходе вычислений мы использовали, помимо расчетов матричных элементов, функцию фрагментации, которая характеризует сечение рождения  $D^0$  мезона, исходя из импульсов и сечений  $c$ -кварка. Фрагментация была смоделирована с помощью функций Петерсона [17]:

$$D(z) = z(1.0 - z)^2 / ((1.0 - z)^2 + \epsilon z)^2, \tag{14}$$

где  $\epsilon = 0.06$ . Обозначения аналогичны рис. 4. Интересно отметить, что в данном случае можно получить хорошее описание сечений с помощью функций КМР в подходе, основанном на подпроцессе  $g^*q^* \rightarrow q$ , за исключением двух первых бинов, где большую роль играет масса  $c$ -кварка. Таким образом, можно сделать вывод, что проблематичное поведение функций КМР наиболее ярко проявляется именно для  $b$ -кварков.

### 3.3. Учет вкладов высших порядков теории возмущений в сечение рождения тяжелых кварков

В данном разделе будет предложен метод, с помощью которого мы сможем учесть в  $k_T$ -факторизации вклады более высоких порядков, для процессов рождения тяжелых кварков, связанные с дополнительными испусканиями партонов. Предлагаемый способ позволяет при таком учете избежать двойного счета. При счете подпроцесса  $g^*q^* \rightarrow q$  если мы напрямую будем учитывать вклад высоких порядков, то столкнемся с проблемой, а именно переоценкой действительного значения сечения.

$$\sigma_{sum} = \sigma_{LO} + \sigma_{NLO} + \dots \tag{15}$$

где  $\sigma_{NLO}$  и  $\sigma_{LO}$  являются сечения от соответствующих порядков. Такая переоценка связана с тем, что часть вкладов, связанных с испусканием партонов автоматически учитывается в  $k_T$ -факторизационном подходе с помощью неинтегрированных функций распределения партонов. Таким образом, правильная формула в NLO включает в себя некоторое компенсирующее слагаемое:

$$\sigma_{sum} = \sigma_{LO} + \sigma_{NLO} - \sigma_{sub} \tag{16}$$

Рассмотрим процесс рождения  $b$ -кварка в подходе РВ. Для оценки  $\sigma_{sub}$  воспользуемся методом, предложенным в работах [18, 19].

$$\sigma_{sum} = \sigma_{LO} - \sigma_{LO}(k_T < k_{Tcut}) + \sigma_{NLO} - \sigma_{NLO}(p_T > k_{Tcut}). \tag{17}$$

Для того, что бы оценить  $k_{Tcut}$  нами были проведены расчеты  $d\sigma/dk_T$ —для случая  $g^*q^* \rightarrow q$  и  $d\sigma/dp_T$ — в случае  $g^*q^* \rightarrow gq$  (рис. 8). Логично взять  $k_{Tcut}$  так, чтобы сумма этих сечений после вычитания (16) имела наиболее гладкий вид. Для этого возьмем  $k_{Tcut}$  в точке наибольшего сближения этих кривых.

Видно, что такое сближение достигается при  $k_{Tcut} \sim 20$  ГэВ.

На рис. 9 видно, что предложенный нами метод отлично описывает экспериментальные данные и дает высокую точность предсказания данных для будущих экспериментов. Наш метод позволяет более точно определять значения параметров, что очень важно для определения сечений процессов высоких энергий с учетом вкладов высших порядков.

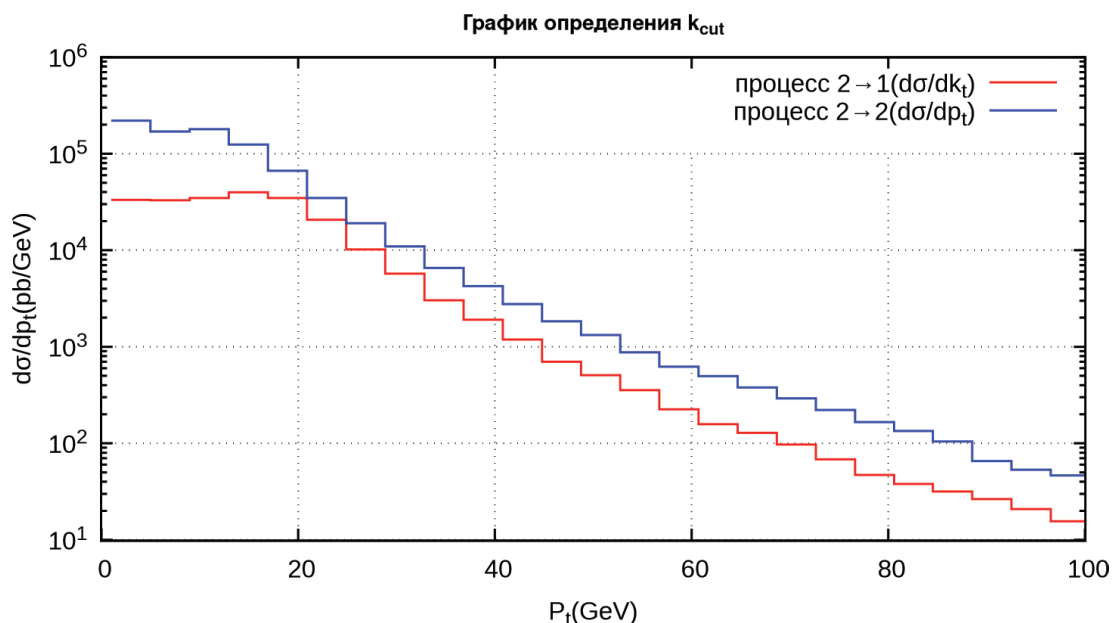


Рис. 8. Дифференциальные сечения рождения  $b$ -кварков, в РВ-распределении, в процессах  $2 \rightarrow 1$  (красный) и  $2 \rightarrow 2$  (синий) для получения значения  $k_{Tcut}$

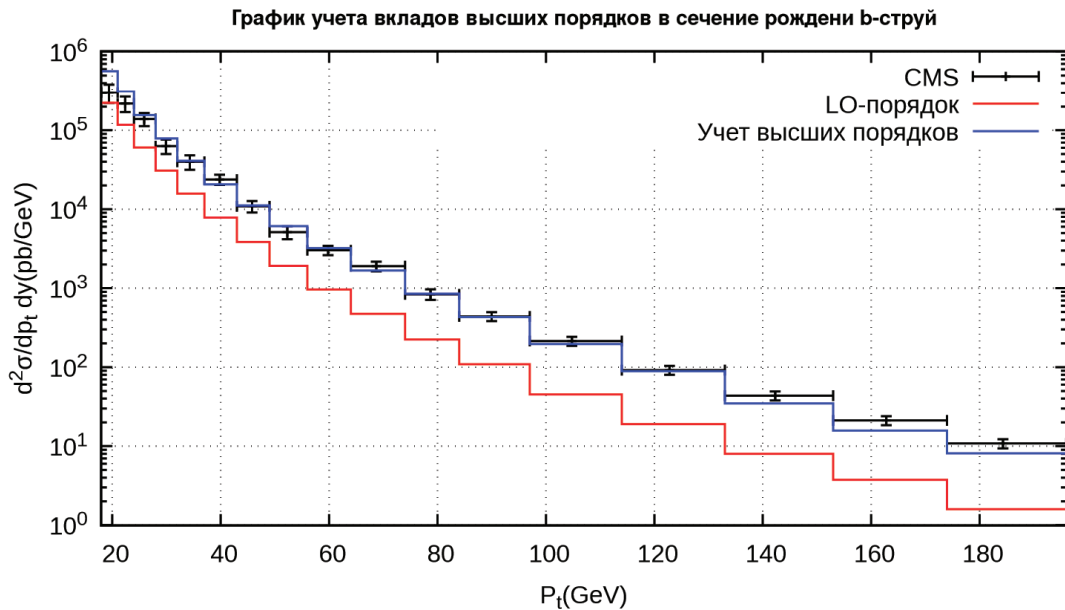


Рис. 9. Дифференциальное сечение рождения  $b$ -кварков в РВ-подходе. Синим показана линия, учитывающая вклады высших порядков, красным только первый порядок. Экспериментальные данные коллаборации CMS [15]

#### 4. Заключение

В данной статье были рассмотрены процессы инклюзивного рождения  $b$ -струй и рождение  $D_0$ -мезона в рамках  $k_T$ -факторизационного подхода КХД при энергиях ЛНС. Формализм  $k_T$ -факторизационного подхода вытекает из уравнений эволюции БФКЛ или КЧФМ, что позволяет, в отличие от уравнения ДГЛАП, учесть вклад от больших логарифмов вида  $\ln(1/x)$

В работе был вычислен нематричный элемент для подпроцесса  $g^*q^* \rightarrow q$  с учетом массы кварка. Было показано, данные CMS для инклюзивного рождения  $b$ -струй хорошо описываются с помощью неинтегрированных функций распределения КМР в 4FS, в то время как результаты в 5FS дают значительную переоценку сечений во всей кинематической области. Таким образом мы подтверждаем сделанный ранее на основании другого расчета вывод о неприменимости подхода КМР для схемы с 5 активными кварковыми ароматами. В то же время результаты, полученные для рождения  $D^0$ -мезонов, хорошо описывают экспериментальные данные.

При описании в РВ-подходе мы столкнулись с меньшим сечением, чем указывается данными. В данной работе был представлен метод, как мы можем правильно описать имеющиеся данные, учитывая поправки от высших порядков теории возмущений. После применения нашего метода, мы смогли адекватно описать данный процесс и полученные нами результаты отлично описывают экспериментальные данные.

#### Литература:

1. B. A. Kniehl, A. V. Shipilova, V. A. Saleev.//Phys.Rev.D79:034007,2009.
2. B. A. Kniehl.V. A. Saleev and A. V. Shipilova.//Phys.Rev.D81:094010,2010.
3. H. Jung, M. Kraemer, A. V. Lipatov, N. P. Zotov.//JHEP 1101:085,2011.
4. H. Jung, M. Kraemer, A. V. Lipatov, N. P. Zotov.//Phys.Rev.D81:094010,2010.
5. B. Guiot and A. van Hameren.//PhysRevD.104.094038.
6. B. Guiot.// Phys. Rev. D107, 014015.
7. A. D. Martin, W. J. Stirling, R. S. Thorne, G. Watt.//Eur.Phys.J.C63:189–285,2009.
8. F. Hautmann, H. Jung, A. Lelek, V. Radescu, R. Zlebcik.// JHEP 2018:070,(2018).
9. F. Hautmann, H. Jung, A. Lelek, V. Radescu, R. Zlebcik.// Phys. Lett. B. 772:10(201).
10. A. V. Kotikov, A. V. Lipatov, B. G. Shaikhhatdenov, P. Zhang.//JHEP 2020:28(2020).
11. H. Jung, M. Kraemer, A. V. Lipatov, N. P. Zotov.//JHEP 1101:085,(2011).
12. A. van Hameren.// Comput.Phys.Commun. 224 (2018) 371–380.
13. CMS collaboration.//JHEP 2012:84(2012).

14. G.Peter Lepage.// J. Comput. Phys. 27, 192–203 (1978).
15. The CMS collaboration.// JHEP04(2012)084.
16. ALICE Collaboration.// Eur. Phys. J. C (2017) 77:550.
17. C. Peterson, D. Schlatter, I. Schmitt, and P. M. Zerwas. //Phys.Rev.D27,105
18. R. Maciula and A. Szczurek.//Phys.Rev.D100,054001(2019)
19. A. V. Lipatov, H. Jung, M. A. Malyshev.//Phys.Rev.D101,034022(2020)



# ХИМИЯ

## Исследование энергетических характеристик полипропиленового волокнита, модифицированного элементоксидными наноструктурами

Подкопаева Елизавета Дмитриевна, студент  
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

*В данной статье рассматриваются энергетические характеристики поверхности полипропиленового волокнита, модифицированного элементоксидными структурами.*

**Ключевые слова:** полипропиленовые волокна, химическое модифицирование, молекулярное наслаивание, элементоксидные структуры, энергетические свойства.

На сегодняшний день к числу наиболее интересных и перспективных материалов в области практического применения относят полимерные материалы. Их применение связано как с доступностью сырья для производства, так и с возможностью комбинирования полимеров с веществами другой природы и структуры, позволяющей получать композиционные материалы с комплексом заранее заданных необходимых функциональных свойств [1].

Использование различных методов химического модифицирования, заключающихся в направленном изменении структуры и свойств материалов, путем введения в макромолекулы фрагментов иной химической природы, способствует значительному расширению областей их применения. Одним из наиболее эффективных способов модифицирования является применение химической нанотехнологии, основанной на принципах метода молекулярного наслаивания (МН) [2].

Основная идея метода МН состоит в проведении химических реакций на поверхности твердого тела между его функциональными группами и подводимыми извне реагентами в условиях максимального удаления от равновесия [2].

Целью работы является исследование влияния модифицирования ППВ элементоксидными структурами на смачиваемость и энергетические характеристики полученных композиционных материалов.

В качестве объекта исследования использовали полипропиленовый волокнистый материал (ППВ, № РЗН 2020/10280), изготовленный по технологии meltblown. В качестве низкомолекулярных реагентов для модифицирования поверхности полимерного волокнита использовали оксохлорид фосфора (V), диоксид-дихлорид хрома (VI), тетрагидрид титана (IV) и оксохлорид ванадия (V).

Синтез элементоксидных структур проводили на установке молекулярного наслаивания проточного типа (рисунок 1) путем обработки ППВ указанными реагентами в потоке осу-

шенного газа-носителя (воздух) в течение 10, 20, 30 минут при 80°C.

Перед проведением синтеза проверяли герметичность всех элементов предварительно собранной установки, в реактор загружали образцы ППВ, закрепляли термопару в кармане реактора, устанавливали необходимую температуру на ПИД-регуляторе.

Продувку реактора с образцами ППВ проводили в потоке осушенного газа-носителя (воздуха) в течение 40 минут для удаления физически сорбированной воды и загрязнений. Температуру синтеза подбирали таким образом, чтобы полимер не претерпевал никаких фазовых превращений. Блок осушки 2, 3, включающий в себя последовательно подключенные адсорберы с цеолитом, силикагелем и  $P_2O_5$ , позволил добиться степени осушки воздуха, нагнетаемого микрокомпрессором 1, до точки росы  $-55^\circ C$ .

Далее осуществлялась обработка полипропиленового волокнита парами галогенидов, подаваемых в реактор потоком осушенного воздуха (процесс хемосорбции). После окончания стадии хемосорбции удаляли избыток реагента и побочный продукт реакции (хлороводород) из реактора в барботер с водой 10 с помощью продувки реактора осушенным воздухом. Парофазный гидролиз осуществляли аналогичным образом. После завершения гидролиза из реактора также удаляли избыток паров воды и побочный продукт реакции (хлороводород). Об окончании процесса судили по прекращению выделения хлороводорода.

Таким образом, были синтезированы монокомпонентные фосфор-, хром-, ванадий- и титаноксидные структуры на полипропиленовом волокните.

Энергетические характеристики поверхности исходного ППВ и модифицированных образцов определяли путем измерения краевых углов смачивания двумя тестовыми жидкостями (водой и глицерином) с помощью прибора DSA14 (фирмы KRUSS, Германия).

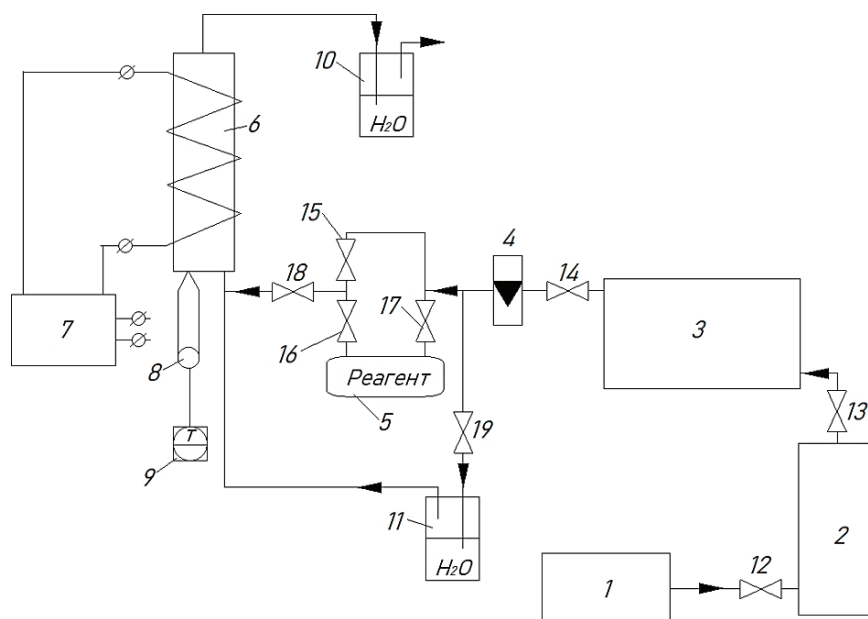


Рис. 1. Принципиальная схема установки молекулярного наслаивания: 1 — микрокомпрессор, 2, 3 — система осушки; 4 — ротаметр; 5 — ёмкость с жидким реагентом; 6 — реактор с нихромовой обмоткой; 7 — лабораторный автотрансформатор; 8 — термопара; 9 — ПИД-регулятор; 10, 11 — барботеры с дистиллированной водой; 12–19 — краны

Установлено, что модифицирование поверхности ППВ элементоксидными структурами приводит к незначительному изменению смачиваемости полученных композиционных образцов по сравнению с исходным полимером (таблица 1).

Так, в результате обработки ППВ парами  $POCl_3$ ,  $TiCl_4$  и  $VOCl_3$  краевой угол смачивания водой уменьшается на  $1,2^\circ$ - $5,1^\circ$ . Образование хромоксидных структур на ППВ приводит к более интенсивному уменьшению краевого угла смачивания водой на  $7,7^\circ$ , и, соответственно, к большей гидрофилизации волокон полипропилена.

На основании полученных экспериментальных данных рассчитали свободную энергию поверхности и ее полярную и дисперсионную составляющие по методу Фоукса [3]. Для моди-

фицированных образцов ППВ характерно незначительное увеличение поверхностной энергии по сравнению с исходным полимером (рисунок 2).

Обработка ППВ фосфор-, титан- и ванадийоксидными структурами приводит к увеличению на  $0,30$ – $1,68$  мДж/м<sup>2</sup> свободной энергии образцов по сравнению с исходным полимером. Однако, фосфорсодержащие образцы ППВ отличаются уменьшением свободной энергии поверхности и, в частности, ее полярной составляющей, с увеличением времени обработки ППВ парами оксохлорида фосфора (V).

Самой высокоэнергетической является поверхность полимера с хромоксидными структурами, так как свободная энергия поверхности составляет  $7,42$  мДж/м<sup>2</sup>.

Таблица 1. Значения краевых углов смачивания для исследуемых образцов

№	Образец	Время хемосорбции, мин	Краевой угол смачивания, $\theta$ , °	
			Вода	Глицерин
1	ПП-исх	-	$123,6 \pm 1,2$	$126,7 \pm 0,5$
2	ПП-P-10	10	$122,8 \pm 1,5$	$125,9 \pm 1,0$
	ПП-P-20	20	$122,4 \pm 1,6$	$125,4 \pm 0,5$
	ПП-P-30	30	$123,5 \pm 2,0$	$125,3 \pm 0,5$
3	ПП-Ti-10	10	$120,7 \pm 2,0$	$123,4 \pm 0,9$
	ПП-Ti-20	20	$119,8 \pm 1,6$	$123,1 \pm 0,2$
	ПП-Ti-30	30	$119,2 \pm 0,9$	$122,7 \pm 1,1$
4	ПП-V-10	10	$119,1 \pm 1,3$	$122,6 \pm 0,7$
	ПП-V-20	20	$119,1 \pm 1,6$	$122,1 \pm 0,9$
	ПП-V-30	30	$118,5 \pm 1,4$	$121,9 \pm 1,4$
5	ПП-Cr-10	10	$115,9 \pm 1,7$	$119,3 \pm 1,1$

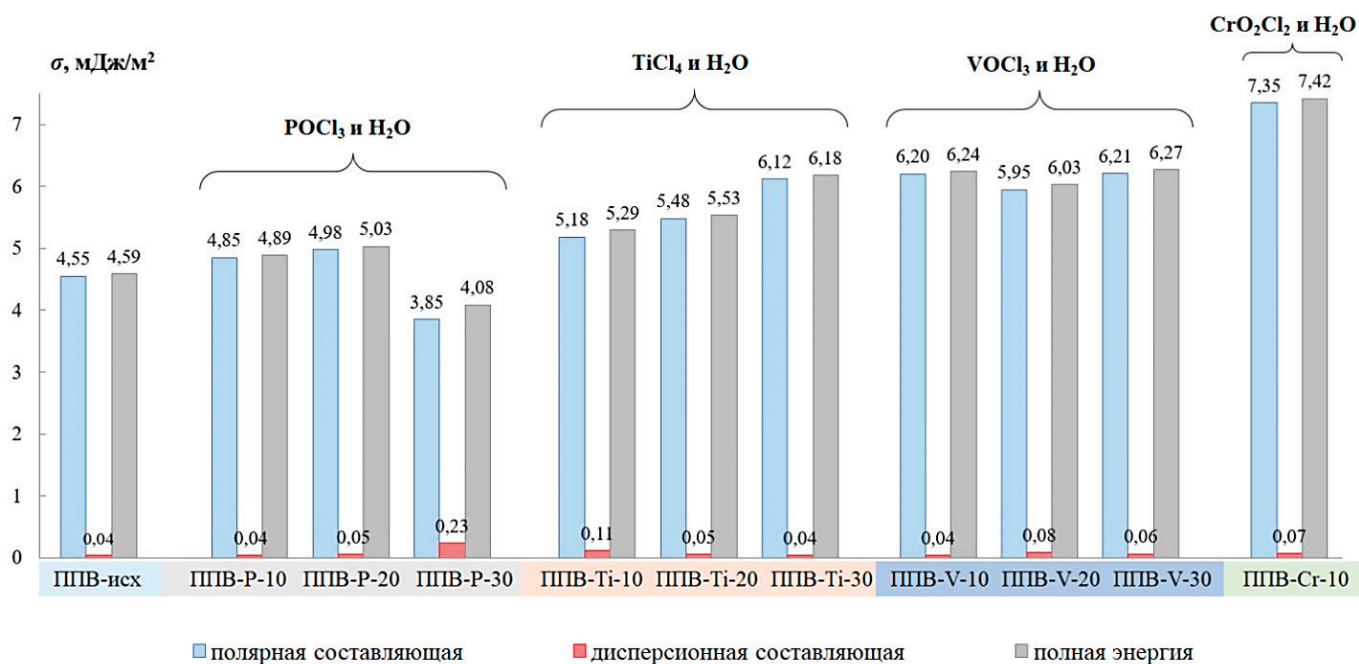


Рис. 2. Свободная энергия поверхности исходного ППВ и модифицированных образцов

Литература:

1. Кочеткова, А. С. Исследование нанокompозитов на основе поливинилхлорида методами атомно-силовой микроскопии / А. С. Кочеткова, Н. Ю. Ефимов, Е. А. Соснов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Физико-математические науки. — 2013. — № 1 (165). — С. 114–119.
2. Малыгин, А. А. Технология молекулярного наслаивания и некоторые области ее применения / А. А. Малыгин // Журнал прикладной химии. — 1996. — Т. 69. — № 10. — С. 1585–1593.
3. Fowkes, F.M. Attractive forces at interfaces / F.M. Fowkes // Industrial and Engineering Chemistry. — 1964. — Vol. 56, No 12. — P. 40–52.

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## Использование клиент-серверных технологий при проектировании информационной системы

Батчаева Зурида Борисовна, старший преподаватель;  
Аджиев Нюрчук Дахирович, обучающийся  
Северо-Кавказская государственная академия (г. Черкесск)

Аджиева Соля Сагитовна, учитель русского языка и литературы  
МБОУ «СОШ № 2 г. Усть-Джегуты» (Карачаево-Черкесская Республика)

Правильное использование клиент-серверных технологий при проектировании информационных систем позволяет учитывать опыт предыдущих проектов и использовать проверенные решения для улучшения качества и безопасности системы. Важно также проводить тестирование и аудит безопасности системы перед ее внедрением для обнаружения и исправления возможных ошибок и уязвимостей. Обучение пользователей работе с новой системой и поддержка ее функционирования также очень важны для успешной реализации проекта.

При проектировании информационной системы необходимо учитывать законодательство в области защиты персональных данных и конфиденциальности информации. Например, если в системе будет обрабатываться личная информация клиентов, то необходимо предусмотреть меры для защиты этой информации от несанкционированного доступа или использования. В таком случае может потребоваться применение шифрования данных, авторизации и аутентификации пользователей, а также определенных политик доступа. Важно учесть, что нарушения в области конфиденциальности информации могут быть связаны с юридической ответственностью, штрафами или даже уголовной ответственностью в некоторых странах.

Использование клиент-серверных технологий позволяет генерировать отчеты по различным критериям в информационной системе. Например, при использовании системы учета медицинских записей, можно генерировать отчеты по диагнозам, врачам и времени обращения. Это может существенно повысить эффективность и точность анализа данных в системе и помочь в принятии управленческих решений. Кроме того, при правильном использовании клиент-серверных технологий можно получать отчеты в режиме реального времени, что позволяет оперативно реагировать на изменения в состоянии системы, выявлять проблемы и улучшать процессы.

Обеспечение безопасности хранения и обработки персональных данных пациентов и конфиденциальности медицинской информации является одной из главных задач при проектировании и эксплуатации информационной системы. Для

защиты данных можно использовать современные методы шифрования, такие как симметричное и асимметричное шифрование, хэширование и другие методы. Кроме того, важно проводить регулярное обновление системы и ее аудит безопасности, чтобы выявлять возможные уязвимости и своевременно устранять их. Важным моментом является также обучение персонала системы правилам безопасного обращения с информацией.

Все эти меры помогают обеспечить надежность и безопасность информационной системы и предотвращать утечки или несанкционированный доступ к конфиденциальной информации.

Разработка программы с простым и интуитивно понятным интерфейсом, а также поддержкой нескольких языков может значительно упростить работу пользователей и повысить эффективность учета клиентов и управления данными в системе. Простой и понятный интерфейс позволит пользователям быстро освоиться с системой и выполнять необходимые задачи без сложностей и ошибок. Поддержка нескольких языков позволит расширить эксплуатацию системы на другие территории и упростит работу персонала, говорящего на нескольких языках. Кроме того, важно учитывать потребности и пожелания пользователей при разработке программы, чтобы обеспечить максимально комфортное использование системы. Все это поможет повысить качество работы и управления данными в системе и обеспечит эффективное взаимодействие с клиентами.

Также важным этапом является разработка алгоритмов, обеспечивающих безопасность и конфиденциальность персональных данных. Для этого необходимо использовать современные методы шифрования и защиты данных, а также проводить регулярное обновление системы и ее аудит безопасности. Это позволит максимально упростить работу врачей и других медицинских специалистов, а также повысить качество работы.

В целом, разработка автоматизированной информационной системы позволит упростить и ускорить процесс регистрации и учета клиентов, повысить качество работы и обеспечить более эффективное управление данными.

FireBird имеет открытый исходный код, что позволяет разработчикам вносить изменения и доработки в систему под свои нужды. Она также обладает высокой производительностью и надежностью, а также поддерживает многопользовательский доступ к базе данных.

FireBird поддерживает язык SQL, что облегчает работу с базой данных и позволяет использовать стандартные запросы для извлечения данных. Она также поддерживает транзакционную обработку данных, что обеспечивает целостность и безопасность данных.

Выбор FireBird в качестве СУБД для информационной системы позволит обеспечить быстрый и надежный доступ к данным, а также обеспечить безопасность и конфиденциальность персональных данных.

Firebird также обладает высокой надежностью и безопасностью данных, что делает его привлекательным выбором для учреждений. Одним из главных преимуществ Firebird является его кроссплатформенность, что позволяет использовать систему на различных операционных системах. Однако, при выборе Firebird необходимо учитывать некоторые недостатки, такие как отсутствие кэша результатов запросов и ограни-

ченное количество одновременных подключений. Несмотря на это, сообщество разработчиков Firebird активно работает над устранением этих недостатков и постоянно совершенствует систему. Таким образом, использование Firebird в комплексных автоматизированных информационных системах может быть эффективным решением для улучшения качества работы и повышения доступности ее для населения.

Затем были созданы таблицы для хранения информации о пациентах, врачах, приемах и диагнозах. Для обеспечения безопасности данных были установлены права доступа к таблицам для различных пользователей системы. Для удобства работы с базой данных были созданы формы для ввода и просмотра информации, а также отчеты для анализа данных. Все это позволяет сократить время на обработку информации и повысить эффективность работы медицинского персонала. Также была реализована возможность резервного копирования базы данных, что позволяет сохранить данные в случае сбоя системы или других непредвиденных ситуаций. В целом, использование Firebird в информационной системе поликлиники позволяет обеспечить высокую надежность и безопасность данных, а также повысить эффективность работы медицинского персонала.

#### Литература:

1. Агальцов, В. П. Базы данных. В 2-х т. Т. 2. Распределенные и удаленные базы данных: Учебник / В. П. Агальцов. — М.: ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2014. — 272 с.
2. Ашарина, И. В. Основы программирования / И. В. Ашарина. — М.: ГЛТ, 2014. — 208 с.

## Использование чат-ботов для бизнеса в Российской Федерации

Герасимова Алина Радиковна, студент магистратуры  
Казанский (Приволжский) федеральный университет

**Ключевые слова:** чат-бот, бизнес, Россия, искусственный интеллект.

В современной жизни прогресс никогда не стоит на месте. Информационные технологии развиваются также быстро, как и компьютеры. Информационные технологии проникают во все сферы жизнедеятельности человека. В настоящее время нет ни одной сферы, которая бы была не развита информационными технологиями. К основополагающим технологиям, которые не только сейчас, но и в последующем будут определять будущее и десятилетия относят искусственный интеллект, блокчейн, роботы. Вышеуказанные технологии также будут проникать во все сферы жизнедеятельности и будут способствовать росту этих сфер. В последнее годы активный рост приобрела такая технология, как чат-боты. Чат-ботом называют компьютерную программу, в которую инкорпорирован искусственный интеллект, имитирующий человека. Чат-бот запрограммирован давать моментальные ответы на вопросы пользователя. Как правило, их создают для общения с пользователями, для ответов на вопросы, для подбор необходимой информации, а также для иной рутинной работы с пользователями. Фактически чат-бот замещает

«секретаря», который дает простые ответы на простые вопросы. При этом есть свои особенности, которые необходимо учесть при разработке чат-бота. Мы сравнили чат-бота с секретарем не просто так. Как и любой «секретарь», чат-бот, если в него встроен искусственный интеллект может обучаться и развиваться, при этом развитие происходит не только от оператора, который вкладывает в него информацию, ответы на поставленные перед ним вопросы, команды, который чат-бот должен выполнить при той или иной фразе пользователя, при его клике на тот или иной ответ, но и развитие происходит от общения с самими пользователями. Некоторые чат-боты с искусственным интеллектом запрограммированы развиваться от вопросов пользователей таким образом, что ответ на поставленный вопрос они находят в интернете и предоставляют его пользователю. Причем, выбор ответа происходит путем сравнения вопроса, а также, к примеру положительных комментариев на ответ на него. Чат-боты могут вести разговор с пользователем не только с помощью текстовых редакторов, но и с помощью слуховых, которые определяют замысел



пользователя и дает ему ответ с учетом анализа вопроса. При увеличении вариантов ответов чат-боту, возрастает шансы пользователя услышать ответы на поставленные вопросы. Конечная цель оператора чат-бота превратить его в реального собеседника, который может моментально ответить на поставленный вопрос пользователя. При этом отмечаем, что чем больше оператор чат-бота внес в него вариантов ответа, тем более чат бот становится полезным для пользователя, тем больше он экономит время его пользователям. При этом множество аналитиков утверждают, что чат-боты могут быть не только помощниками при ответах на вопросах и носить информативную функцию, но и могут носить такие функции как рекламную. В первую очередь чат-боты рекомендовали себя как путеводители в ответах на вопросы, где искать ту или иную информацию. Обслуживание клиентов 24 на 7 — это главное, ради чего они и создавались. В сравнении с колл-центрами они могут принимать жалобы круглый день, чат боты могут направлять пользователей для поиска нужных ему данных постоянно в отличии от людей, у которых существуют временные рамки для отдыха.

По оценкам экспертов агентства K2 DigitalTransformation, сегодня на долю интернет-ботов приходится более 50% всего онлайн-трафика, в том числе браузинга веб-сайтов, публикаций контента, воспроизведения мультимедиа или загрузки файлов [1]. И действительно, если задуматься, чат-боты проникли во все сферы. Так, к примеру, в случае, если необходимо найти ответ на юридический вопрос в интернете, на каждом юридическом сайте всплывает окно с чат-ботом юристом, который готов моментально ответить на поставленный вопрос, при этом в случае невозможности ответа, последний предложит перевести на оператора-юриста, который поможет в том или ином вопросе, либо предложит платную консультацию, но уже очно. Вышеуказанный пример фактически является образцовым, поскольку в данном примере чат-бот сочетает в себе не только информативную цель, предлагая ответить на поставленный вопрос, но и рекламную, а именно при невозможности ответа на него предлагает обратиться к юристам.

Согласно ожиданиям Gartner, к 2022 году диалоговое общение с ботами достигнет 85% взаимодействий, что сократит расходы и станет самым мощным инструментом в арсенале бизнеса, обеспечивающим значительные доходы [2].

При этом более 50% средних и крупных предприятий начнут внедрять решения на основе чат-ботов, главным образом диалоговых, что приведет, как прогнозирует GrandViewResearch, к росту глобальной рыночной стоимости самих чат-ботов до 1,23 млрд дол в 2025 году [3]. И в действительности, пройдет каких-то несколько лет, и чат боты будут настолько развиты, что ответы будут поступать не только на простые вопросы, но и на сложные. Фактически это дело времени, когда чат-боты начнут отвечать на вопросы с конкретными фактами, проблемами. Это сейчас более половины пользователей, после общения с чат-ботом техником, не довольны его ответами, поскольку последний не смог ответить на вопрос так, чтобы решить проблему, но в будущем, все изменится.

Согласно анализу TogetherData, наибольший спрос на решения, основанные на использовании чат-ботов отмечен в электронной коммерции — 34% потребителей, в медицине — 27%, в телекоммуникациях — 25%, в банковской сфере — 20%, в консалтинге по страхованию — 20% [4]. И в действительности, в последнее время в каждом мобильном приложении действует тот или иной электронный помощник, так завуалированно называют чат-бота компании. Так, к примеру российская компания, предоставляющая телекоммуникационные услуги, цифровые и медийные сервисы в России с названием «МТС», или российский финансовый конгломерат, являющийся крупнейшим банком современной России ПАО «Сбербанк» имеющие мобильные приложения имеют и чат-бот в них. При этом удобство использование приложения «Сбербанка» позволяет пользователем практически не общаться с сотрудниками банка. Так пользователей такого приложения может моментально получить необходимую справку из банка, узнать состояние своего лицевого счета, свою кредитную историю, в случае невозможности найти раздел в большом приложении чат-бот ему поможет его найти. Можно констатировать, что чат-бот «Сбербанка» заменяет пользователю практически всех сотрудников, которые есть в банке, если он пришел в него.

Аналогичная ситуация наблюдается с приложением «Госуслуги РФ». Госуслуги РФ — является справочно-информационным интернет-порталом, который обеспечивает доступ физических и юридических лиц сведениям о государственных и муниципальных услугах. Данное приложение существует лишь в одной стране мира — это Россия. Множество иностранных граждан отметили, что данное приложение является самым удобным в мире в части получения той или иной услуги от государства или муниципалитета. При этом в этом приложении также существует очень прогрессивный чат-бот с нетривиальным названием «Робот Макс». Вышеуказанный помощник найдет любую услугу, доступную среди всего большого набора в данном приложении, поможет разобраться в приложении. При этом данный чат-бот развивающийся и содержит большое количество ответов на многие вопросы.

Вышеуказанные примеры из жизни хорошо показывают, насколько чат-боты обосновались в жизни каждых людей. При этом работа чат-ботов не ограничивается вышеуказанными сферами. Чат-боты будут проникать во все сферы жизни, где есть общение и возможность диалога с пользователями.

В наше время применяется чат-боты, у которых узкий набор коммуникативных навыков, они не могут полностью заменить человека, потому что найти ответ на вопрос даже в интернете, и тем более правильный даже у самого продвинутого пользователя интернета вызывает вопросы, не то, что у робота. Можно констатировать, что развитие искусственного интеллекта будет развивать и чат-ботов поскольку это взаимосвязанные нити развития информационных технологий. В настоящее время чат-боты существуют практически во всех знакомых нам мессенджерах (Telegram, Facebook<sup>1</sup>, WhatsApp). Чат-боты могут встроены в приложения для чата и обмена сообщениями, в ре-

<sup>1</sup> Продукт компании Meta, которая признана экстремистской организацией в России.

зультате чего реальные и потенциальные клиенты получают интересующую их информацию там, где им наиболее удобно [5].

Применение чат-ботов в современной России настолько разнообразно, что находит свое отражение, к примеру в сервисах заказа еды, в страховании, в консалтинге, а также в иных всевозможных сферах жизнедеятельности людей. Стоит отметить, что чат-боты даже используются в внутренних программах больших российских компаний, для удобства сотрудников.

В заключении хочется сказать, что использование чат-ботов в современной России не только набирает обороты, но чат-боты являются неотъемлемой частью всех известных российских мобильных приложений. Все высоко интегрированные компании стараются развивать своих чат-ботов для взаимодействия с по-

требителями. Посмотрев в свой смартфон, можно увидеть, как минимум 2–3 установленных приложения, в которых чат-бот используются.

Существует большая вероятность, что развитие чат-ботов будет настолько стремительное, что скоро они смогут отвечать не только на простые вопросы, но и на сложные вопросы, состоящие из нескольких. В заключении хотелось бы отметить, что Россия никогда не отставала, а наоборот в некоторых случаях перегоняла другие страны в использовании информационных технологий, в том числе и в использовании чат-ботов, в связи с чем можно утверждать, что чат-боты в жизни российских граждан скоро будут занимать еще значительное место.

#### Литература:

1. Исследования «K2 Digital Transformation»..— Текст: электронный //: [сайт].— URL: <https://www.k2.pl/> (дата обращения: 17.06.2023).
2. Исследования «Gartner»..— Текст: электронный //: [сайт].— URL: <https://www.gartner.com/en> (дата обращения: 17.06.2023).
3. Исследования «Grand View Research»..— Текст: электронный //: [сайт].— URL: <https://www.grandviewresearch.com/> (дата обращения: 17.06.2023).
4. TogetherData..— Текст: электронный //: [сайт].— URL: <https://togetherdata.pl/> (дата обращения: 17.06.2023).
5. Куликова О. М., Суворова С. Д. Таргетированная реклама как инструмент построения коммуникаций с целевой аудиторией // Экономика и бизнес: теория и практика.— 2020.— № 3–2 (61).— С. 98–102. DOI: 10.24411/2411–0450–2020–10218

## Использование нейросетей при разработке видеоигр

Кочурова Лидия Константиновна, студент магистратуры  
Национальный исследовательский университет ИТМО (г. Санкт-Петербург)

*В статье автор исследует способы сокращения потребления ресурсов при разработке игр посредством нейросетей-художников.*  
**Ключевые слова:** нейросети, разработка игр, дизайн.

Искусственный интеллект (ИИ) в последние годы является актуальной темой, поскольку развитие технологий позволяет находить ему инновационные применения в различных областях, например кинематографе или музыке. Невозможно обойти стороной такое направление технического искусства как видеоигры. Современные игроки пресыщены хорошими проектами и не готовы покупать игры, предпочитая просматривать рекламу [1]. Студии независимых разработчиков вынуждены решать, как распределять свои небольшие бюджеты. В данной статье рассматриваются способы использования нейросетей-художников, позволяющие сократить трату ресурсов на разработку игровых проектов.

Нейросети-художники представляют собой захватывающую область исследований в сфере компьютерного искусства. Они обладают уникальной способностью генерировать изображения, текстуры и даже целые композиции, которые могут впечатлить своей креативностью и эстетической ценностью. Одной из особенностей рисующих нейросетей является их способность создавать оригинальные и непредсказуемые произведения искусства, которые ранее были вне возможностей про-

грамм и алгоритмов, разработанных людьми. Эти нейросети основаны на глубоком обучении и используют различные архитектуры, такие как генеративно-состязательные сети (GAN) и вариационные автоэнкодеры (VAE) [2]. С помощью тренировки на большом объеме данных, эти нейросети обучаются разнообразным стилям, формам и текстурам, что открывает новые горизонты для развития искусства и дизайна. Рисующие нейросети имеют потенциал стать мощным инструментом для художников, дизайнеров и других творческих профессионалов, предоставляя им новые возможности для экспериментов и воплощения своих творческих идей в уникальных и впечатляющих произведениях искусства.

Основными представителями и наибольшими конкурентами друг другу являются нейросети DALL-E, Midjourney и Stable Diffusion [3]. Эти нейросети стремительно развиваются, имеют огромное количество пользователей, однако и DALL-E, и Midjourney имеют ограниченный запас бесплатных попыток генерации контента. A Stable Diffusion нуждается в обученной модели, а существующие web-версии выдают крайне слабый результат. Пример адекватной работы нейросетей показан на рис. 1.

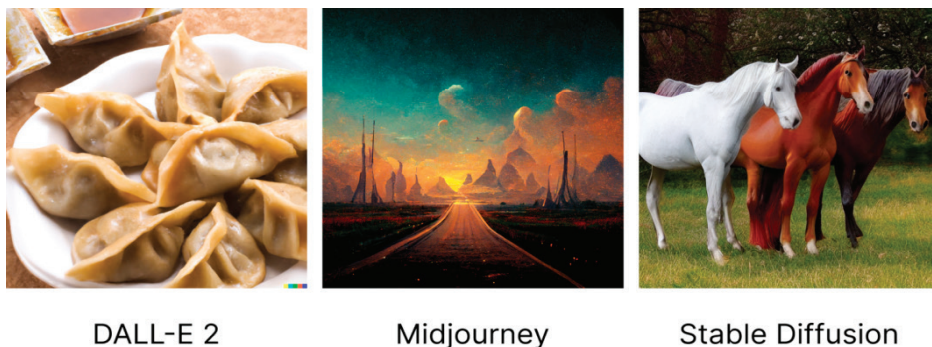


Рис. 1. Сравнение результатов генерации нейросетей [3]

Подобные нейросети могут помочь как на начальном этапе — создании концептов, так и во время наполнения игры разными объектами, персонажами, моделями. И, конечно, во время выпуска игры в свет — создавая иконки и рекламные баннеры публикуемого проекта.

**Работа с концептами**

Одной из уникальных особенностей нейросетей является их способность выходить за рамки стандартного жизненного опыта и ограничений, присущих человеческому разуму. В своей ограниченной осведомленности, нейросети могут легко добавлять детали, которых не должно быть, например, лишние пальцы, путать материалы или накладывать объекты неверно.

Например, на рисунке 2 показан результат работы нейросети Dream by Wombo по запросу «knight». Можно заметить, как шлем переходит в платок. И хотя анатомия нарушена, идею можно пустить в реализацию, добавив в игровой мир историю необычного для нашего мира шлемоплатка.

Искусственный интеллект позволяет не только генерировать художественные ассеты, но и помогать в проектировании

концепций интерфейсов. Это касается и расположения объектов, и цветовой гаммы, и фигур. На рисунке 3 показан пример генерации нейросетью BlueWillow интерфейса для мобильной игры по запросу «mobile game, ux, ui, uxui».

**Наполнение контентом**

Модели ИИ могут помочь художникам сэкономить время, автоматизируя некоторые задачи. Stable Diffusion способна генерировать высококачественные изображения, которые могут быть использованы в качестве игровых ассетов, таких как текстуры, фоны и прочие 2D-объекты, например, персонажей. Это может сэкономить разработчикам инди-игр время и ресурсы, которые в противном случае были бы потрачены на создание этих ассетов вручную.

Студия разработки игр Green Pixel оказалась одной из первых, кто начал использовать искусственный интеллект для рисования ресурсов для своих игр. В результате использования Stable Diffusion они пришли к выводу, что использование ИИ сокращает рабочее время художника на 30–70% [4]. Процесс их работы показан на рис. 4 и 5.



Рис. 2. Изображение, сгенерированное нейросетью Dream by Wombo



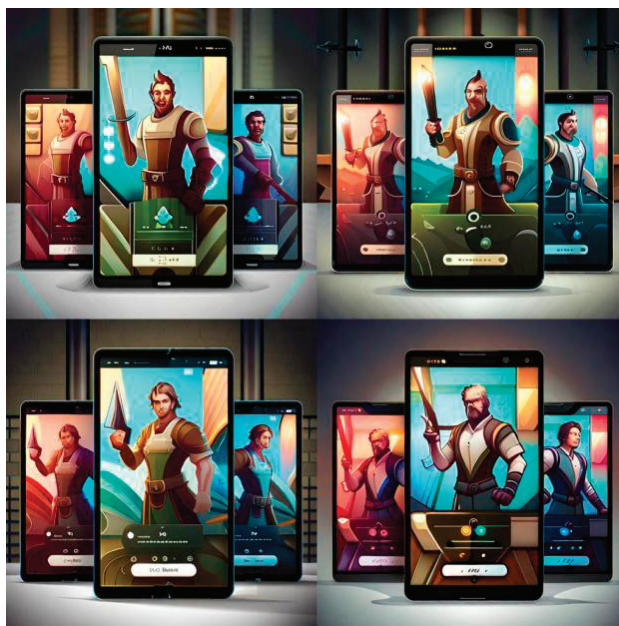


Рис. 3. Интерфейсы, сгенерированные нейросетью BlueWillow

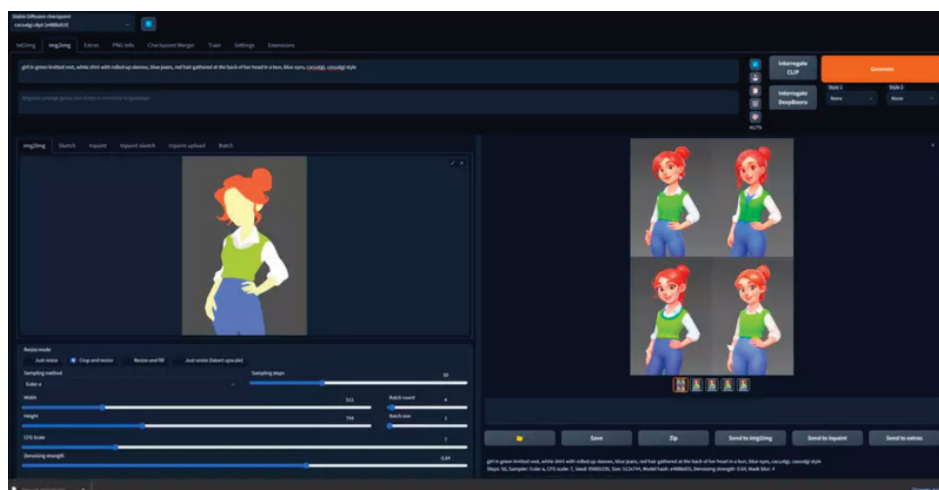


Рис. 4. Процесс рисования персонажей в Green Pixel [4]

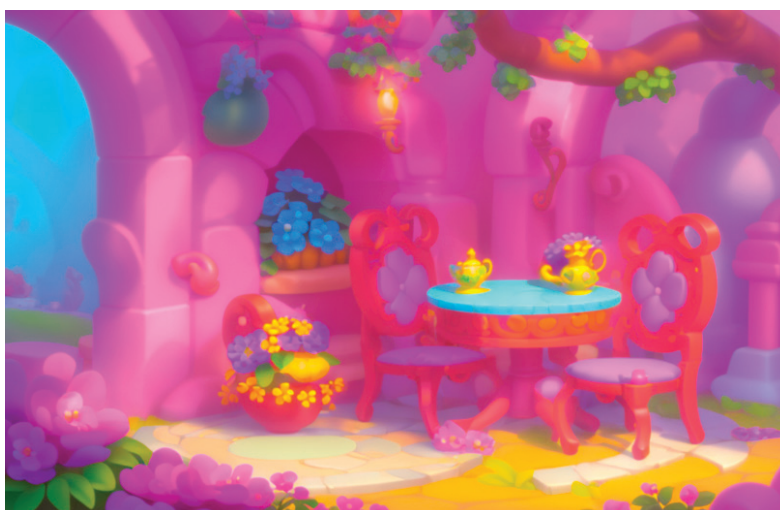


Рис. 5. Процесс рисования фонов в Green Pixel [4]

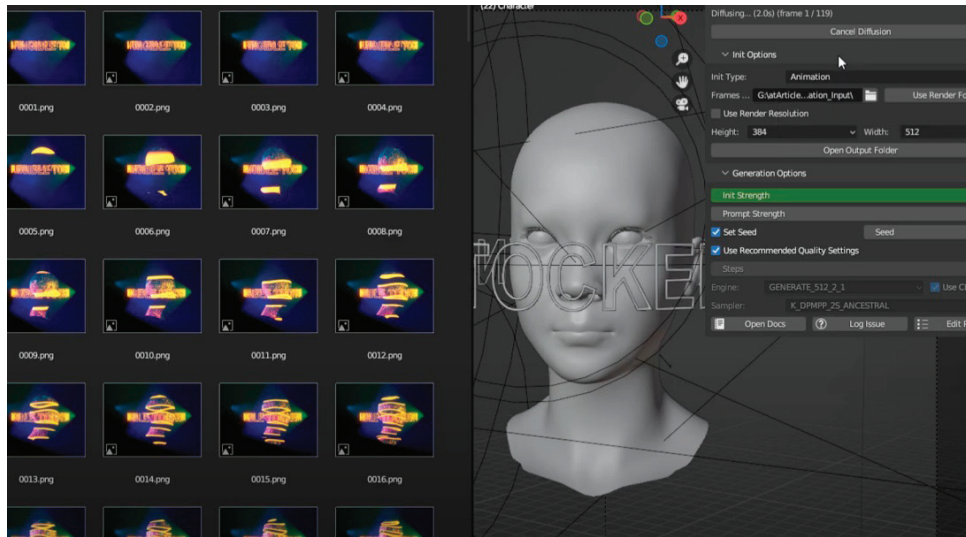


Рис. 6. Процесс работы плагина Stability AI [6]



Рис. 7. Результаты А/В-теста с иконками, нарисованными людьми [7]

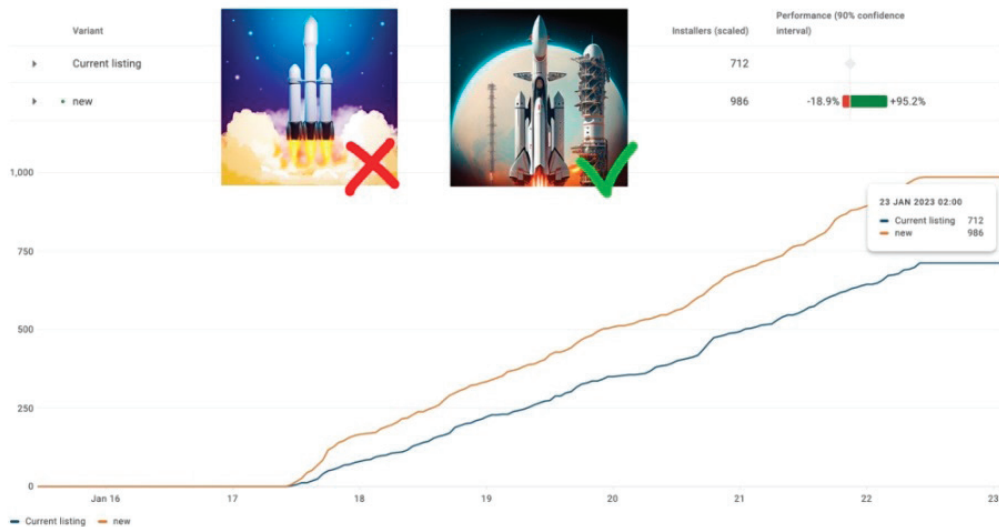


Рис. 8. Результаты А/В-теста с иконкой, нарисованной нейросетью [7]



Упростить жизнь инди-разработчикам призваны и плагины для Blender — наиболее популярного 3D-редактора в сфере гейм-разработки. Плагины Dream Textures, BariumAI и Stability AI позволяют создавать текстуры к моделям сразу в 3D-редакторе. Все плагины базируются на Stable Diffusion и могут генерировать изображения на основе запросов. Stability AI, в отличие от своих конкурентов, еще способна генерировать изображения на основе заданной 3D-моделями сцены и превращать их в анимацию [5]. Пример работы плагина показан на рисунке 6.

### Публикация

При публикации необходимо собрать наиболее привлекательные материалы по игре, чтобы за пару секунд потенциальный пользователь мог заинтересоваться. Для этого необходимо создать привлекательные иконки. Так Евгений Гришков, основатель студии Garden of Dreams, провел эксперимент по A/B-тестированию [7]. В рамках эксперимента в его студии со-

здали 3 разных иконки. 2 из них были созданы руками человека, а один — с помощью ИИ. Иконки от художников показали хорошие результаты, но иконка от ИИ увеличила количество установок игры в 3 раза! На рисунках 7 и 8 показан результат сравнения 3 иконок: рисунок 7 — обе иконки нарисованы человеком, рисунок 8 — вторую иконку нарисовала нейросеть.

Таким образом, нейросеть не только может ускорить процесс создания, но и улучшить показатели! Однако важно помнить, что модели искусственного интеллекта следует использовать в сочетании с собственным видением — сами по себе нейросети не могут создать качественный и продающий продукт.

Тем не менее, современные достижения в области нейросетей и их применение в компьютерной графике предоставляют уникальные возможности для инноваций и креативности. С ростом и развитием этой области можно ожидать еще большего влияния нейросетей на создание уникальных игровых контентов и вдохновение творческих профессионалов!

### Литература:

1. Кислицын, Е. В. Маркетинговые рекомендации для независимых разработчиков игр на рынке игровой индустрии в современных условиях / Е. В. Кислицын, Д. А. Куликов // e-FORUM. — 2020. — № 3(12). — С. 11.
2. 10 лучших моделей глубокого обучения // ХэшДорк. — URL: <https://hashdork.com/ru/модели-глубокого-обучения/> (дата обращения 8.06.2023).
3. Баттл «художников»: сравниваем Midjourney, DALL-E2 и Stable Diffusion // Хабр. — URL: <https://habr.com/ru/companies/sectel/articles/691226/> (дата обращения 24.02.2023).
4. Реальный кейс внедрения AI Generated Art в игровой компании // DTF. — URL: <https://dtf.ru/gamedev/1592200-realnyy-keys-vnedreniya-ai-generated-art-v-igrovoy-kompanii> (дата обращения 24.02.2023).
5. Для Blender вышел официальный плагин генератора ИИ-артов Stable Diffusion — он бесплатный и не нагружает видеокарту // DTF. — URL: <https://dtf.ru/life/1668064-dlya-blender-vyshel-oficialnyy-plagin-generatora-ii-artov-stable-diffusion-on-be-splatnyy-i-ne-nagruzhayet-videokartu> (дата обращения 8.06.2023).
6. Stunning AI-Powered Images and Animations with New «Stability for Blender» Stable Diffusion Addon! // YouTube. — URL: <https://www.youtube.com/watch?v=IUF5exb069c> (дата обращения 13.06.2023).
7. Личный блог про разработку игр // VK. — URL: [https://vk.com/wall-56553280\\_12021](https://vk.com/wall-56553280_12021) (дата обращения 24.02.2023).

## Аналитика эффективного предотвращения дефектов программ

Потапов Дмитрий Артёмович, аспирант;

Емельяненко Яна Ивановна, аспирант

Научный руководитель: Корниенко Светлана Владимировна, кандидат технических наук, доцент

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

*Цель статьи заключается в проведении анализа различных методов предотвращения дефектов программ, анализе и выявлении преимуществ и ограничений выбранных подходов, что является крайне важным аспектом при разработке и тестировании программных средств для информационных систем критического применения. Особое внимание в статье уделяется классификации дефектов программ и анализу методик обнаружения дефектов программной среды.*

**Ключевые слова:** дефект, программное обеспечение, классификация дефектов, обнаружение и предотвращение дефектов.

Дефекты программ являются наиболее опасными объектами, которые препятствуют бесперебойной работе и разрыванию информационной системы. Они могут быть выявлены на любом этапе жизненного цикла программного

обеспечения (далее — ПО), но основная их часть должна быть обнаружена и устранена во время разработки программ. Не обнаруженные вовремя дефекты вызывают многократные релизы программы и требуют значительной траты времени и усилий

при сопровождении программ. Следовательно, важно не только обнаружить, но и распознать дефекты программы, что довольно сложно из-за уровней абстракции с точки зрения людей, процесса, сложности, окружающей среды и других факторов.

«Лучше изначально позаботиться о безопасности, чем потом устранять инциденты». Это высказывание имеет огромное значение в разработке ПО и обеспечении качества продукта. Главные проблемы безопасности при разработке ПО действительно могут быть устранены конкретными проверками и валидацией. Таким образом, крайне важно выявлять проблемы (дефекты) на всех этапах, чтобы гарантировать повышение качества программных средств. Понятие «качество» включает в себя все характеристики и особенности продукта, которые относятся к удовлетворению заданного требования. Многие компании, производящие ПО, имеют отделы обеспечения качества ПО, где основное внимание уделяется предотвращению дефектов [1].

Дефект — это отклонение от желаемого поведения, которое влияет на качество ПО. Задачей предотвращения дефектов является выявление этих дефектов, их исправление и предотвращение их повторного появления. Цель внедрения процесса предотвращения дефектов состоит в том, чтобы производить продукты хорошего качества в рамках бюджета и времени [2].

Ни одно ПО не может быть создано без дефектов. Дефекты могут быть внесены во время спецификации, проектирования и кодирования тестового приложения. Следовательно, предотвращение дефектов является неотъемлемой частью повышения качества программного процесса, который не может быть скомпрометирован. Методы анализа и предотвращения дефектов были успешно применены в ряде организаций, занимающихся разработкой ПО, что привело к значительному сокращению ошибок.

Анализ основных причин дефектов и инициирование действий по их исправлению выглядят достаточно простыми процессами на первый взгляд, но имеют очень глубокие корни. Доказано, что анализ первопричин дефектов является успешным ключевым процессом для их предотвращения. Дефекты анализируются с помощью одного качественного процесса, который

требует очень много времени и строгости. За последние десятилетия были разработаны различные классификации для улучшения обнаружения дефектов [2].

### 1. Основные классификации дефектов программ

#### Ортогональная классификация дефектов (ODC)

Фирма IBM разработала подход к классификации ошибок, называемый ортогональной классификацией дефектов (Orthogonal Defect Classification). Подход предусматривает разбиение ошибок по категориям с соответствующей ответственностью разработчиков за них [3].

Ортогональная классификация дефектов (ODC) — это мощный метод анализа дефектов, который могут использовать группы разработчиков для отслеживания хода и состояния проекта. Процесс ODC эффективно применяется для многих проектов, которые доказали, что он способствует успешному выпуску высококачественного ПО. В основе ODC лежит ряд простых правил классификации дефектов, которые можно легко адаптировать практически к любому проекту.

Различные тематические исследования показали, что ODC может повысить эффективность и действенность разработки и тестирования, что важно для улучшения качества.

Схема классификации не зависит от продукта, организации разработки и может применяться ко всем стадиям разработки ПО разного назначения. На рисунке 1 представлен интегральный (верхний) уровень списка ошибок согласно данной классификации.

#### Анализ первопричины (RCA)

«Анализ первопричины» (Root cause analysis, RCA) или «Анализ первопричины отказа» (Root Cause Failure Analysis, RCFA) — структурированный пошаговый метод для нахождения реальной причины проблемы и реагирования на нее, а не только на ее симптомы. Это процесс, который помогает за-

Контекст ошибки	Классификация дефектов
Функция	Ошибки интерфейсов конечных пользователей ПО, вызванные аппаратурой или связаны с глобальными структурами данных
Интерфейс	Ошибки во взаимодействии с другими компонентами, в вызовах, макросах, управляющих блоках или в списке параметров
Логика	Ошибки в программной логике, неохваченной валидацией, а также в использовании значений переменных
Присваивание	Ошибки в структуре данных или в инициализации переменных отдельных частей программы
Зацикливание	Ошибки, вызванные ресурсом времени, реальным временем или разделением времени
Среда	Ошибки в репозитории, в управлении изменениями или в контролируемых версиях проекта
Алгоритм	Ошибки, связанные с обеспечением эффективности, корректности алгоритмов или структур данных системы
Документация	Ошибки в записях документов сопровождения или в публикациях

Рис. 1. Ортогональная классификация дефектов IBM

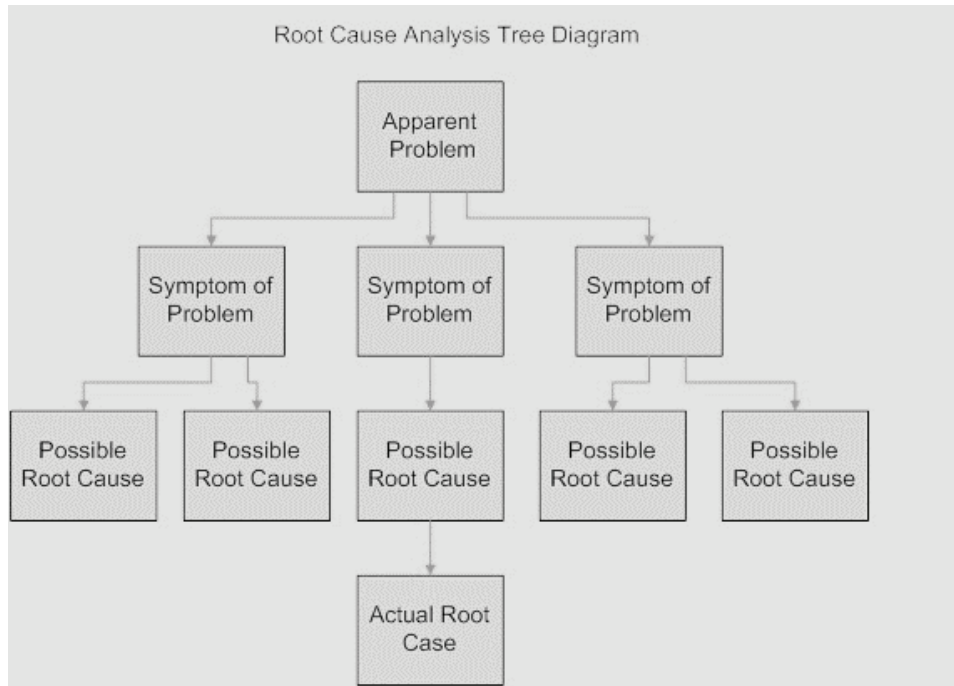


Рис. 2. Диаграмма работы метода RCA

интересованным сторонам понять причины проблемы в достаточной степени, чтобы достигнуть ее полного разрешения [2].

Метод RCA используют для исследования потерь вследствие различных видов отказов, в то время как анализ потерь главным образом применяют для исследования финансовых или экономических потерь от внешних воздействующих факторов или катастроф. Метод RCA направлен на выявление первичных причин отказа без рассмотрения их внешних проявлений. Очевидно, что корректирующие действия не всегда эффективны и зачастую требуют их постоянного улучшения. Метод RCA обычно применяют для оценки основной составляющей потерь, однако его можно применять для анализа более общих потерь с целью выявления возможностей постоянного улучшения.

RCA направлен на поиск первопричины, а не на лечение симптома, следуя определенному набору шагов и связанных с ними инструментов. Он отличается от анализа дефектов, устранения неполадок и других методов решения проблем, поскольку эти методы пытаются найти решение конкретной проблемы, но RCA пытается найти основную причину.

Основными входными данными метода RCA являются все объективные данные об отказах или потерях. Данные об аналогичных отказах также могут быть рассмотрены в процессе анализа. Другими входными данными могут быть данные, полученные при проверке конкретных гипотез [2].

#### Модель предотвращения дефектов программ (DP Model)

Модель предотвращения дефектов программ (Defect Prevention model, DP model) — это стратегия, применяемая к жизненному циклу разработки ПО, которая выявляет коренные причины дефектов и предотвращает их повторение. Процесс

предотвращения дефектов программ включает в себя анализ дефектов, возникших в прошлом, и определение контрольных точек и действий для предотвращения возникновения подобных дефектов в будущем. В целом, деятельность по предотвращению дефектов программ опирается на распространение знаний об обнаруженных и распознанных дефектах в других программных проектах [3].

Крупные ИТ-организации внедряют подобный процесс на всех этапах жизненного цикла программных продуктов для повышения качества ПО, производительности труда команд разработчиков и снижения затрат на разработку. Рисунок 3 наглядно показывает, что выявление дефектов на поздних этапах жизненного цикла ПО обходится значительно дороже для фирмы.

Модель усовершенствованного процесса разработки ПО, включающего стратегию DP, представлена на рисунке 4 [4].

#### Классификация дефектов программ IEEE

Классификация дефектов программ IEEE (Standard classification for Anomalies, стандарт аномалий) была предложена для выработки единого стандарта классификации программных ошибок. Этот стандарт охватывает весь жизненный цикл ПО, эффективно выявляет и отслеживает дефекты и улучшает цикл разработки ПО [5].

Для применения данной модели необходимо решить, следует ли изначально использовать стратегию классификации отказов или метод классификации дефектов, выбрать различные атрибуты для классификации и распределить по группам результаты классификации. Стандарт аномалий классифицирует программные дефекты по восьми категориям:

- вычислительные проблемы;

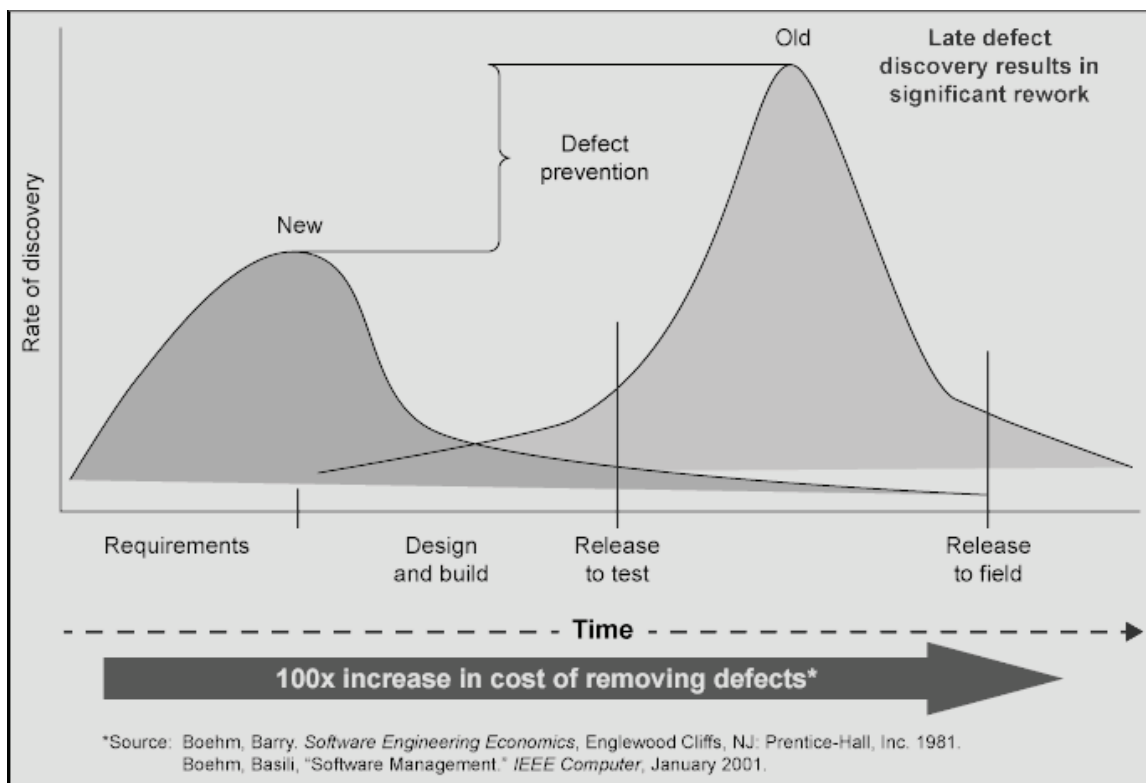


Рис. 3. Скорость обнаружения дефектов ПО

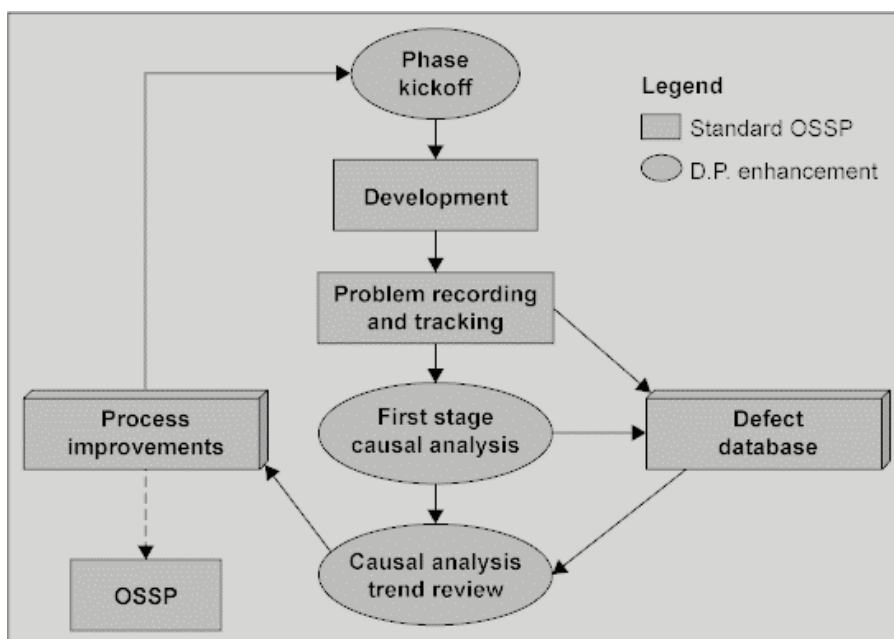


Рис. 4. Стратегия предотвращения дефектов в процессе разработки ПО

- проблемы интерфейса/времени;
- логические проблемы;
- проблемы с данными;
- проблемы с обработкой данных;
- проблемы с качеством документа;
- проблемы с документацией;
- проблемы с усилением защиты.

Каждый класс также может быть разделен на более подробные подклассы. Эта модель хорошо масштабируется, ее можно адаптировать под конкретный тип программного проекта. Из этих особенностей вытекает главный недостаток модели — сильная зависимость от уровня квалификации команды разработчиков и менеджера проекта, так как индивидуальные субъективные факторы будут серьезно влиять на классификацию [6].



## 2. Методики обнаружения и распознавания дефектов программной среды

Сложность ПО также приводит к большему количеству дефектов, и поэтому ручное обнаружение может стать очень трудоемким процессом. Это дало исследователям стимул для разработки методов автоматического обнаружения дефектов ПО [7].

Далее будут проанализированы различные методики и алгоритмы, которые помогут обнаружить дефекты ПО.

### *Метод обнаружения дефектов на основе сходства кода*

Обнаружение уязвимостей, связанных с подобием кода, также называется обнаружением клонов. Основная идея заключается в том, что похожий программный код имеет похожие дефекты в ПО. В процессе непрерывного развития технологии обнаружения клонов кода исследователи определили четыре распространенных типа клонов:

- Клоны типа 1 (T1) представляют собой идентичные фрагменты кода, которые могут содержать различия в пробелах, макетах или комментариях.
- Клоны типа 2 (T2) представляют собой фрагменты кода, допускающие изменения идентификаторов, литералов, типов, пробелов, макетов и комментариев.
- Клоны типа 3 (T3) допускают дополнительные модификации, такие как измененные, добавленные или удаленные инструкции.
- Клоны типа 4 (T4) дополнительно включают семантически эквивалентные, но синтаксически отличающиеся фрагменты кода [8].

В существующих методах обнаружения подобия кода обычно используется модель четырехслойной сетевой структуры. RNN (Recurrent neural network) и CNN (Convolutional neural network) имеют свои преимущества в обработке взаимосвязей данных и извлечении признаков, преимущества которых можно учитывать при разработке новой сетевой структуры.

### *Обнаружение уязвимостей на основе сигнатур кода*

Технология обнаружения уязвимостей на основе сигнатур кода в основном включает в себя два этапа. На этапе обучения поток управления и технология потока данных используются для извлечения ключевых кодов в программе, которые преобразуются в векторные с помощью текущего основного инструмента (такого как word2vec), который вводит их в соответствующие нейронные сети для контролируемого обучения. На этапе обнаружения выполняется та же обработка данных для новой программы, которая используется для обнаружения существующих уязвимостей с помощью изученной модели. В зависимости от того, нужно ли запускать программу, методы обнаружения уязвимостей на основе сигнатур кода подразделяются на методы статического обнаружения и методы динамического обнаружения, сетевые структуры которых, используемые в настоящее время для обучения модели, включают CNN, RNN и LSTM (Long short-term memory) [9].

### *Статические методы обнаружения*

Статический анализ относится к процессу анализа программы путем построения абстрактных синтаксических деревьев и графов зависимостей программы без запуска ПО, анализируемый объект которого обычно относится к исходному коду или исполняемому коду. По сравнению с исполняемым кодом анализ исходного кода позволяет получить больше семантической информации, всесторонне рассматривает информацию о пути выполнения, тем самым обнаруживая больше уязвимостей и повышая процент попаданий [8, 9].

Методы обнаружения статических уязвимостей на основе глубокого обучения анализируют зависимости программного кода на уровне исходного кода и выполняют предварительную обработку уязвимого кода на основе идеи нарезки программы. В существующих исследованиях маркировку кода каждого образца необходимо проводить вручную, а модель предназначена только для конкретных языков и типов уязвимостей и не подходит для расширения на большие проекты [8, 9].

### *Динамические методы обнаружения*

Динамический анализ — это процесс проверки или обнаружения уязвимости ПО путем запуска определенной программы и получения информации, такой как выходные данные или внутреннее состояние программы, объектом анализа которой является исполняемый код. По сравнению со статическими методами динамические методы анализируют уязвимости для получения конкретной оперативной информации, поэтому анализируемые уязвимости, как правило, более точны и имеют меньшую частоту ложных срабатываний [9, 10].

### *Программное средство обнаружения дефектов Aegis*

В качестве примера отечественных решений обнаружения программных дефектов представлен Aegis MT. Система Aegis позволяет обнаруживать программные дефекты в последовательных программах. Структурная схема системы Aegis MT приведена на рисунке 5.

### *Метод ядра для прогнозирования дефектов*

Прогнозирование дефектов ПО является неотъемлемой частью анализа качества ПО и широко изучается в области инженерии надежности ПО.

Однако производительность предикторов дефектов может быть значительно ухудшена проблемой дисбаланса классов реальных наборов данных. Дело в том, что большинство дефектов в программной системе находятся в небольшом проценте программных модулей, что называется несбалансированностью классов. Современные подходы к решению проблемы дисбаланса классов можно грубо разделить на два способа: на уровне данных или на уровне алгоритмов. Метод уровня алгоритма AdaBoost является адаптивным алгоритмом, который направлен на уменьшение отклонений, генерируемых данными большинства классов, путем динамического обновления весов



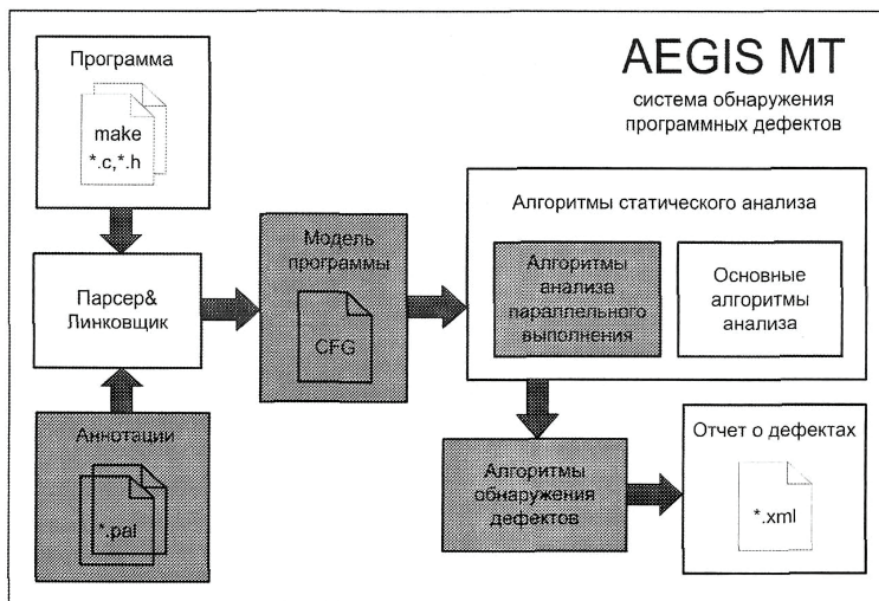


Рис. 5. Структурная схема системы обнаружения дефектов Aegis MT

модулей в соответствии с ошибками в проведенном ранее обучении.

Также в качестве методов уменьшения размерности для проблемы несбалансированности класса с помощью частичных наименьших квадратов (Partial least squares, PLS), линейного дискриминантного анализа (Linear discriminant analysis, LDA) и анализа основных компонентов (Principle component analysis, PCA) [11].

Линейный частичный метод наименьших квадратов PLS является эффективным линейным преобразованием, которое выполняет регрессию на подмножестве извлеченных скрытых переменных. Ядро PLS сначала выполняет нелинейное отображение,  $\Phi: \{x_i\}_{ni = 1 \in \mathbb{R}^N} \rightarrow \Phi(x) \in \mathbb{F}$ , чтобы проецировать входной вектор в многомерное пространство признаков, в котором используется линейная PLS [12].

Анализ основных компонентов PCA представляет собой эффективное линейное преобразование, которое отображает данные высокой размерности в пространство более низкой размерности. Анализ основных компонентов ядра КРСА сначала выполняет нелинейное отображение  $\Phi(x)$  для преобразования входного вектора в пространство признаков более высокой размерности. И затем в этом пространстве признаков используется линейный PCA [12].

Недостаток регрессионной модели КРСА заключается в том, что она не учитывает корреляцию между основными компонентами и атрибуцией класса. На уменьшение размерности неизбежно влияет асимметричное распределение. Поэтому для решения проблемы дисбаланса классов может также использоваться асимметричный классификатор анализа главных компонентов ядра (АКРСАС), который извлекает потери, вызванные этим эффектом [12].

#### Методика распознавания дефектов IGNITE от IBM

Инструментальное приложение IGNITE от IBM использует комплексные когнитивные подходы для сокращения вре-

мени обработки дефектов. Оно определяет и классифицирует дефекты программ на основе имеющейся базы знаний. Программа IGNITE использует метод машинного обучения, предварительную обработку текста и моделирование для преобразования и улучшения типичных взаимодействий, перевода их с процесса обнаружения дефектов на предотвращение дефектов. Главное преимущество данного решения заключается в предоставлении тестировщику классификации обнаруженного дефекта в реальном времени на основе существующих сигнатур дефектов. Это улучшает идентификацию первопричины дефекта, что приводит к более быстрому и эффективному его устранению [13].

#### Заключение

В процессе разработки программных систем общей целью разработчиков ПО является повышение качества и безопасности ПО. Традиционные методы обнаружения требуют, чтобы эксперты в предметной области тратили много времени и энергии на разработку функций, и жизненно важно сочетать технологию глубокого обучения с технологией анализа программ, чтобы помочь исследованиям безопасности ПО и способствовать дальнейшему развитию технологии автоматического обнаружения. В данной статье рассмотрены основные классификации дефектов программ (ODC, RCA, DP, IEEE). Кроме того, рассмотрены и проанализированы основные методики обнаружения и распознавания дефектов программ, основанные на различных подходах к классификации программных ошибок. Так, например, метод распознавания дефектов IGNITE от IBM определяя дефекты программ, использует классификацию из имеющейся базы знаний и сокращает время обработки дефектов. Методы обнаружения дефектов на основе сходства кода, а также статические и динамические методы показывают свою эффективность при работе с сетевыми структурами, включающими RNN, CNN, LSTM. Отечественное

решение обнаружения программных дефектов Aegis MT позволяет обнаруживать программные дефекты в последовательных программах. Для прогнозирования дефектов используется метод ядра.

#### Литература:

1. Sakthi Kumaresh. Defect Analysis and Prevention for Software Process Quality Improvement / Sakthi Kumaresh / International Journal of Computer Applications.— 2010.— № 7 (8).— с. 42–47.
2. Priyanka Chandani, Chetna Gupta. A Survey on Effective Defect Prevention-3T Approach / Priyanka Chandani, Chetna Gupta / I. J. Information Engineering and Electronic Business.— 2014.— № 1.— с. 32–41.
3. S. Kumaresh. Defect Prevention through Orthogonal Defect Classification / S. Kumaresh / International Journal of Computers & Technology.— 2013.— № 3 (11).— с. 2393–2400.
4. Defection Prevention for Software Development [Электронный ресурс] // Process News / Rufina Scott.— URL: <http://processnews.blogspot.com/2020/01/software-defect-prevention-nutshell.html>.
5. IEEE Standard Classification for Software Anomalies Software & Systems Engineering Standards Committee.
6. Elena N. Akimova, Alexander Yu. Bersenev. A Survey on Software Defect Prediction Using Deep Learning / Elena N. Akimova, Alexander Yu. Bersenev / Mathematics.— 2021.— № 9 (11).— с. 1180.
7. N. Kalaivani, Dr. R. Beena. Overview of Software Defect Prediction using Machine Learning Algorithms / N. Kalaivani, Dr. R. Beena / International Journal of Pure and Applied Mathematics.— 2018.— № 20 (118).— с. 12.
8. Zhidong Shen, Si Chen. A Survey of Automatic Software Vulnerability Detection, Program Repair, and Defect Prediction Techniques / Zhidong Shen, Si Chen / Hindawi. Security and Communication Networks.— 2020.— с. 16.
9. T. Mikolov, M. Karafiát, L. Burget. Recurrent neural network based language model / T. Mikolov, M. Karafiát, L. Burget, et al / Proceedings of the 11th Annual Conference of the International Speech Communication Association, Makuhari.— 2010.— с. 1045–1048.
10. 10., Y. Wang, Z. Wu, Q. Wei. NeuFuzz. Efficient fuzzing with deep neural network / Y. Wang, Z. Wu, Q. Wei, et al / IEEE Access.— 2019.— № 7.— с. 36340–36352.
11. Pooja Paramshetti, D. A. Phalke. Survey on Software Defect Prediction Using Machine Learning Techniques / Pooja Paramshetti, D. A. Phalke / International Journal of Science and Research (IJSR).— 2014.— № 12(3).— с. 1394–1397.
12. Jinsheng Ren, Ke Qin. On Software Defect Prediction Using Machine Learning / Jinsheng Ren, Ke Qin / Hindawi Publishing Corporation Journal of Applied Mathematics.— 2014.— с. 8.
13. Abhishek Mitra, Ilan S Jayaraman. IBM IGNITE Defect Classify accelerates test using machine intelligence / Abhishek Mitra, Ilan S Jayaraman / IBM Global Business Services. Solution Brief.— 2018.— с. 4.

## Изучение робототехники с помощью мобильных приложений<sup>2</sup>

Турашова Шугыла Прмаханбетовна, преподаватель;  
Сейдуалы Касым Болатулы, заведующий Stem-парком  
Казахский национальный педагогический университет имени Абая (г. Алматы)

*Данная статья направлена на рассмотрение и проведение сравнительного анализа мобильных приложений для изучения робототехники. Для начала стоит отметить большое разнообразие программ для обучения и самостоятельного изучения робототехники, однако авторами были выбраны пять, и на их основе проведено исследование с учетом различных критериев. Для каждого мобильного приложения будут учитываться данные показатели: доступность, удобство интерфейса и внешний вид, возможности и эффективность изучения робототехники посредством этого приложения.*

**Ключевые слова:** мобильное приложение, робототехника, современное образование, методы обучения.

В процессе развития школьного образования возникает проблема снижения активности учащихся в учебной деятельности. В современном обществе, где наука и техника постоянно развиваются, становится все более необходимым наличие людей, способных эффективно работать с новыми технологиями, бы-

стро ориентироваться в информационной среде и усваивать актуальный материал. Важно, чтобы обучение в школе было организовано таким образом, чтобы ученикам было интересно на уроках, и они сами стремились к получению новых знаний, а не были вынуждены учиться. В настоящее время многие уча-

<sup>2</sup> Статья подготовлена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках грантового исследования № AP19579496 «Разработка мобильного приложения по обучению робототехники для учащихся средней казахской школы».

щие считают, что большая часть исследуемого материала не имеет для них практического применения, а мобильное устройство все связано с коммуникацией, играми и развлечениями. Поэтому необходимо показать детям практическое применение образовательных знаний и научить их пользоваться своими гаджетами не только для развлечения.

В современном мире все большую популярность получает внедрение робототехники в образование. Это связано с необходимостью развития алгоритмического мышления учащихся и подготовки специалистов в технических областях. Кроме того, робототехнические наборы предоставляют возможность создавать наглядные примеры практического применения учебных знаний для учащихся.

С развитием технологий и ростом интереса к робототехнике, стало очевидно, что обучение робототехнике должно стать доступным и интересным для широкой аудитории. Из-

учение робототехники на мобильных устройствах является одним из наиболее эффективных и удобных способов для начала обучения.

Однако для тех, кто хочет начать изучение робототехники, или же просто полезно провести время, мы провели анализ и подготовили сравнительную характеристику нескольких популярных мобильных приложений для изучения робототехники.

Проведенный анализ позволил сформировать представление о качества приложения и выявить конкурентные преимущества, полнота реализуемых в приложении функциональных возможностей, привлекательность интерфейса наряду с удобством пользования (юзабилити), степень мультимедийности (сочетание текста, статичных изображений, звука, видео) и интерактивности (возможность активного взаимодействия пользователя с приложением), которые отражены в Таблице 1.

Таблица 1. Сравнение наиболее популярных приложений

	Tech Nuttiez: Learn Robotics	Robogarden	Irobot Coding	Witblox — Robotics Learning App	Robot Commander
Количество скачиваний	5 000+	10 000+	10 000+	100 000+	100 000+
Интерфейс	Интерфейс довольно привлекательный, но функциональность ограничена. Тем не менее для пользователя не составит особого труда разобраться	интерактивный интерфейс, использовано интересные переходы, простая навигация	Очень приятный интерфейс в игровой форме, релевантный контент	Внешний вид довольно привлекательный, нет отвлекающих от работы лишних ссылок, картинок	Интуитивно понятный интерфейс, простая палитра, четкие и легкие шрифты, ясные иконки
Виды контента (формы подачи материала)	Приложение содержит множество учебных пособий по созданию роботов и связанных с ними проектов, а также множество статей по актуальным темам науки и техники.	Тексты, изображения, звук, интерактивные задания	Текст, изображения, звук, интерактивные задания, видео, социальные сети для проверки заданий и общения	Дает возможность изучению с помощью видеоуроков по различным проектам, связанным с робототехникой, электроникой, Arduino, дронами и 3D-печатью	Программирование на основе языка Scratch. Перетаскивания, пользователи могут разрабатывать и тестировать поведение своих собственных роботов, развивая креативность и навыки решения проблем
Входной тест	-	Выбираешь уровень сам	Выбираешь уровень сам	-	Выбираешь уровень сам
Типы заданий	Многопользовательские викторины с одноклассниками, Совместная работа над проектами с друзьями	Представляет несколько заданий по кодированию, которые представляют собой набор миссий по кодированию, которые сосредоточены на предметах STEAM	Перетаскивания графических блоков, Гибридные блоки, полнотекстовый код для изучения структуры и синтаксиса профессиональных языков программирования	Челенджи, квизы, создавать проекты с помощью видеоуроков	Более 50 веселых и увлекательных заданий для начинающих и продвинутых пользователей. Машинное обучение с продвинутым распознаванием объектов и звуков

Таблица 1 (продолжение)

	<b>Tech Nuttiez: Learn Robotics</b>	<b>Robogarden</b>	<b>Irobot Coding</b>	<b>Witblox — Robotics Learning App</b>	<b>Robot Commander</b>
Наличие теории и подсказок	Учебный план разработан на основе сотрудничества с исследованиями из MIT	Изучение теории, просмотр правил и вывод подсказок во время тренировок	От бесплатных руководств до готового кода и не только, есть Библиотека для обучения	Изучение концепции в цифровом виде с помощью комиксов и анимационных историй, ссылки на интересные статьи	Справочный центр со множеством советов и сведений для изучения, электронные инструкции по сборке в приложении
Изучение по плану	Полные пошаговые руководства по созданию различных роботов и технических проектов	Вы начинаете с загрузки игровых активов, выбираете миссию, затем вы сможете построить свой собственный алгоритм, используя блоки кодирования	Мастер-кодирование с 3 уровнями обучения	Нет	Все элементы программы сгруппированы по категориям, чтобы было проще найти то, что вы ищете. Помимо этого, вы сможете написать код для своих собственных задач
Социальная сеть	Можно подключить свое учебное заведение	Наличие чата, где можно общаться с другими учащимися	Запрограммируйте simbots на виртуальных аренах для обучения на базе приложений	Наличие чата, где можно общаться с другими учащимися	Делится своими творениями LEGO Life, чтобы показать остальным
Мотивация	Можно соревноваться с другими учебными учреждениями и поднять рейтинг своей школы в школьных рейтингах, участвуя в различных мероприятиях	Статистика обучения, достижения от новичка до профессионального уровня	Статистика обучения, достижения	Вы можете загружать свои проекты в само приложение и зарабатывать монеты	Раздел сообщества с моделями поклонников для вдохновения
Доступность	Приложение доступно в Google Play и App Store	Приложение доступно только в App Store	Приложение доступно в Google Play и App Store	Приложение доступно в Google Play и App Store	Работа без заминок на IOS, macos, Android и Windows
Минусы		Требуется macos 11.0 или новее и компьютер Mac с чипом Apple M1 или новее	Отсутствие языка изучения для стран СНГ	Приложение доступно только на английском языке	Это не отдельная приложение, она используется для сборки и программирования интерактивных игрушечных роботов Lego

В ходе анализа выяснилось, что несмотря на популярность мобильных приложений среди населения, заинтересованной аудиторией остается молодежь, но, зачастую, не всем хватает мотивации на длительную и продолжительную работу. Тем не менее система обучения и работа через смартфон, позволяют обучаться в любом удобном месте и в любое удобное время, даже во время путешествия или перерывов в школе и на

работе. Изучая с помощью мобильного приложения, имеет возможность для пользователей с одинаковым интересом, общаться с людьми из различных стран, задавать вопросы, обмениваться опытом и даже конкурировать. Именно поэтому вопрос внедрения робототехники с помощью мобильных приложений в образовательный процесс, становится все более актуальным.

#### Литература:

1. Шадронов, Д. С. Робототехника в современном образовании // Молодой ученый, 2018. № 19 (205). С. 241–243.

2. Титова С. В. Условия успешной интеграции мобильных устройств в учебный процесс [Электронный ресурс] // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2012. № 8. С. 262–269.
3. Alimisis, Dimitris, editor. Teacher Education on Robotics-Enhanced Constructivist Pedagogical Methods. School of Pedagogical and Technological Education, 2009 г.
4. Teach, Learn, & Make with Witblox.
5. <https://robogarden.ca/>
6. Загрузки | Mindstorms | LEGO.com RU



# ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

## Поиск оптимальной конфигурации электрической сети района нефтедобычи

Гречушкин Данила Витальевич, студент магистратуры

Научный руководитель: Базаров Александр Александрович, доктор технических наук, профессор  
Самарский государственный технический университет

*В статье рассматривается оптимизация конфигурации электрической сети района добычи нефти.*

**Ключевые слова:** оптимизация, электрическая сеть, линии электропередачи, система электроснабжения, источник питания, электрические нагрузки.

При проектировании и эксплуатации технических систем постоянно приходится решать задачи поиска наилучшего решения из некоторого множества допустимых решений. Такое решение называют оптимальным, процесс поиска такого решения — оптимизацией, а задачи поиска такого решения — оптимизационными задачами [2].

Показатель, по величине которого оценивают, является ли решение оптимальным, называется критерием оптимальности [2].

В данной работе представлен алгоритм расчета электрических сетей района нефтедобычи. Целью расчета является поиск оптимальной схемы электроснабжения с точки зрения экономических затрат. В рассматриваемой оптимизационной задаче критерием оптимальности будет выступать величина суммарных затрат. Поставленная оптимизационная задача представляет собой транспортную задачу электроэнергетики.

В экономической части расчета учитывается стоимость возведения воздушных линий электропередач (ЛЭП), их установка, монтаж, ремонт и обслуживание, а также амортизационные отчисления на них. Кроме этого, учитываются потери активной мощности в воздушных ЛЭП.

Решение поставленной оптимизационной задачи осуществляется в программе Excel.

Рассматриваемая система электроснабжения района нефтедобычи включает в себя 8 нефтяных скважин и 2 источника питания. Источники питания представляют собой трансформаторные подстанции 110/10 кВ.

Исходными данными для расчета электрической сети системы электроснабжения являются следующие величины: координаты расположения ( $X$ ,  $Y$ , км) электрических нагрузок и источников питания, активные мощности электрических нагрузок и источников питания ( $P$ , кВт), коэффициенты активной мощности электрических нагрузок ( $\cos\varphi$ ), напряжение электрической сети ( $U$ , кВ).

$A_1, A_2$  — источники питания;  $B_3—B_{10}$  — электрические нагрузки.

Сквозная нумерация источников питания и электрических нагрузок принята с целью составления транспортной матрицы для расчета перетоков мощностей.

Для технико-экономического расчёта используются следующие исходные параметры:

$a$ , у.е./км — капитальные вложения в 1 км ЛЭП, не зависящие от сечения (экономические затраты на подготовку просеки, на дороги, осушение болот и т.д.).

$b$ , у.е./ $(\text{км}\cdot\text{мм}^2)$  — часть удельных капитальных вложений, пропорциональная сечению провода.

$\alpha$ , 1/год — ежегодные отчисления на амортизацию и текущий ремонт линии в относительных единицах.

$\beta$ , у.е./ $(\text{кВт}\cdot\text{ч})$  — стоимость потерь электроэнергии.

$\rho_n$ , 1/год — нормативный коэффициент сравнительной эффективности капитальных вложений.

$\tau$ , ч — время наибольших потерь, т.е. время, за которое при работе с наибольшей нагрузкой потери электроэнергии за год те же, что и при работе по реальному графику нагрузок.

$\rho$ , Ом·мм<sup>2</sup>/м — удельное сопротивление материала провода.

Расчет протяженности каждого участка ЛЭП определяется через разность координат по формуле:

$$L_{ij} = \sqrt{(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2} \quad (1)$$

Где  $L_{ij}$  — расстояние между  $i$ -м и  $j$ -м потребителями электроэнергии;



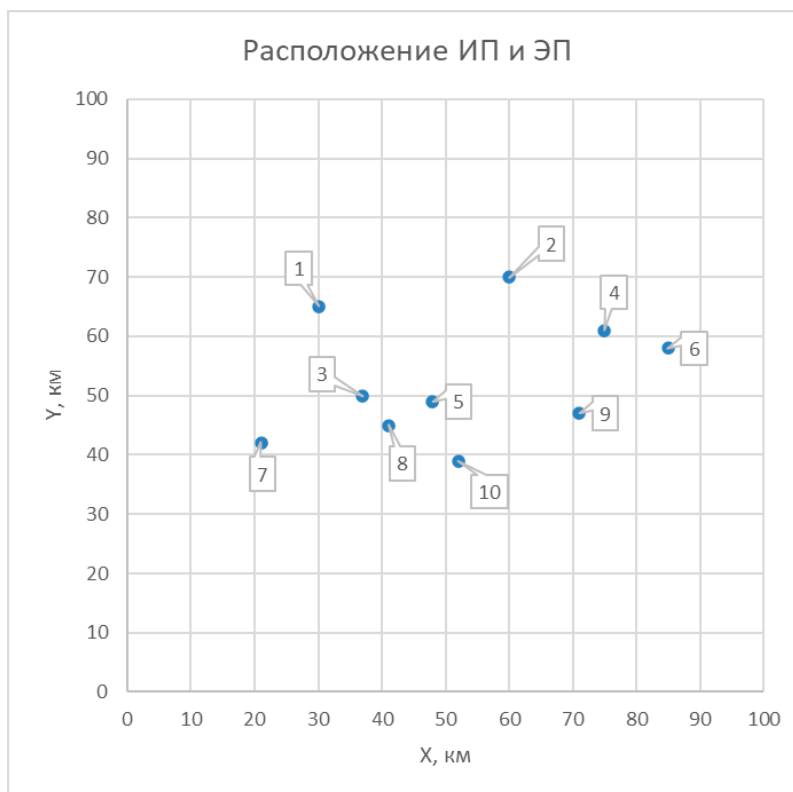


Рис. 1. Расположение источников питания и электрических нагрузок на местности

$X_i, X_j, Y_i, Y_j$  — координаты  $i$ -го и  $j$ -го потребителей электроэнергии.

Расчет токов ЛЭП осуществляется следующим образом:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} \tag{2}$$

Целевой функцией являются суммарные экономические затраты на линии электропередач. Суммарные экономические затраты определяются сечением участков ЛЭП и длинами данных участков, а также стоимостью потерь электроэнергии за год.

Целевая функция имеет вид:

$$Z = \sum Z_{ij} \rightarrow \min, \tag{3}$$

где  $Z_{ij}$  — экономические затраты на участок ЛЭП  $L_{ij}$ .

С увеличением сечения проводов участка ЛЭП возрастают затраты на сооружение, так как увеличивается количество требуемого материала провода, и отчисления на них. Но одновременно с этим уменьшаются потери электроэнергии и их стоимость за год в связи с уменьшением сопротивления линии, что влечет за собой уменьшение потерь мощности на активном сопротивлении по закону Джоуля — Ленца.

Сечение участков ЛЭП в данном расчете выбирается методом экономической плотности тока с целью определения наиболее экономически выгодного варианта, но также сечение проверяется по длительно допустимому току ЛЭП. В качестве материала проводника тока принят сталеалюминиевый провод марки АС.

Экономическое сечение  $F_э$  вычисляется следующим образом [1]:

$$F_э = I_p \sqrt{\frac{3 \cdot \beta \cdot \rho \cdot \tau}{b \cdot (p_n + \alpha_э)}} \tag{4}$$

По экономически выгодному сечению  $F_э$  принимается ближайшее номинальное сечение  $F_n$  и проверяется по длительно допустимому току  $I_{дд}$ . В случае невыполнения условия  $I_{дд} > I_p$ , принимается большее номинальное сечение.

Приведенные экономические затраты на ЛЭП [1]:

$$Z(F) = Z_1(F) + Z_2(F) = 3 \cdot \beta \cdot I_p^2 \cdot \rho \cdot \frac{l}{F} \cdot \tau + (a + b \cdot F) \cdot (p_n + \alpha_э) \cdot l \tag{5}$$

где составляющая экономических затрат  $Z_1(F)$ , представляющая собой стоимость потерь электроэнергии за год, убывает при росте сечения, а составляющая экономических затрат  $Z_2(F)$ , представляющая собой капитальные вложения с учетом ежегодных отчислений на текущий ремонт линии и амортизацию, возрастает при росте сечения [1].

Таким образом при решении поставленной оптимизационной задачи находится такая конфигурация электрической сети, при которой каждому электропотребителю будет передана соответствующая мощность и затраты на все участки ЛЭП будут минимальны. На рис. 2 представлена транспортная матрица распределения активных мощностей по участкам ЛЭП.

P, кВт		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	A↘B→	0	0	450	550	450	300	250	400	350	250	ΣA
1	1500	0	0	1250	0	0	0	250	0	0	0	1500
2	1500	0	0	0	1200	300	0	0	0	0	0	1500
3	0	0	0	-800	0	150	0	0	650	0	0	0
4	0	0	0	0	-650	0	300	0	0	350	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	-250	0	250	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ΣB	0	0	450	550	450	300	250	400	350	250	

Рис. 2. Распределение потоков активной мощности по участкам ЛЭП

Отрицательные значения мощностей на главной диагонали символизируют передачу мощности от одного узла электрической нагрузки к другому.

F, мм <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	95	0	0	0	16	0	0	0
2	0	0	0	95	25	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	16	0	0	50	0	0
4	0	0	0	0	0	25	0	0	25	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 3. Определенные сечения участков ЛЭП

Экономические затраты по результатам расчета в совокупности составили 14 231 628 389 у.е.

Z	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	4 028 246 373	0	0	0	1 248 415 720	0	0	0
2	0	0	0	4 087 804 170	1 439 113 008	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	351 207 964	0	0	813 997 169	0	0
4	0	0	0	0	0	621 198 237	0	0	1 008 295 220	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	633 350 528
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 4. Суммарные экономические затраты участков ЛЭП

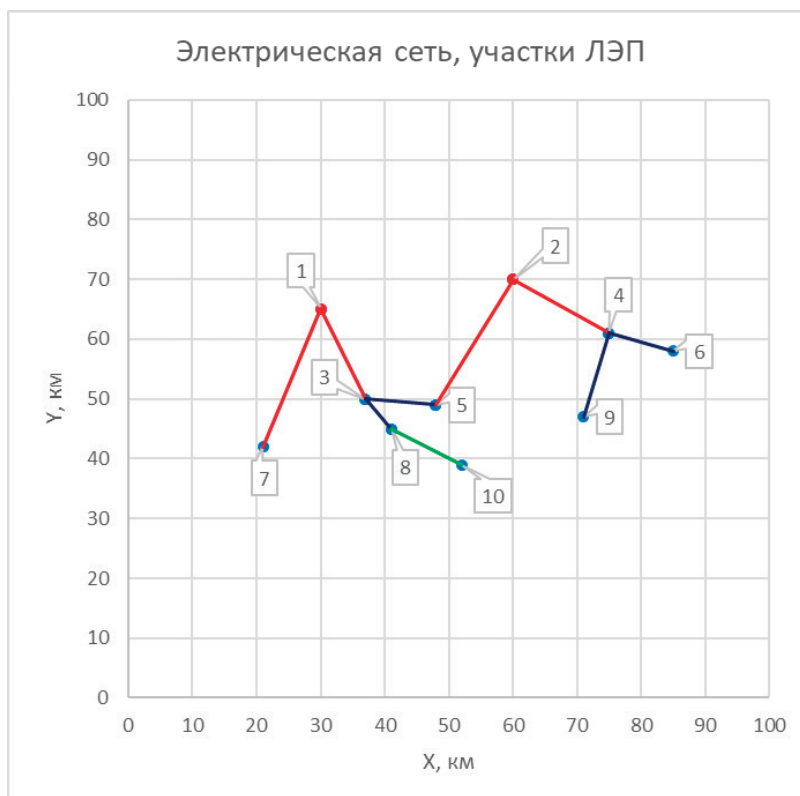


Рис. 5. Оптимальная схема электрической сети

На рис. 5 изображен оптимальный вариант схемы электрической сети нефтегазового месторождения.

Литература:

1. Идельчик В.И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 592 с.
2. Костин, В.Н. Оптимизационные задачи энергетики: Учеб. пособие. — СПб.: СЗТУ, 2003. — 120 с.

## Системы автоведения подвижного состава метрополитена

Киселев Ярослав Артемович, студент;

Гнедин Леонид Юрьевич, студент

Научный руководитель: Назаров Дмитрий Валерьевич, старший преподаватель  
Российский университет транспорта (МИИТ) (г. Москва)

*В статье авторы исследуют принцип действия, назначение различных систем автоведения поездов в России.*

**Ключевые слова:** метро, автоведение, железные дороги.

Автоматизированная система управления движением поездов метрополитена (АСУ ДПМ) предназначена для автоматизации управления движением поездов, включая пуск, разгон, выбор режима ведения поезда на перегонах, подтормаживание, а также прицельное торможение у платформ. Система автоведения позволяет совершенствовать управление перевозочным процессом, а именно:

- повышение точности выполнения графика движения поездов,

- более рациональное использование пропускной способности линий и участков метрополитена,
- снижение расход электроэнергии,
- облегчение труда машиниста,
- повышение оперативности и объёма информации о движении поездов

Стоит отметить, что при ручном управлении поездом, точность выполнения графика довольно низка, так как машинист опирается только на расписание, где указано время прохо-

ждения каждой станции. Соответственно по перегону машинист движется произвольно, ориентируясь на сигналы автоблокировки, личные часы и время прибытия и отправления со станции. При этом, по различным причинам, порой не зависящим от машиниста, возможен сбой графика движения поездов.

В свою очередь, система автоведения, имея зависимость времени хода поезда от пути по контрольным участкам, позволяет выполнять график движения с заданной точностью. В качестве контрольных участков могут использоваться блок-участки, станции и т.д.

Исследования, проведенные инженерами ВНИИЖТ [3], показали, что точность выполнения графика движения на метрополитене при ручном управлении составляет порядка 11–12 с в час «пик», когда системы автоведения позволяют достичь точность выполнения графика на уровне  $\pm 2,5$  с.

Еще одним, немаловажным параметром эффективности АСУ ДПМ является экономия электроэнергии. Благодаря системам автоведения, удается сократить расход электроэнергии на 1–2% вследствие применения оптимальных программ движения поезда.

**Обеспечение безопасности движения.** При внедрении автоведения на метрополитенах машинист освобождается от многих функций непосредственного управления ведением поезда, что позволяет машинисту взять на себя обязанности помощника, т.е. перейти на ведение поезда одним лицом. Это уже осуществлено на ряде линий метрополитенов, где внедрена комплексная система автоматического управления движением поездов, состоящая из подсистем автоведения поездов и безопасности движения (АРС). Кроме того, системы автоведения, выдерживая точно график движения, уменьшают вероятность сближения поездов на величину, меньшую принятого интервала движения.

Основными структурными элементами АСУ ДПМ являются:

- Центральный пост управления (ЦПУ)
- Станционное устройство (СУ)
- Поездное устройство (ПУ)

Рассмотрим каждый из этих элементов по-отдельности.

Центральный пост управления системы автоведения поездов управляет всеми поездами на линии путем выработки времен стоянки и времен хода по перегонам на основе заданного графика. ЦПУ построен на базе управляющего вычислительного комплекса (УВК). Обмен информацией между станционными устройствами и УВК осуществляется по кабельным линиям связи через модемы. Для повышения надежности системы линии связи резервируют.

Станционные устройства размещают на каждой станции. СУ выполняют функции обмена информацией между ЦПУ и поездом. Кроме того, СУ управляет информационными табло на станции. СУ состоит из двух идентичных полукомплектов. Основным узлом СУ является микроконтроллер МК. Связь с ЦПУ осуществляется через интерфейс последовательного обмена (ИПС) и модем, а связь с поездом осуществляется через ИПС и инфракрасный канал связи.

Поездное устройство управляет движением поезда на линии с учетом информации, полученной от ЦПУ через СУ, а также от

устройств АРС. ПУ установлены в каждом головном вагоне поезда и состоят из двух полукомплектов, работающих параллельно. В основе каждого полукомплекта лежит микроконтроллер МК, осуществляющий управление всеми элементами поездного устройства. Поездное устройство допускает вмешательство в процессе управления машиниста. В том случае, когда команды ПУ и машиниста различаются, будет выполняться та команда, которая соответствует более безопасному режиму. Высший приоритет имеет сигнал, поступающий от устройств обеспечения безопасности.

### Системы автоведения поездов в Москве

1961 год. В Московском метрополитене впервые в мире испытана система автоматического ведения поездов (САУ-М). Испытания проходили на Кольцевой линии.

1968 год. На Калужской линии начата опытная эксплуатация системы автономного ведения поездов. Надёжность системы значительно повысилась. Для регулирования движения поездов использовалась автоматическая блокировка.

1979 год. На Ждановско-Краснопресненской линии была внедрена комплексная система автоматического управления движением поездов (КСАУП). Это централизованная трёхуровневая система, включающая в себя центральный пост управления, станционные и поездные устройства. Система безопасности — АЛС-АРС.

1990–1992 годы. Планировалось внедрение единой системы управления метрополитеном (ЕСУМ), в которой все вопросы управления пассажиропотоками рассматривались в комплексе. Система была спроектирована на сверхбольших интегральных схемах и обладала очень высокой надёжностью. ЕСУМ использовала датчики падения пассажиров и крупногабаритных предметов на пути и датчики несанкционированного прохода людей в тоннель; для обеспечения надёжности все датчики были продублированы. Основными носителями этой системы должны были стать вагоны «Яуза», но также была запланирована и модернизация вагонов 81-717/714. Система была доведена до стадии начала внедрения, но распад СССР и тяжелейшие экономические условия последующего периода перечеркнули эти планы.

### Применение систем АСУ ДПМ в Петербургском метрополитене

На пяти линиях Петербургского метрополитена используются различные системы автоведения поездов метрополитена, в частности:

— На первой линии эксплуатируется комплексная система автоматического управления поездами метрополитена КСАУП М. Движение поездов регулируется программным обеспечением центрального поста автоведения согласно заданному графику.

— На второй линии используется аппаратура комплексной системы «Движение», работающая без привязки к ЦПУ.

— На четвертой линии реализована наиболее современная версия автоведения, основанная на системе бесконтактной привязки к пути (СБПП).

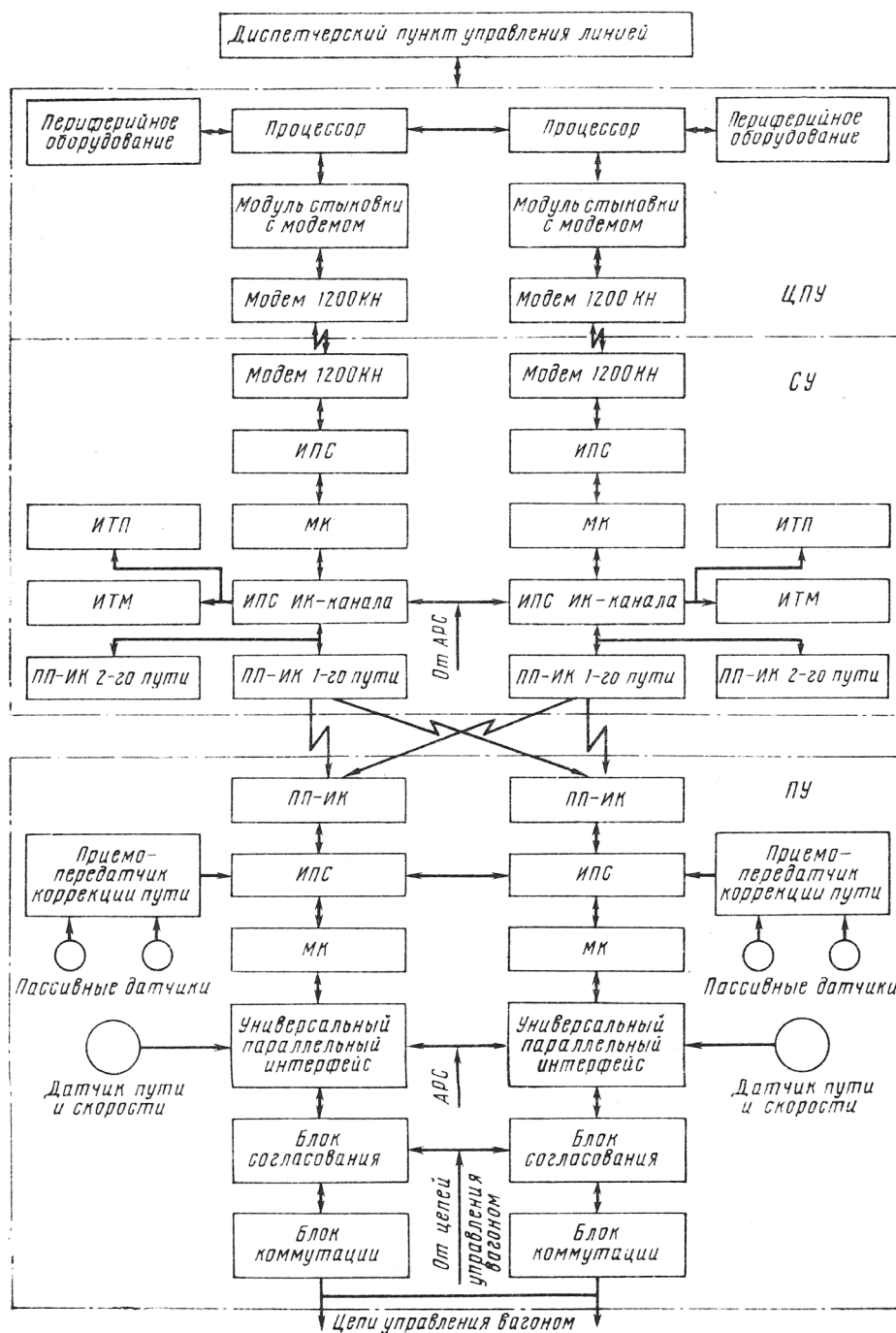


Рис. 1

— На пятой линии установлена следующая версия поездной аппаратуры ПА КСД, установленной на второй линии.

### Системы автоведения в мире

Первой в мире системой автоведения из когда-либо и где-либо введённой на линиях метрополитена является САУПМ

(система автоматического управления поездами метрополитена), появившаяся в 1967 году на линии Виктория в Лондоне.

Метрополитен Дубая является рекордсменом Книги Рекордов Гиннеса как крупнейшее беспилотное метро планеты. В данный момент метро состоит из двух линий: красной и зеленой. Обе запущены 9 сентября, но с разницей в 2 года — в 2009 и 2011 годах соответственно.

### Литература:

1. Микропроцессорные системы автоведения электроподвижного состава / Л. А. Баранов, Я. М. Головичер, Е. В. Ерофеев, В. М. Максимов; Под ред. Л. А. Баранова. — М.: Транспорт, 1990. — 272 с.

- Анашкин Б. Т., Кравицкий К. А. Устройство автоматического управления поездами метрополитена // Трансп. стр-во. 1968. № 6. С. 24–26.
- Астрахан В. И., Фаминская Е. Г. Регулирование времени хода поездов метрополитена с помощью микроЭВМ // Тр. ВНИИЖТ. 1981. Вып. 643. С. 17–22.
- Гуськов М. В., Бужеря В. И. Интервальный алгоритм управления движением поездов метрополитена в системе автоведения с управляющей ЭВМ // Тр. МИИТ (межвузовский сб.). 1978. Вып. 612. С. 107–114.

## Расчет параметров ведения процесса осушки газа Ковыктинского и Чаядинского месторождений

Константинов Владислав Александрович, студент магистратуры;  
Тагиров Марат Анварович, кандидат технических наук, доцент  
Уфимский государственный нефтяной технический университет, филиал в г. Салавате

Осушка природного газа на Амурском газоперерабатывающем заводе является важным технологическим процессом, влияющим на дальнейшее газоразделение. Качество осушки определяется таким показателем как точка росы.

Четкое ведение технологического режима и качественные адсорбенты позволяют достичь глубокой степени осушки и максимально низкой температуры точки росы.

Состав газа с Ковыктинского и Чаядинского месторождений, поступающие на очистку приведен в таблице 1.

Таблица 1. Состав сырого газа

Наименование	Наименование показателя/ Компонентный состав	Значение
Сырье Влажный газ с Ковыктинского и Чаядинского месторождений	Метан, $\text{CH}_4$ , % мол.	85,14
	Водород, $\text{H}_2$ , % мол.	0,07
	Гелий, $\text{He}$ , % мол.	0,4
	Кислород, $\text{O}_2$ , % мол.	0,02
	Азот, $\text{N}_2$ , % мол.	7,3
	Углекислый газ, $\text{CO}_2$ , % мол.	2,5
	Этан, $\text{C}_2\text{H}_6$ , % мол.	4,6
	Пропан, $\text{C}_3\text{H}_8$ , % мол.	1,56
	Бутан $\text{C}_4\text{H}_{10}$ и выше, % мол.	0,10–0,13
	Содержание воды, ррт мол	26
Содержание метанола, ррт мол	226	

К природному газу, предназначенному для дальнейшей низкотемпературной ректификации, предъявляются жесткие требования: очистка от диоксида углерода, метанола, ртути и глубокая осушка.

Допустимые значения основных микропримесей, содержащихся в подготовленном газе:

влага ( $\text{H}_2\text{O}$ ), рртv	не более 0,1
диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ), рртv	не более 40
метанол ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), рртv	не более 0,5
ртуть (Hд), нг/м <sup>3</sup>	не более 10.

Важным показателем осушки газа является точка росы осушенного газа. Качество осушки определяется таким показателем как точка росы.

Для расчета точки росы использовали программное обеспечение Aspen Hyses, добавив в пакет свойств точку росы.

Для природного газа, поступающего на установку осушки, был проведен анализ изменения точки росы от содержания влаги, температуры и давления.

На рисунке 1 приведены результаты расчетов точки росы при уменьшении количества паров воды в природном газе. Расчет точки росы проводится по исходному сырьевому составу, при давлении 7,5 МПа и температуре 20 °С.



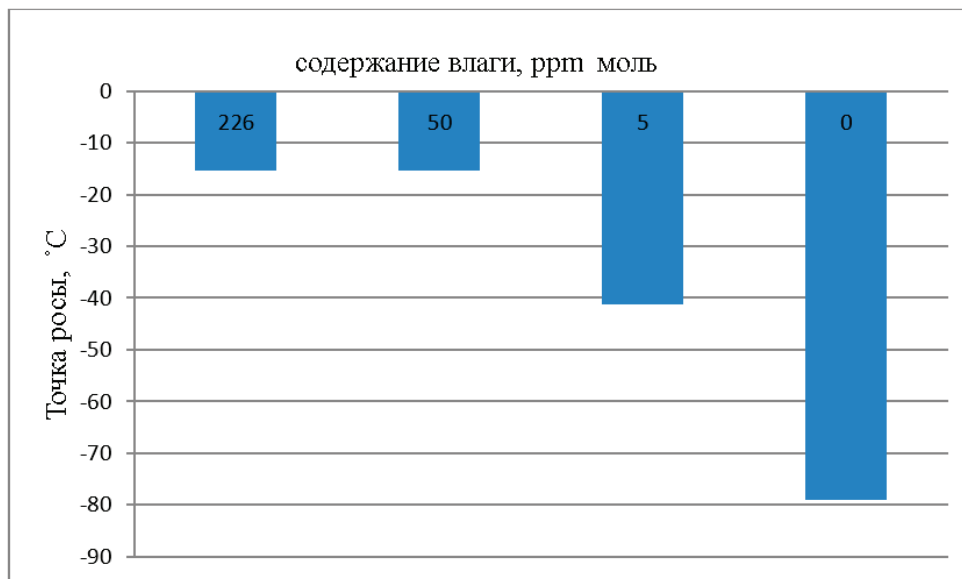


Рис. 1. Изменение точки росы в зависимости от содержания влаги в природном газе

Из диаграммы рисунка 1 при содержании влаги до 5 ppm моль точка росы не изменяется, остается в значении  $-15,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При 5 ppm расчетная точка росы понизилась до  $-41\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При дальнейшем уменьшении количества влаги расчетное значение точки росы не изменялся. При абсолютно сухом газе расчетная точка росы составила  $-69\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Следующим параметром которое может влиять на качество осушки является температура. Для анализа влияния температуры на точку росы расчет проводили при давлении 7,5 МПа для сырьевого потока и осушенного газа.

В таблицу 2 свели полученные данные.

Таблица 2. Значение точки росы при различных температурах

Температура, °C	5	10	15	20	30	50
Исходное сырье	-15	-15	-15	-15	-15	-15
Осушенный газ	-69	-69	-69	-69	-69	-69

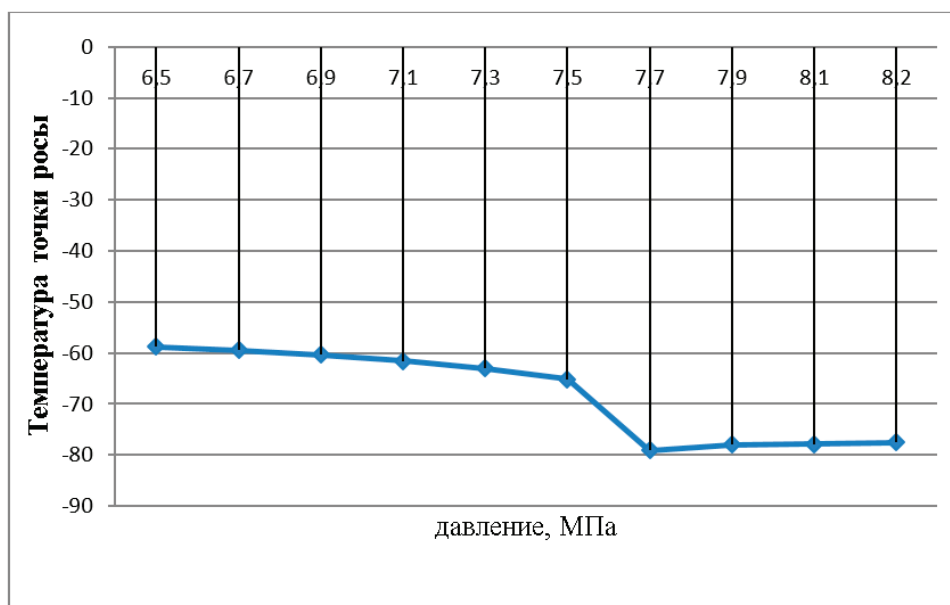


Рис. 2. Изменение температуры точки росы от давления

При изменении температуры в пределах от 10 °С до 50 °С при постоянном давлении температура точки росы не изменялась, следовательно температура не влияет на значения точки росы.

Для расчета точки росы при изменения давления вводим в программу Aspen Hyses состав осушенного газа и расчет ведем при рабочей температуре 20 °С

При изменении давления наблюдалось плавное понижение точки росы до давления 7,7 МПа, а после значение точки росы начинается повышаться.

График изменения температуры точки росы от давления при 20 °С представлен на рисунке 2.

По проведенным расчетам наименьшее значение точки росы составило 7,7 МПа, т.е. оптимальное рабочее давление процесса 7,7 МПа

Из проведенных математических расчетов точки росы при изменении основных параметров процесса — температура и давление. По результатам расчета понижение точки росы до -70 °С достигается при абсолютной осушке газа. Изменение температуры сырьевого потока не влияет на расчет точки росы. При изменении давления не наблюдалась четкой зависимости. Наименьший показатель по точке росы для газа Ковыктинского и Чайдинского месторождений составило 7,7 МПа, при дальнейшем увеличении давления — точка росы увеличивается.

#### Литература:

1. Мельников В.Б. Промысловый сбор и переработка газа и газового конденсата: Учебник. М.: Российский государственный университет нефти и газа имени И. М. Губкина. 2017–464 с.
2. Афанасьев А. И., Бскрнов Т.М. Барсук С.Д. Технология переработки природного газа и конденсата: Справочник. М.: Недр. 2002 – 517 с.
3. Гафарова Э.Б. Мельников В.Б., Федорова Е.Б. Роль и значение адсорбции в газовой промышленности.// Наука нотисе: пути развития. 2018. № 4. С. 67–76
4. Мельников В. Б., Федорова Е.Б., Макарова Н.П. Гафарова Э.Б. Технологический расчет адсорбционной осушки газа для производства СПГ: Учебное пособие. М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (ННУ) имени И. М. Губкина. 2017 – 35 с.

## Мониторинг, пеленгация радиостанций и обнаружение беспилотных летательных аппаратов при использовании анализатора спектра RSA-306B

Прокопов Иван Романович, студент

Инженерно-технологическая академия Южного федерального университета (г. Таганрог, Ростовская обл.)

В условиях сложной международной геополитической обстановки перед российским государством и его системой образования обостряется вопрос об обеспечении кадрового и технологического суверенитета. В частности, на эту проблему нацелено повышение уровня подготовки специалистов в области радиотехники и электроники.

В данной статье будут показаны результаты работы с анализатором спектра RSA-306B. Речь идёт об устройстве RSA-306B (рис. 1) от всемирно известной приборостроительной компании из США — «Tektronix».

Стоит отметить, что в России имеются аналоги данного анализатора, позволяющие также просматривать электромагнитную обстановку в режиме реального времени.

Однако необходимость анализа спектра сигналов существует не только в рамках учебного процесса.

Целью данной статьи является рассмотрение возможности использования анализатора спектра в реальном времени RSA-306B для поиска, сканирования и обработки сигналов различных радиотехнических систем. А также для обнаружения радиосигналов противника и прослушивания информации, передаваемой с помощью средств связи.

Главная особенность RSA-306B это то, что данный прибор обрабатывает поступающую на него информацию в реальном времени, то есть непрерывно собирает данные и определяет параметры сигнала во временной области, после чего с помощью быстрого преобразования Фурье переводит сигнал в частотную область, при этом время обработки данных не превышает время сбора. Это предоставляет возможность оператору при анализе электромагнитной обстановки, видеть не только действующий радиочастотный спектр, но и кратковременные сигналы.

Задачей данной работы является предложение новых технических методов РЭР (радиоэлектронной разведки), РЭБ (радиоэлектронной борьбы) с использованием анализатора спектра работающего в режиме реального времени такого как RSA-306B.

#### Технические характеристики и возможности анализатора спектра

Использование анализатора спектра на практике нацелено на диагностирование электромагнитных помех, а также на применение в задачах проверки электромагнитной совместимости. Анализатор спектра обладает широким набором функций, по-



Рис. 1. Анализатор спектра Tektronix серий RSA306B

звояющих просматривать и представлять в удобной форме результаты мониторинга с использованием программного обеспечения ПО Tektronix SignalVu-PC. При помощи 17 стандартных измерений для исследования в широком диапазоне частот (от 9 кГц до 6,2 ГГц), диапазоном измерения уровня от +20 до -160 дБм и полосой захвата 40 МГц, RSA-306B позволяет выполнять векторный анализ сигналов современных стандартов связи с высокой точностью.

Принцип работы используемого анализатора заключается в том, входной сигнал проходит через переключаемые аттенюатор и предусилитель, ступенчатый аттенюатор тонкой настройки, дополнительный каскад с переключаемым усилителем, настраиваемый автоматически в зависимости от установленного опорного уровня для снижения шума и искажений. Затем сигнал поступает на предварительный селектор, состоящий из семи аналоговых фильтров, разделяющих весь частотный диапазон на 7 поддиапазонов. Работает всегда только один из фильтров, который автоматически выбирается в зависимости от входной радиочастоты. Задача этого фильтра — подавить зеркальный канал 1-го преобразователя частоты.

После предварительного селектора сигнал поступает на первый смеситель. На другой вход смесителя подаётся напряжение от гетеродина, частота которого задаётся в диапазоне от 1,26 до 5,82 ГГц с шагом 0,5 МГц и так, чтобы сигналы с различными длинами волн, прошедших через этот смеситель, преоб-

разовались в одну из промежуточных частот — 1,19 ГГц или 2,44 ГГц, Промежуточная частота выбирается автоматически так, чтобы минимизировать уровень паразитных составляющих.

Только после того, как сигнал проходит через один из аналоговых фильтров промежуточных частот, он попадает на аналого-цифровой преобразователь (АЦП), работающий с частотой дискретизации 112 МГц. После происходит дискретизация, квантование и кодирование, а далее поток кодов с АЦП подаётся на USB-контроллер для передачи в персональный компьютер.

Стоит отметить, что для просмотра столь широкого диапазона принимаемых радиочастот (от 9 кГц до 6,2 ГГц), необходимо подключать к RSA штатные антенны различной длины.

Несмотря на свои малые размеры, анализатор предоставляет пользователю широкие возможности, опции и режимы работы. На данном этапе работы по применению RSA-306B были использованы различные имеющиеся опции (базовые и премиум), которые предоставляет компания Tektronix в программе SignalVu-PC.

В первую очередь удалось воспользоваться основной функцией прибора — просмотр спектра в режиме реального времени с очень высокой вероятностью захвата сигналов длительностью 100 мкс в полосе обзора 40 МГц. Кроме того, для большей наглядности программным обеспечением предоставляется возможность по просмотру различных моделей спектра радиоэфира, а конкретнее — восьми режимов просмотра:

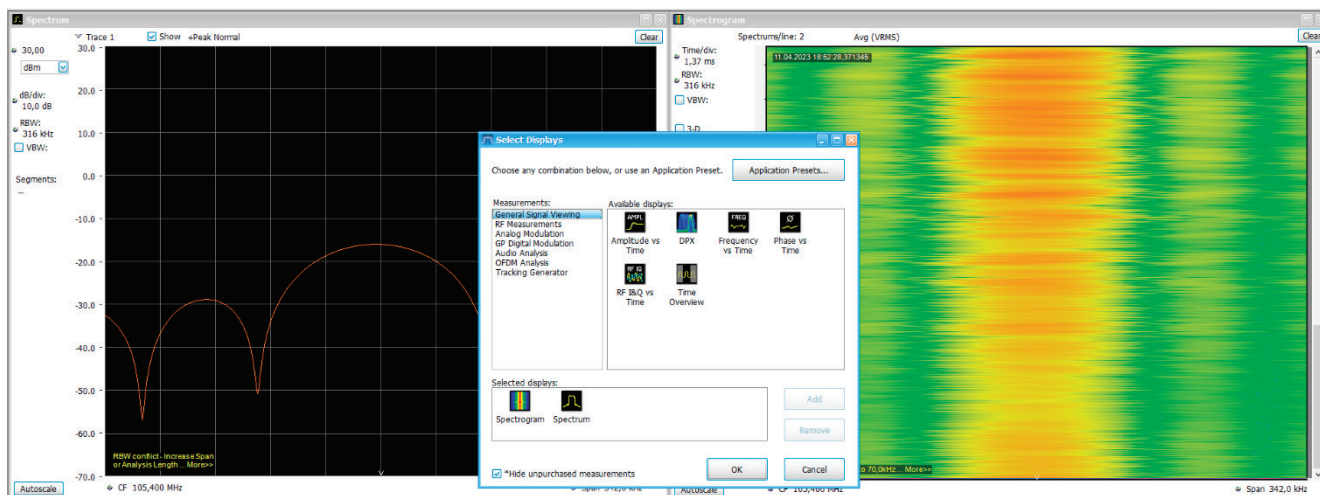


Рис. 2. Режимы работы RSA

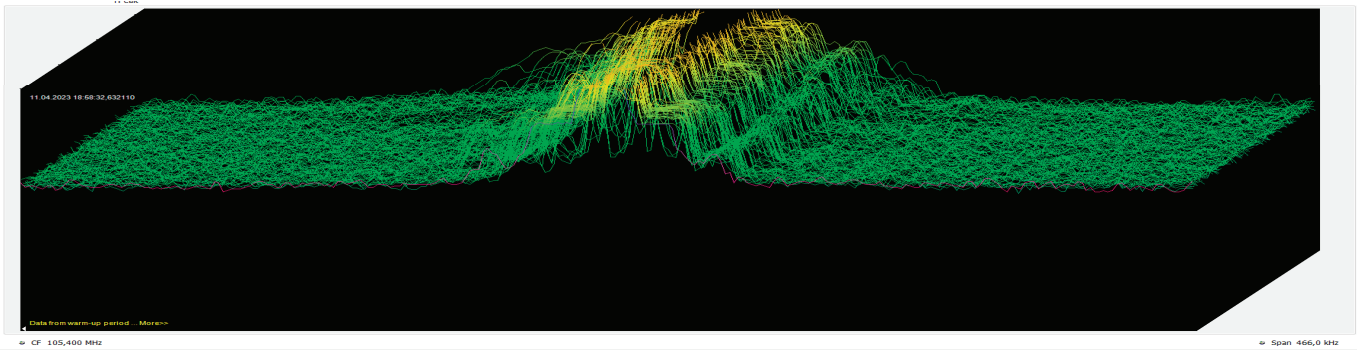


Рис. 3. Представление режима «водопада» в трехмерной модели

Spectrum — начальный режим, появляется при подключении RSA-306B. Показывает весь спектр в реальном времени, в виде ломаных линий, изменяющихся во времени;

Spectrogram (режим «водопада») — выделяет интенсивность сигналов и шумов соответствующим цветом. При этом изменение интенсивности с течением времени отображается перемещением спектрограммы по вертикальной оси. Значения спектрограммы обновляются через 1 мкс. Цвет отображения можно настроить по своему усмотрению.

DPX (Digital Phosphor, технология цифрового люминофора) — режим просмотра путем цветового разделения от красного (высокая мощность) до синего (мощность шумов) разных уровней сигналов. Позволяет выявлять детали сигналов, либо выявлять слабые сигналы среди сильных, значительно ускоряя обнаружение ошибок и их диагностику; ссылку на рис

Amplitude vs Time — показывает изменение амплитуды спектральной диаграммы во времени;

Frequency vs Time — показывает изменение частоты спектральной диаграммы во времени;

Phase vs Time — показывает изменение фазы во времени;

RF I&Q vs Time — показ изменения комплексных составляющих радиочастот во времени;

Time Overview — временной обзор спектра.

Мощная архитектура прибора позволяет исследовать в широком диапазоне частот самые сложные, с трудом обнаруживаемые сигналы. Технология DPX дает возможность пользователю увидеть радиочастотные характеристики, плохо заметные на других анализаторах спектра.

В результате исследований было выявлено несколько способов обнаружения радиосигналов с целью их перехвата для демодуляции радиосигналов и расшифровки сообщений противников.

Одним из таких способов послужило обнаружение изменения на спектре уровня сигналов. Пользователь анализатора, зная радиоданные союзных (дружественных) раций, может увидеть на

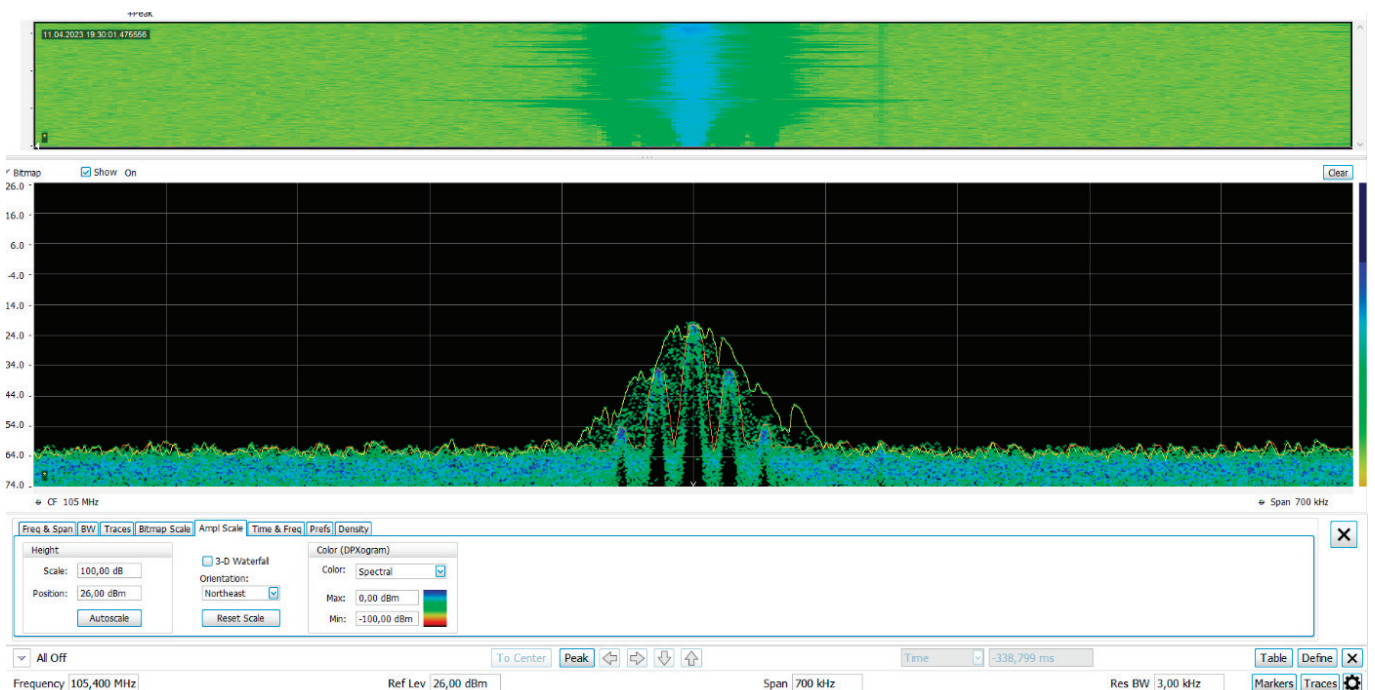


Рис. 4. Спектрограмма вещательной радиостанции



спектре повышение уровня сигналов неизвестных нам частот, то есть раций противника. Это можно увидеть на рисунке ниже.

Зная о таком методе помехоустойчивости, как ППРЧ (Псевдослучайная перестройка рабочей частоты) и используя данный анализатор, можно отследить «перескакивание» на спектре неизвестных нам радиоканалов, так как ППРЧ — это метод передачи информации по радиосвязи, особенность которого заключается в частой смене несущей частоты. При условии, если благодаря разведанным мы знаем полосу частот, можно отследить на какие частоты переключились радиостанции.

Зная алгоритм ППРЧ, который используется в наших радиостанциях операторами и при помощи специально написанного программного кода, у оператора есть возможность не только увидеть в спектре неизвестную несущую, но и «обходить» частоты в автоматическом режиме, что значительно уменьшает время перестройки на данную частоту и даёт возможность своевременно её демодулировать.

Специальная военная операция показала, насколько широко и эффективно могут использоваться БПЛА малых размеров даже гражданского назначения во время ведения боевых действия, а их обнаружения средствами радиолокационной разведки на данный момент является проблемой. Так как они являются малозаметными для средств РЛР из-за своей малой эффективной поверхности рассеяния. Но радиолокационная заметность является не единственным демаскирующим признаком, обнаружить БПЛА малых размеров также возможно благодаря сигналам, которыми обмениваются БПЛА и контроллер.

При поиске решения для обнаружения беспилотных летательных аппаратов важно понимать принципы работы большинства гражданских и военных БПЛА.

Большинство подобных беспилотных летательных аппаратов:

- управляются с одного пульта в пределах прямой видимости на расстоянии до 300 м;
- управляются дистанционно на расстоянии 3–5 км с использованием камеры с видом от первого лица (FPV);
- работают для управления в нелицензируемом диапазоне частот 2,4 ГГц (полоса пропускания приблизительно 80 МГц);
- используют для получения видеопотоков нелицензируемый диапазон частот 5,8 ГГц (полоса 20 МГц и менее) с камерой с видом от первого лица (FPV);
- обеспечивают возврат БПЛА в исходную точку (RTN) при отсутствии сигналов управления или при их низком уровне;
- используют технологии кодирования сигналов, предоставляемые всего несколькими поставщиками, что облегчает идентификацию БПЛА;
- используют сигналы управления со скачкообразной перестройкой частоты с полосой до 80 МГц;
- работают в нелицензируемых диапазонах частот 2,4 ГГц, 5,8 ГГц, 900 МГц и 433 МГц (ограничение Федеральной комиссии связи США (FCC) на работу БПЛА).

Далее будут рассмотрены два метода обнаружения беспилотных летательных аппаратов с использованием прочных, портативных и доступных по цене анализаторов спектра Tektronix серий RSA306B. Первый метод — это базовый ручной метод обнаружения БПЛА. Второй метод является общим и включает информацию о конфигурации автоматизированной системы обнаружения БПЛА.

Базовый метод обнаружения БПЛА может быть реализован с помощью анализатора спектра серии RSA-306B и ПО SignalVu-PC компании Tektronix.

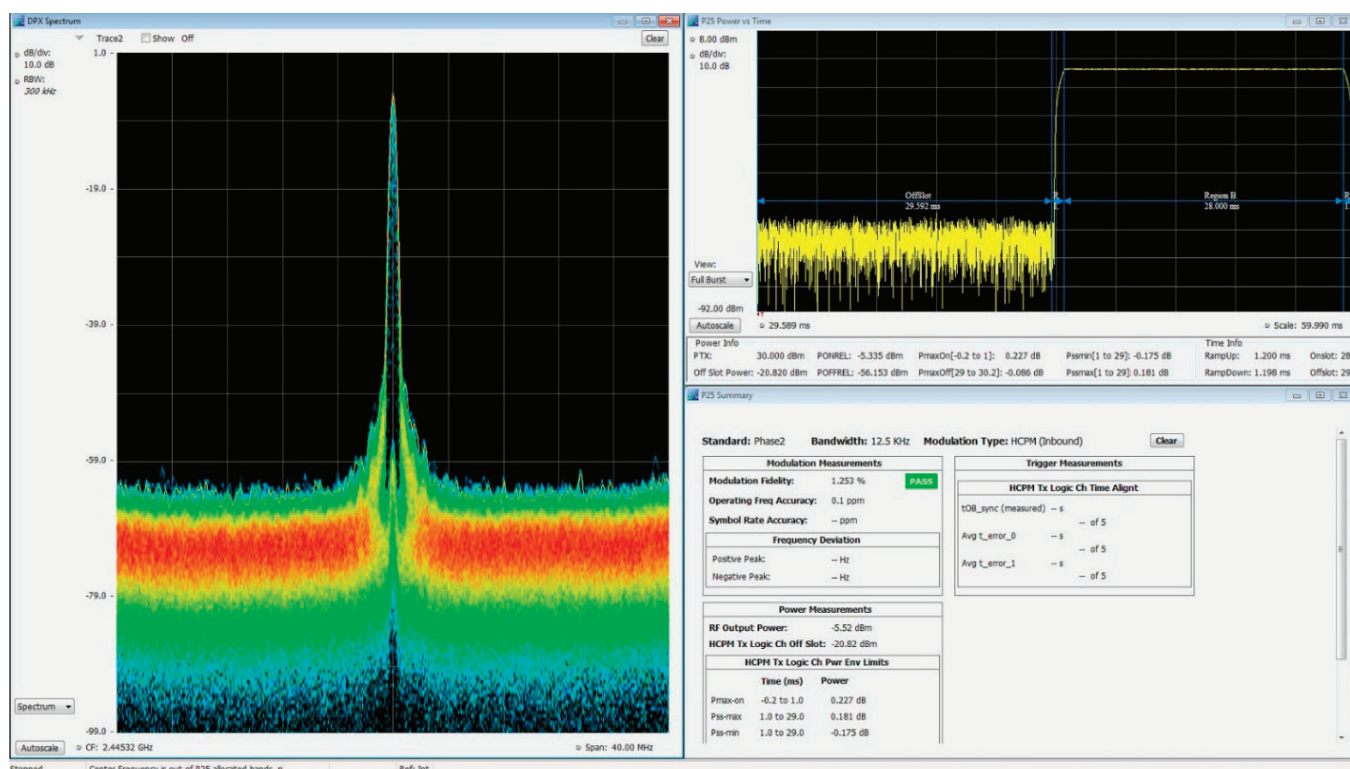


Рис. 5. Вид импульса в режимах DPX и Power vs Time



Поскольку операторы отслеживают местоположение БПЛА, используя канал передачи видеоданных от первого лица (FPV), первым шагом поиска БПЛА является сканирование в диапазоне частот 5,8 ГГц для поиска импульсных сигналов, которыми обмениваются БПЛА и контроллер.

Как упоминалось выше, БПЛА передают видеоданные в нелицензируемом диапазоне частот 5,8 ГГц. Наличие сигналов управления или видеосигналов, передаваемых от беспилотника оператору, информацию можно идентифицировать по характерным пакетам подтверждения получения данных.

Как показано на рис. 6, характеристики пакета видеоданных легко определяются даже по результатам измерения зависимости мощности от времени. В режиме реального времени можно добиться еще большей точности, анализируя захваченные данные I/Q. Это показано ниже на рисунках 7 и 8.

Второй метод обнаружения одного или нескольких БПЛА основан на сканировании в диапазоне частот 2,4 ГГц. Исключив из рассмотрения сигналы Wi-Fi и Bluetooth, можно проанализировать оставшиеся сигналы. В диапазоне 2,4 ГГц одновременно могут работать операторы нескольких беспилотных летательных аппаратов. Для того, чтобы управлять каждым БПЛА, не мешая другим, требуется применять сигналы со сложным кодированием. Формирование подобных сигналов поддерживается лишь ограниченным ассортиментом микросхем нескольких производителей. Используемые для этого уникальные сигнатуры сигнала могут быть легко идентифицированы.

Даже в весьма перегруженном диапазоне 2,4 ГГц сигналы управления легко идентифицируются на основе данных I/Q, захваченных в режиме реального времени, как показано на снимке экрана (рис. 7).

Если вероятное наличие БПЛА определено первым или вторым методом, то следующим шагом является захват данных I/Q из сигнала. Полученные данные могут быть использованы для идентификации производителя беспилотного летательного аппарата.

Следует отметить, что несущая частота сигналов управления БПЛА обычно скачкообразно изменяется между несколькими значениями и занимает полосу до 80 МГц, в то время как анализаторы спектра реального времени Tektronix серий RSA306B имеет полосу анализа 40 МГц.

Для сбора данных во всей необходимой полосе ПО SignalVu-PC имеет специальный режим, в котором два анализатора спектра реального времени используются для анализа в полосе 80 МГц. В этом случае можно анализировать всю последовательность скачкообразной перестройки частоты, чтобы точно определить изготовителя БПЛА или производителя микросхем и принять соответствующие меры противодействия.

В режиме с двумя анализаторами спектра реального времени можно видеть скачкообразное изменение частоты и кодовые последовательности контроллера БПЛА в полосе 80 МГц, как показано выше на рис. 9.

Были демодулированы сигналы некоторых местных вещательных радиостанций (центральные частоты 105.9 МГц, 105.6 МГц и 101.4 МГц) и портативных переговорных раций (основной диапазон 400–520 МГц и поддиапазон 136–184 МГц). Эти сигналы в дальнейшем, с помощью, приобретенной премиум функции анализатора — демодуляции сигналов в режиме реального времени, получилось демодулировать и прослушать то, что излучали просмотренные радиопередающие устройства в эфир. Далее удалось записать (в виде звукового файла) информацию, полученную после демодуляции сигнала с каждой



Рис. 6. Пакет видеоданных в диапазоне 5,8 ГГц

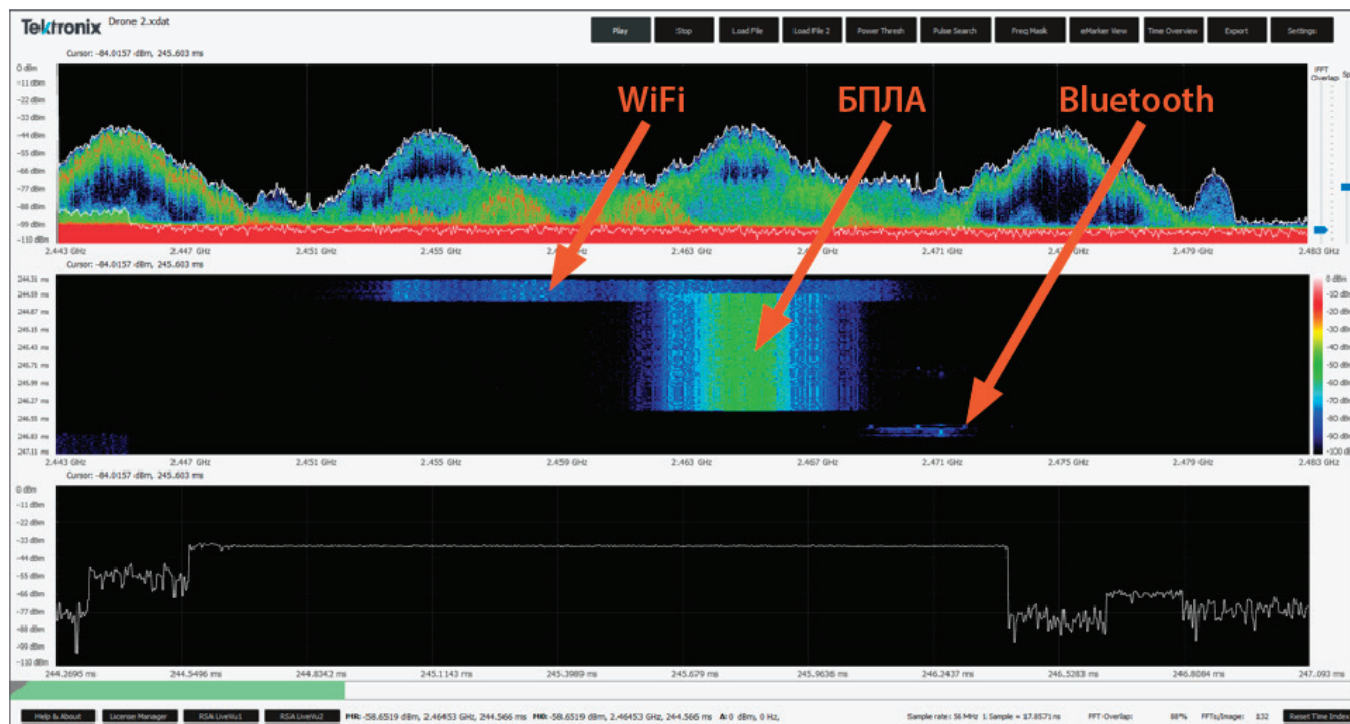


Рис. 7. Пакеты управления в диапазоне 2,4 ГГц



Рис. 8. Пакет видеоданных в диапазоне 5,8 ГГц, полученный после обработки сигнала I/Q

из этих радиостанций отдельно. Кроме того, была использована возможность записи спектрограммы во всей заданной заранее просматриваемой полосе для дальнейшего демодулирования всех радиосигналов, попавших в полосу обзора.

Также подключив штыревую антенну и начав передавать данные по сети Wi-Fi при просмотре спектра в диапазоне 2,4–5

ГГц удалось увидеть передаваемые пакеты данных в виде таблицы, в которой содержатся значения максимальной и средней мощности, частоты, амплитуды, фазы по вертикали, а по горизонтали — номер пакета.

Учитывая, что у ИРТСУ имеется неполный пакет опций для RSA-306B, а именно отсутствуют направленная антенна и спе-

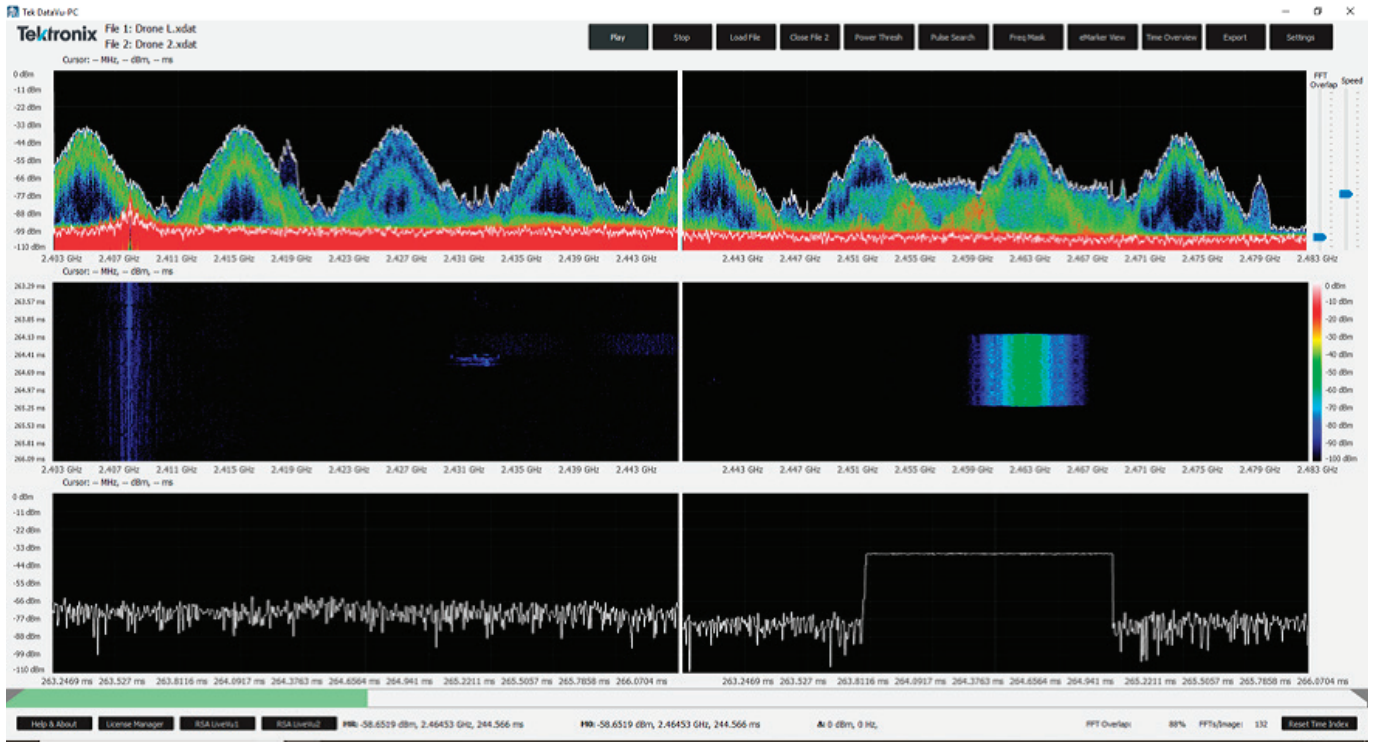


Рис. 9. Скачкообразное изменение частоты и кодовые последовательности контроллера БПЛА в режиме с анализатором спектра реального времени

циальная программа для пеленгования. Если их приобрести, то можно дополнительно определять пеленг на радиопередающее, откуда ведется вещание. Одно из достоинств данного прибора заключается в том, что он очень компактный. Поэтому его можно использовать непосредственно в полевых условиях, например, на возимых станциях РЭБ.

На примере RSA-306B были рассмотрены возможности по применению подобных устройств в режиме реального времени для анализа различных сигналов. В этой работе были описаны методы и технические средства по обнаружению радиосигналов.

В перспективе планируется разработка автоматического пеленгатора. Создание устройств и методов, с целью подавления сигналов и пеленгации противника, для выпускившихся специалистов Военный Учебный Центр, прошедших обучение на кафедре связи, РЭБ и ВКС, а именно: анализ спектра в различных режимах просмотра, демодуляция, прослушивание центральной частоты радиовещательных станций и декодирование цифровых сигналов в диапазоне нескольких единиц гигагерц и пеленгации радиостанций.

Задача анализа спектральных характеристик радиосигналов актуальна для решения проблем радиомониторинга в современном мире.

#### Литература:

1. RSA-306B USB Real Time Spectrum Analyzer Datasheet.— Текст: электронный // ПроПриборы: [сайт].— URL: <https://propri-bory.ru/data/upload/static/files/RSA306-USB-Spectrum-Analyzer-Datasheet-RU-RU-0.pdf>
2. Анализаторы спектра в реальном масштабе времени портативные RSA-306.— Текст: электронный // ФЕППИЯ ТЕЛЕКОМ: [сайт].— URL: <https://propri-bory.ru/data/upload/static/files/RSA306-USB-Spectrum-Analyzer-Datasheet-RU-RU-0.pdf>
3. Le Yang, Shuo Wang, Hui Zhao Prediction and Analysis of EMI Spectrum Based on the Operating Principle of EMC Spectrum Analyzers / Le Yang, Shuo Wang, Hui Zhao.— Текст: электронный // ResearchGate: [сайт].— URL: [https://www.researchgate.net/publication/332828672\\_Prediction\\_and\\_Analysis\\_of\\_EMI\\_Spectrum\\_Based\\_on\\_the\\_Operating\\_Principle\\_of\\_EMC\\_Spectrum\\_Analyzers](https://www.researchgate.net/publication/332828672_Prediction_and_Analysis_of_EMI_Spectrum_Based_on_the_Operating_Principle_of_EMC_Spectrum_Analyzers)
4. Yier Lin, Fan Yang IQ-Data-Based WiFi Signal Classification Algorithm Using the Choi-Williams and Margenau-Hill-Spectrogram Features: A Case in Human Activity Recognition / Yier Lin, Fan Yang.— Текст: электронный // MDPI: [сайт].— URL: <https://www.mdpi.com/2079-9292/10/19/2368/htm>
5. David Herres Real time spectrum analyzer vs. swept spectrum analyzer / Herres David.— Текст: электронный // Test and Measurement Tips: [сайт].— URL: <https://www.testandmeasurementtips.com/difference-real-time-swept-spectrum-analyzers/>
6. FFT Spectrum Analyzer.— Текст: электронный // Electronics notes: [сайт].— URL: <https://www.electronics-notes.com/articles/test-methods/spectrum-analyzer/fft-fast-fourier-transform-spectrum-analyser.php>



7. Обнаружение БПЛА с использованием анализатора спектра реального времени RSA306B и RSA507A.— Текст: электронный // Master tool: [сайт].— URL: <https://www.master-tool.ru/info/articles/1396/> (дата обращения: 16.04.2023).
8. Оценка возможностей по пеленгации мини и микро-БЛА корреляционным методом и использованием кольцевой цифровой антенной решетки / Ю. И. Савинов, С. М. Васильев, Д. Семченков, Е. А. Алешанов, О. А. Давиденко.— Текст: непосредственный // Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами.— Коломна: 924 Государственный центр беспилотной авиации Министерства обороны Российской Федерации, 2016.— С. 28–34.
9. Цветков, Ф. А. Программно-конфигурируемые радиоустройства: принципы построения и алгоритмы обработки сигналов / Ф. А. Цветков, В. В. Терешков.— Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2020.— 163 с.— Текст: непосредственный.

## Система виртуальной разметки для безэкипажных судов: принцип работы, преимущества и недостатки, варианты внедрения

Цыбуля Алёна Денисовна, технический писатель  
АО «Ситроникс КТ» (г. Санкт-Петербург)

*В статье описываются принцип работы системы виртуальной разметки, ее преимущества и недостатки. Также рассмотрены варианты внедрения этой технологии на безэкипажное судно.*

**Ключевые слова:** безэкипажное судовождение, безэкипажное судно, виртуальная разметка, навигация, автоматизированные системы, искусственный интеллект.

## Virtual marking system for unmanned vessels: principle of operation, advantages and disadvantages, implementation options

*The article describes the principle of operation of the virtual markup system, its advantages and disadvantages. Options for the implementation of this technology on an unmanned ship are also considered.*

**Keywords:** maritime unmanned navigation, unmanned ship, virtual marking, navigation, automated systems, artificial intelligence.

Виртуальная разметка для безэкипажных судов представляет собой систему, используемую для автономной навигации и обеспечения безопасности судов, оснащенных автоматизированными системами управления, исключающих человеческий фактор. Система виртуальной разметки (далее — система) базируется на использовании геодезических данных и картирования морского дна, а также алгоритмах искусственного интеллекта и машинного обучения. Система позволяет определять оптимальные маршруты следования, избегать препятствия и опасные зоны, а также принимать решения об управлении судном в режиме реального времени, что сокращает риски происшествий и повышает эффективность работы безэкипажных судов.

Система работает на основе использования датчиков, камер и систем искусственного интеллекта. Для начала работы системы на судне устанавливаются датчики, которые отвечают за сбор данных о состоянии окружающей среды и положения судна. Данные датчиков обрабатываются системой искусственного интеллекта, которая создает трехмерную модель окружающей среды. Такая модель снабжается информацией об объектах, которые могут встретиться на пути судна, и производит виртуальную разметку маршрута движения судна на

карте. Таким образом, система виртуальной разметки для безэкипажных судов позволяет автономным судам определить наиболее безопасный и эффективный маршрут движения, учитывая все возможные препятствия на пути. В случае необходимости изменения маршрута или исправления ошибок в разметке, система в режиме реального времени корректирует маршрут судна, оповещая центр дистанционного управления обо всех изменениях.

Центр дистанционного управления — береговой центр управления, который позволяет удаленно управлять безэкипажными судами. Центр может включать в себя различные технологии, например беспроводную связь, GPS-навигацию, системы искусственного интеллекта и автопилоты. Центр дистанционного управления важен для эффективной работы и безопасности безэкипажных судов, так как он позволяет операторам своевременно реагировать на изменения в окружающей среде и принимать решения в режиме реального времени.

Оператор центра дистанционного управления является важной составляющей управления безэкипажным судном с помощью системы виртуальной разметки. Диспетчер отвечает за контроль передвижения судна и принятие решений в случае необходимости, используя информацию, полученную от системы

виртуальной разметки. Он также может обеспечивать связь с другими судами и системами управления трафиком для координации действий и предотвращения столкновений и других инцидентов на море.

Система виртуальной разметки при управлении безэкипажным судном принимает следующие решения:

- локализация судна на море и определение его местоположения;
- построение маршрута движения судна с учетом заданных условий и ограничений;
- автоматическое управление движением судна на основе полученной информации о местности и параметрах окружающей среды, а также данных о ветре, течении, глубине и т.д.;
- обеспечение безопасности плавания, в том числе избежание столкновений с другими судами и препятствиями;
- мониторинг работы систем управления и обеспечение надежной передачи данных между различными компонентами судна и его управляющим центром.

Таким образом, система виртуальной разметки принимает решения, направленные на оптимизацию движения судна и повышение эффективности его работы, снижение рисков и обеспечение безопасности плавания.

Система виртуальной разметки принимает участие и в плавании обычных судов, так как она позволяет автоматически и точно определять местоположение объектов на море, предотвращать столкновения с другими судами и устранять риски судовых происшествий. Это может улучшить процессы навигации, обеспечивая более точные и надежные данные о погоде и морских условиях. Использование системы виртуальной разметки может повысить безопасность на море и сократить риски для экипажей и пассажиров на обычных судах.

Система виртуальной разметки для безэкипажных судов имеет несколько преимуществ:

- увеличение точности и надежности навигации — виртуальная разметка позволяет получать более точные данные о местоположении судна, его скорости и направлении движения, что уменьшает риски столкновения с другими судами и повышает безопасность плавания;
- снижение затрат на содержание экипажа — безэкипажные суда могут эксплуатироваться без постоянного нахождения человека на борту, что значительно снижает затраты на оплату труда экипажа и их содержание;
- возможность дистанционного управления — система виртуальной разметки позволяет дистанционно управлять судном, что делает его более гибким и удобным в использовании;
- увеличение производительности — безэкипажные суда могут работать круглосуточно без прерываний на смену экипажа и отдых, что позволяет увеличить время работы и производительность;

#### Литература:

1. a-Навигация, [Электронный ресурс] // URL: <https://www.steor.tech/anavigation.html>
2. Российский морской регистр судоходства, Положения по классификации морских автономных и дистанционно управляемых надводных судов (МАНС), 2020.

– снижение рисков для жизни и здоровья экипажа — безэкипажные суда не подвергают своих членов стрессам, рискам травм и заболеваний, связанных с длительным пребыванием на борту судна;

Рассмотрев преимущества, необходимо выделить недостатки системы виртуальной разметки:

- ограничения восприятия среды: камеры и другие сенсорные устройства могут иметь ограниченный угол обзора, что может затруднить обнаружение опасных объектов и маневрирование в узких условиях;
- ограничения дальности: некоторые сенсоры могут иметь ограничения в дальности обнаружения объектов, что может быть недостаточным для безопасного управления судном в некоторых условиях;
- ограничения скорости: виртуальная разметка обычно занимает большое количество вычислительных ресурсов и может замедлять скорость реакции судна на изменения среды;
- недостаточная надежность: виртуальная разметка может быть неполной или ошибочной, что может приводить к авариям и потерям материальных и человеческих ресурсов намного чаще, чем при ручном управлении;
- ограничения взаимодействия с другими судами: виртуальная разметка может быть недостаточной для управления судном в условиях тесного взаимодействия с другими судами, обладающими более сложными и разнообразными вычислительными системами.

Внедрение системы виртуальной разметки в безэкипажное судно может быть достигнуто следующими шагами:

- разработка оборудования для сбора данных о позиции и перемещении судна;
- разработка программного обеспечения для обработки данных, полученных с датчиков и GPS-приемников;
- интеграция оборудования и программного обеспечения;
- тестирование системы виртуальной разметки и проверка ее на работоспособность и точность;
- обучения персонала, ответственного за эксплуатацию судна, использование системы виртуальной разметки;
- поддержка и обслуживание системы виртуальной разметки для обеспечения ее надежной и безопасной работы во время эксплуатации.

Таким образом, система виртуальной разметки может значительно улучшить безопасность и эффективность навигации на безэкипажных судах, улучшить точность и быстроту обработки данных, необходимых для навигации. Система позволяет минимизировать зависимость от человеческого фактора при навигации, также система может быть хорошо интегрирована с другими системами на судне и дополнена инновационными технологиями, такими как искусственный интеллект или автоматическое управление, которые обеспечат более высокую эффективность и безопасность работы безэкипажных судов.



3. Том Таулли. Основы искусственного интеллекта: нетехническое введение. Том Таулли, 2021.
4. Цыбуля А. Д. Использование системы виртуальной разметки на безэкипажных судах., [Электронный ресурс] // URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46649944>

## Исследование методов улучшения текстуры и вкусовых характеристик растительных альтернатив мясу в общественном питании

Чумакова Валерия Владиславовна, студент;  
Вуймин Владимир Александрович, студент  
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ) (г. Москва)

*Растущий интерес к здоровому образу жизни и экологической устойчивости привел к повышенному спросу на растительные альтернативы мясу в общественном питании. Однако, одной из главных преград для широкого признания растительных продуктов является необходимость достижения высокого качества, включая текстуру и вкусовые характеристики, сравнимые с традиционным мясом. В данной статье представлено исследование и разработка методов улучшения текстуры и вкусовых характеристик растительных альтернатив мясу в общественном питании.*

**Ключевые слова:** растительное мясо, мясо, текстура, характеристики, общественное питание, технология.

Растительные альтернативы мясу предлагают возможность удовлетворить потребности в пище, минимизируя негативное воздействие на окружающую среду и здоровье. Однако, многие потребители по-прежнему предпочитают мясо из-за его текстуры и вкуса. Поэтому, исследование методов улучшения качества растительных альтернатив мясу является важной задачей для продвижения растительного питания.

Первый шаг в разработке методов улучшения растительных альтернатив мясу заключается в анализе текстурных и вкусовых свойств традиционного мяса. Использование сенсорных анализов, таких как органолептическая оценка, может помочь идентифицировать основные характеристики мяса, которые нужно воспроизвести в растительных продуктах.

Использование гидроколлоидов, таких как каррагинан и гуаровая камедь, представляет собой один из подходов к улучшению текстуры растительных альтернатив мясу. Гидроколлоиды являются природными полимерами, способными образовывать гелеобразующую структуру и улучшать вязкость продуктов. Каррагинан, получаемый из водорослей, обладает структурообразующими свойствами и способен улучшать эластичность продуктов. Гуаровая камедь, получаемая из семян гуарового дерева, также обладает вязкостью и стабилизирующими свойствами, способствуя улучшению текстуры растительных альтернатив мясу.

Другим функциональным ингредиентом, способным улучшить текстуру и белковое содержание растительных альтернатив мясу, является протеиновый изолят. Соевый или гороховый изолят представляют собой концентрированные и очищенные формы растительного белка. Эти протеиновые изоляты имеют высокую биологическую ценность и способность образовывать гелеобразующую структуру, что позволяет создавать продукты с мясной текстурой и повышенным содержанием белка.

Исследования должны также учитывать потенциальные взаимодействия между различными функциональными ингре-

диентами, чтобы определить оптимальные сочетания, которые способствуют синергическому улучшению текстуры и вкусовых характеристик продуктов.

В целом, использование методов анализа текстуры, сенсорных анализов и органолептической оценки играет важную роль в исследовании и разработке методов улучшения текстуры и вкусовых характеристик растительных альтернатив мясу. Эти подходы помогают получить объективные и субъективные данные, которые необходимы для оптимизации продуктов и удовлетворения вкусовых предпочтений потребителей.

Развитие новых технологий также играет важную роль в улучшении текстуры и вкусовых характеристик растительных альтернатив мясу. Например, экструзия позволяет создавать продукты с желаемой текстурой и структурой. Термообработка, такая как гриль или обжарка, может придать продукту желаемую корочку и аромат.

Натуральные ароматические вещества, такие как луковая пудра или чесночный экстракт, являются примерами растительных экстрактов, которые могут значительно повысить вкусовые характеристики растительных альтернатив мясу. Луковая пудра обладает выразительным ароматом и может добавить пикантность и глубину вкуса. Чесночный экстракт, в свою очередь, имеет интенсивный чесночный аромат, который может придать продукту характерные нотки.

При использовании растительных экстрактов и приправ необходимо обратить внимание на их качество и дозировку. Слишком высокая концентрация экстрактов или неправильный выбор приправы может привести к перекрытию или искажению вкусовых характеристик растительных альтернатив мясу.

Исследования могут быть направлены на разработку новых растительных экстрактов и приправ, которые будут обладать специфическими ароматическими профилями, а также на изучение их влияния на вкус и аромат продуктов. Такие исследования могут способствовать разнообразию и инновациям в об-

ласти растительных альтернатив мясу, предлагая потребителям более интересные и разнообразные вкусовые опции.

Конечная оценка качества растительных альтернатив мясу должна проводиться с участием потребителей. Сенсорные тесты и опросы могут помочь оценить восприятие и приемлемость растительных продуктов среди различных групп потребителей.

Инновационные методы улучшения текстуры и вкусовых характеристик растительных альтернатив мясу в общественном питании являются активно исследуемой областью в научных исследованиях. Некоторые инновационные методов уже активно применяются для достижения этой цели.

Микро- и наноструктурирование. Применение микро- и наноструктурирования позволяет контролировать текстурные характеристики растительных альтернатив мясу. Этот метод включает использование различных техник, таких как ультразвуковая обработка, экструзия и гидродинамическое разрушение, для создания желаемой структуры продукта. Микро- и наноструктурирование позволяет получить более мясоподобные текстуры, улучшить сочность и эластичность продукта.

Использование растительных белков. Растительные белки, такие как соевый, гороховый, грибной и конопляный, могут служить основой для создания растительных альтернатив мясу с улучшенной текстурой. Сочетание различных растительных белков и их модификация позволяют достичь определенных текстурных свойств, подобных мясу. Это может включать использование методов, таких как экструзия, гидрообработка

и термическая обработка, для оптимизации текстуры и структуры растительных продуктов.

Использование инновационных ингредиентов. Введение новых ингредиентов может значительно влиять на текстуру и вкус растительных альтернатив мясу. Например, добавление гидроколлоидов, таких как агар-агар, каррагинан и гуаровая камедь, может улучшить вязкость и эластичность продукта. Также использование растительных масел, эмульгаторов и стабилизаторов может способствовать формированию желаемой текстуры и структуры продукта.

Применение молекулярной гастрономии. Молекулярная гастрономия является научной дисциплиной, изучающей физико-химические процессы, связанные с приготовлением пищи. Применение принципов молекулярной гастрономии в разработке растительных альтернатив мясу позволяет модифицировать ингредиенты и процессы приготовления для достижения желаемых текстур и вкусовых характеристик. Это может включать использование методов, таких как эмульгирование, гелирование и сферификация, для создания продуктов с новыми текстурными и вкусовыми свойствами.

В целом, инновационные методы в области улучшения текстуры и вкусовых характеристик растительных альтернатив мясу представляют собой многообещающую область исследований. Применение вышеперечисленных методов позволяет создавать продукты, которые не только заменяют мясо, но и обладают привлекательной текстурой и вкусом, удовлетворяющими потребности и предпочтения широкой аудитории.

#### Литература:

1. Монгуш, С. В. Анализ рынка альтернативного мяса в России и за рубежом / С. В. Монгуш, Ю. С. Бойцова, О. Ю. Орлова. — Текст: непосредственный // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. — 2022. — № 67. — С. 95–99.
2. Кузнецова, К. В. Обоснование использования растительного сырья в технологии мясных продуктов / К. В. Кузнецова, Н. А. Притыкина. — Текст: непосредственный // Вестник молодежной науки. — 2022. — № 6. — С. 67–70.
3. Родина, В. А. Растительное мясо: перспективы экспорта / В. А. Родина. — Текст: электронный // Мясной эксперт: [сайт]. — URL: <https://meat-expert.ru/articles/527-rastitelnoe-myaso-perspektivy-eksporta> (дата обращения: 03.06.2023).
4. Макеева, В. Г. Экологичный продукт будущего: искусственное мясо / В. Г. Макеева. — Текст: непосредственный // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК. — Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского (Молодежный), 2022. — С. 52–58.

# АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

## Инновационные технологии в агротуризме: роль архитектурных и градостроительных решений в развитии и устойчивости отрасли

Зверева Дарья Романовна, студент магистратуры  
Научный руководитель: Енин Александр Егорович, кандидат архитектуры, профессор  
Воронежский государственный технический университет

*В данной статье рассматриваются современные инновационные технологии в агротуризме и роль архитектурных и градостроительных решений в развитии устойчивой среды для отдыха.*

*Ключевые слова: агротуризм, инновационные технологии, развитие туризма, архитектура, градостроительство, сельское хозяйство, агротуристический комплекс.*

### Введение

Туризм и сельское хозяйство — две отрасли глобальной экономики, которые постоянно расширяются и становятся все более важными и интересными для населения всего мира. В настоящее время во всем мире наблюдается увеличение интереса к агротуризму и сельскому хозяйству. Это связано с ростом значимости устойчивого развития, экологии и природных ресурсов, а также с изменением потребительских приоритетов.

Агротуризм представляет собой симбиоз сельского хозяйства и туризма, который активно развивается во многих странах мира. Он не только позволяет получить первозданный опыт работы на природе, но и предоставляет возможность познакомиться с местной культурой, традициями и образом жизни населения.

Данная отрасль туризма предполагает не только развитие инфраструктуры сельских районов, но и создание объектов, которые привлекали бы туристов и формировали бы уникальную атмосферу. В этом контексте, архитектура и градостроительство имеют большое значение, т.к. создание новых архитектурных объектов, их реконструкция и восстановление наследия культуры и истории — залог привлечения туристов и создания особой атмосферы в регионе [3].

### Инновационные технологии в агротуризме

#### 1. Умные фермы и технологии IoT

Умные фермы — это современные сельскохозяйственные предприятия, которые используют передовые технологии IoT (интернета вещей) для повышения эффективности производства и увеличения урожайности.

Технологии IoT включают в себя использование сенсоров, которые собирают и обрабатывают информацию о различных параметрах обстановки: температуру, влажность, освещенность, состав почвы и многое другое. Полученные данные анализируются с помощью компьютерных систем, и на основе этого принимаются решения о том, какой уход требуется для растений и животных.

Такие технологии позволяют туристам наблюдать за процессами на ферме, участвовать в сборе урожая или в процессе выращивания растений, что создает интерес и привлекательность для посетителей.

#### 2. Зеленые и энергоэффективные здания.

Зеленые и энергоэффективные здания — это инновационное решение в сфере строительства, которое основано на экологически устойчивых технологиях и направлено на уменьшение негативного воздействия на окружающую среду.

Одним из главных преимуществ зеленых и энергоэффективных зданий является уменьшение затрат на энергию. Это достигается за счет использования передовых технологий в области мониторинга и управления энергопотреблением. Также, зеленые и энергоэффективные здания оснащаются инновационными системами освещения, вентиляции, кондиционирования и отопления, что позволяет значительно уменьшить расходы ресурсов. Кроме того, зеленые и энергоэффективные здания активно используют возобновляемые источники энергии, такие как солнечная, геотермальная и ветровая энергия [5]. Это делает их не только более экологически чистыми, но и более экономически эффективными.

Применение зеленых технологий в строительстве агротуристических объектов способствует уменьшению негативного влияния на окружающую среду и повышает энергоэффективность.

### 3. 3D-моделирование.

3D-моделирование — это процесс создания трехмерных моделей объектов, которые могут быть использованы для создания виртуальных туров и интерактивных приложений, предназначенных для привлечения туристов.

Основным преимуществом 3D-моделирования в агротуризме является возможность создания интерактивных приложений и моделей, которые позволяют туристам посмотреть и понять, как выглядят сельскохозяйственные угодья, различные растения и домашние животные, находящиеся на ферме или ранчо. Благодаря этой технологии, туристы могут насладиться уникальным опытом, имея возможность более подробно изучить все аспекты жизни на ферме или ранчо, не только как туристы, но и как специалисты в области сельского хозяйства. Также, это возможно использовать в образовательных целях, чтобы помочь учащимся понять процессы роста растений, жизненный цикл домашних животных и другие аспекты сельского хозяйства.

### 4. Системы локального или нулевых отходов или контейнерных ферм.

Системы нулевых или низких отходов для агротуризма являются инновационными технологиями, которые могут помочь в осуществлении устойчивого производства и развитии экологически чистых ферм. В данном случае, система «полный цикл использования» подразумевает использование всех производимых отходов для производства новых продуктов, что помогает жить в рамках природы, но не в ней [4].

Такие системы позволяют более полно задействовать все ресурсы, используемые в сельском хозяйстве и в экотуризме, и снизить негативные экологические влияния на окружающую среду. Например, производство компоста на базе органических отходов, поддержание экосистем внутри строительных конструкций, переработка сточных вод, и даже использование технологий, позволяющих создавать свежую пищу, питательные элементы для растений и других животных, а требующих минимальной работы над утилизацией отходов.

### Развитие малых территорий через агротуризм, путь к устойчивости

Агротуризм способствует развитию сельских территорий, создавая новые рабочие места и способствуя экономическому росту. Инновационные архитектурные и градостроительные решения, такие как создание агротуристических комплексов — это объекты, созданные для того, чтобы туристы могли познакомиться с культурой и традициями сельской местности, при этом не отказываясь от комфорта современной жизни.

Кроме того, агротуризм ведет к созданию новой архитектурной и градостроительной культуры территории. Агротуристические комплексы современного типа крайне разнообразны и таким образом, развитие данного вида туризма содействует появлению новых архитектурных форм и созданию условий для возникновения новых местных стилей, форм и масштабов.

Агротуризм также способствует социокультурному развитию территорий. Создание агротуристических объектов, отражающих местные традиции, культуру и историю, позволяет сохранить и передать национальное наследие следующим поколениям. Туристы имеют возможность познакомиться с местной культурой, ремеслами и кулинарией, расширяя свой культурный опыт [1].

Одним из важных аспектов развития агротуризма является обеспечение комфортных условий проживания и отдыха для туристов. Современные архитектурные решения могут предложить уникальные формы размещения, такие как глэмпинг, фермерские домики или деревенские коттеджи. Эти объекты должны сочетать в себе комфорт и аутентичность, предлагая гостям возможность погрузиться в атмосферу сельской жизни и насладиться природой.

Важным элементом развития агротуризма являются образовательные и развлекательные программы для туристов, такие как площадки для проведения мастер-классов по изготовлению местных продуктов, экскурсии по фермам и садам, а также пространства для организации выставок и фестивалей сельской культуры. Все это способствует повышению привлекательности агротуристических объектов и увеличению потока туристов.

Для успешного развития агротуризма необходимо уделять внимание развитию инфраструктуры и обеспечению доступности мест для отдыха и активного времяпрепровождения. Градостроительные решения позволяют создавать удобные пешеходные и велосипедные маршруты, организовывать парки и сады, а также формировать территории для спортивных мероприятий. Это способствует активному образу жизни и здоровому отдыху туристов, а также создает благоприятную атмосферу для взаимодействия с природой и окружающей средой. Такой подход способствует более эффективному использованию природных ресурсов, позволяет сократить негативное воздействие на окружающую среду.

С целью устойчивого развития агротуризма необходимо также уделять внимание социальной справедливости и участию местного сообщества. Местные жители должны быть вовлечены в процесс принятия решений, получать выгоду от развития агротуризма и иметь возможность развивать свой бизнес и навыки. Важно создавать партнерства между агротуристическими предприятиями и местными производителями, чтобы стимулировать экономику и развитие предпринимательства на местном уровне [2].

Устойчивость агротуризма также связана с социальной ответственностью и вовлечением местного сообщества. Инновационные архитектурные и градостроительные решения должны учитывать интересы и потребности местных жителей. Важно создавать агротуристические объекты, которые не только привлекают туристов, но и приносят пользу и поддержку местному населению. Это может быть достигнуто через создание рабочих мест, обучение и развитие навыков местных жителей, а также участие в развитии инфраструктуры и социальных программ.

### Заключение

Инновационные технологии в агротуризме играют важную роль в развитии и устойчивости отрасли. Применение умных ферм, зеленых и энергоэффективных зданий и других техно-



логий, а также активное вовлечение местного сообщества способствуют созданию уникальных и привлекательных объектов.

Развитие агротуризма способствует экономическому росту территорий, сохранению национального наследия и улучшению качества жизни местных жителей. При этом важно стремиться к устойчивости отрасли, сохранению природных ресурсов и социальной ответственности. Использование инновационных технологий, современных архитектурных и градостроительных решений является ключевым фактором в достижении этих целей и обеспечении устойчивого развития агротуризма.

Для достижения этих целей необходимо установить плодотворное взаимодействие между архитекторами, градостроителями, сельскими хозяйственными предприятиями и местными сообществами. Важно учитывать специфические потребности и особенности каждого региона, чтобы создавать уникальные агротуристические объекты, отражающие его культурное наследие и природную красоту. Проектирование и строительство агротуристических объектов должны быть основаны на принципах устойчивости, энергоэффективности и экологической безопасности.

#### Литература:

1. Агаларова Е. Г., Косинова Е. А. Особенности формирования агротуристического рынка в России // Молодой ученый.— 2012. № 11.
2. Казначеева С. Н., Челнокова Е. А., Коровина Е. А. Агротуризм как одно из перспективных направлений индустрии туризма // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.— 2017.— № 3–2.— С. 248–252;
3. Коробова Ольга Павловна Агротуризм как стимул развития сельских территорий // Academia. Архитектура и строительство.— 2019.— № 3.— С. 99–104.
4. Кузьмичева О. В., Колхозникова В. А., Кузнецова Е. И. Особенности формирования инновационных технологий в агротуризме.
5. Тарасова А. В. Инновационные технологии в помощь сельскому хозяйству. <https://kramp.ru/articles/item-innovatsionnye-tekhnologii-v-pomoshch-selskomu-kh/>

## Анализ возможности внедрения технологии блокчейна при подготовке исходно-разрешительной документации строительных проектов

Львович Владислав Александрович, студент  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

*В статье раскрыты возможности использования технологии блокчейн, как единой интегральной цифровой платформы, способной обеспечить безопасную оптимизацию и упрощение процедуры градостроительного регулирования с помощью смарт-контрактов, и ведения единого реестра разработки исходно-разрешительных документов под каждый земельный участок.*

**Ключевые слова:** строительство, градостроительное регулирование, цифровизация, внедрение технологий, платформа.

Цифровизация экономики в современном обществе является фундаментальным и широко распространенным явлением. Она охватывает различные аспекты и сферы деятельности, преобразуя способы ведения бизнеса, производства товаров и предоставления услуг.

Одним из важных аспектов цифровизации экономики является использование цифровых технологий в строительстве. Это включает в себя автоматизацию, роботизацию и использование сенсоров и Интернета вещей для оптимизации процессов и повышения эффективности производства.

В современном обществе наблюдается переход от точечного применения цифровых технологий к созданию целостных технологических платформ. Это означает, что вместо изолированного использования отдельных цифровых инструментов и решений, стремятся к интеграции различных технологий в единую платформу, которая обеспечивает взаимодействие и совместную работу различных систем и компонентов.

Целостные технологические платформы представляют собой комплексные решения, объединяющие различные аспекты и функции, включая обработку данных, хранение, аналитику, управление и взаимодействие с другими системами. Эти платформы обеспечивают гибкость, масштабируемость и интеграцию цифровых решений, что позволяет эффективнее использовать технологии для достижения бизнес-целей.

Примером целостной технологической платформы может быть платформа умного города, которая объединяет различные аспекты городской инфраструктуры, такие как энергетика, транспорт, общественные услуги и управление, на основе цифровых технологий и сенсорной сети [1]. Эта платформа позволяет собирать, обрабатывать и анализировать данные из разных источников для оптимизации ресурсов, повышения эффективности и качества жизни горожан.

В строительстве также наблюдается тенденция к созданию целостных технологических платформ, которые объединяют



различные аспекты и процессы в строительной отрасли [1]. Эти платформы предлагают интегрированный подход к управлению и выполнению строительных проектов, упрощая коммуникацию, обмен информацией и совместную работу различных участников процесса [4].

Одной из ключевых составляющих целостных технологических платформ в строительстве является информационное моделирование зданий (BIM) [4]. BIM-платформы позволяют создавать трехмерные цифровые модели зданий, которые интегрируют информацию о конструкции, материалах, системах, расписаниях и бюджетах. Это обеспечивает более эффективное управление и координацию строительными проектами, а также позволяет принимать более информированные решения на разных этапах жизненного цикла здания.

В рамках целостных технологических платформ в строительстве также могут применяться другие цифровые инстру-

менты и решения, такие как системы управления проектами или системы контроля качества.

Преимущества целостных технологических платформ в строительстве включают более эффективное управление проектами, повышение качества и точности данных, сокращение времени и затрат на строительство, улучшение коммуникации и сотрудничества между участниками проекта [2].

Внедрение технологии блокчейн в градостроительное регулирование может привести к улучшению прозрачности, эффективности и надежности процессов, связанных с управлением городской средой и развитием инфраструктуры. Блокчейн — это распределенная база данных, которая позволяет участникам сети проверять и хранить информацию в безопасной и прозрачной форме. Вот несколько способов, как блокчейн может быть использован в градостроительном регулировании (таблица 1) [3].

Таблица 1. Преимущества внедрения технологий блокчейн и целостных технологических платформ

Наименование этапа [4]	Срок [4]	Преимущества внедрения
Получение Градостроительного плана земельного участка	20 рабочих дней	Блокчейн может использоваться для создания единой базы данных земельных участков, включающей информацию о правах собственности, истории сделок и других релевантных данных. Это помогает устранить возможность фальсификации данных и облегчает процессы регистрации и передачи прав собственности на землю
Получение Разрешения на строительство	7 рабочих дней	С использованием блокчейна можно создать прозрачную систему управления разрешениями на строительство. Различные органы, такие как городские управления и архитектурные комитеты, могут использовать блокчейн для проверки и одобрения заявок на строительство. Это позволяет ускорить процесс принятия решений и снизить возможность коррупции
Одобрение проекта планировки территории (ППТ) и внесение изменений в ППЗ	8–12 месяцев	Блокчейн может быть использован для улучшения управления городской инфраструктурой, включая учет обслуживания и ремонта дорог, мостов, транспортных сетей и других объектов. Путем использования блокчейна можно создать надежную систему, в которой фиксируются все операции по обслуживанию и ремонту, а также состояние инфраструктуры
Разработка «Архитектурно градостроительной концепции застройки»	30 дней	Блокчейн может быть использован для создания платформы, где жители города могут вносить свои предложения, задавать вопросы и участвовать в градостроительных решениях. Это помогает создать более демократический процесс принятия решений и повысить участие граждан в формировании городской среды

Однако внедрение технологии блокчейн требует тщательного планирования и согласования между различными участниками и организациями. Необходимо учитывать юридические, регуляторные и конфиденциальные аспекты, чтобы обеспечить успешное внедрение и использование блокчейна в градостроительном регулировании.

Внедрение смарт-контрактов и блокчейна в строительстве может столкнуться со следующими проблемами:

1. Юридические и регуляторные аспекты. Существующие правовые и регуляторные рамки могут не соответствовать технологии блокчейн и смарт контрактов. Необходимо разрабо-

тать новые законы и стандарты, которые учитывают особенности этих технологий и обеспечивают юридическую защиту всех сторон.

2. Сложность интеграции. Интеграция блокчейна и смарт контрактов в существующие системы строительства может быть сложной и требовать значительных изменений в рабочих процессах и ИТ-инфраструктуре. Необходимо провести тщательный анализ и планирование, чтобы гарантировать совместимость и эффективность интеграции.

3. Высокая стоимость. Реализация блокчейна и смарт контрактов в строительстве может потребовать значительных

финансовых ресурсов. Это включает в себя разработку и настройку инфраструктуры блокчейна, обучение персонала и выполнение технических работ. Необходимо оценить потенциальные затраты и выгоды, прежде чем приступать к внедрению.

4. Проблемы масштабируемости. Блокчейн имеет ограниченные возможности масштабирования, особенно в отношении количества транзакций, которые он может обрабатывать за определенный период времени. В строительной отрасли, где может быть множество транзакций и данных, это может стать проблемой [3]. Решения, такие как улучшенные протоколы консенсуса и развитие вторичных решений масштабирования, могут быть необходимы для преодоления этих ограничений.

5. Приватность и конфиденциальность данных. В некоторых случаях, особенно при работе с конфиденциальными или коммерческими данными, приватность может быть проблемой. Блокчейн, по своей природе, является публичным и прозрачным, и требуется разработка соответствующих механизмов для обеспечения конфиденциальности данных при использовании блокчейна в строительстве.

В заключение, внедрение технологии блокчейн и смарт-контрактов в строительство может предоставить значительные

преимущества, включая улучшение прозрачности, эффективности и безопасности процессов в градостроительном регулировании. Однако, это также сопряжено с некоторыми вызовами и проблемами, включая юридические и регуляторные аспекты, сложность интеграции, высокую стоимость, проблемы масштабируемости и вопросы конфиденциальности данных.

Для успешного внедрения блокчейна и смарт-контрактов в строительство необходимо провести тщательное планирование, сотрудничество и согласование между различными участниками и организациями в строительной отрасли, а также учесть юридические и регуляторные аспекты. Разработка новых законов и стандартов, адаптированных к технологии блокчейн, может быть необходима для обеспечения правовой защиты всех сторон.

Несмотря на эти вызовы, блокчейн и смарт-контракты имеют потенциал существенно улучшить градостроительное регулирование, оптимизировать процессы и повысить доверие и эффективность в строительстве. Постепенное внедрение и разработка адаптированных решений могут привести к положительным изменениям в индустрии строительства и облегчить создание современных и устойчивых городских сред.

#### Литература:

1. «Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 N190-ФЗ (ред. от 31.12.2017)
2. Росреестр использовал технологию блокчейн. — Текст: электронный // Ведомости: [сайт]. — URL: <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2018/02/08/750276-rosreestr-blokchein> (дата обращения: 09.06.2023).
3. Новости мира криптовалюты и майнинга. — Текст: электронный // Майнинг криптовалюты: [сайт]. — URL: <https://mining-cryptocurrency.ru/> (дата обращения: 10.06.2023).
4. Официальный сайт Минстрой РФ. — Текст: электронный // Минстрой РФ: [сайт]. — URL: <http://www.minstroyrf.ru> (дата обращения: 12.06.2023).

## Формирование региональной архитектуры Горно-Алтайска

Первутинская Ольга Евгеньевна, студент магистратуры

Научный руководитель: Булгач Рубэн Вячеславович, кандидат архитектуры, доцент  
Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств имени А. Д. Крячкова

*В статье автор исследует формирование региональной архитектуры Горно-Алтайска на разных этапах развития города по знаковым объектам исторических и современных зданий.*

**Ключевые слова:** региональная архитектура, национальная идентичность, Горно-Алтайск.

История развития города Горно-Алтайска начинается в середине XIX века, когда несколько семей русских переселенцев и крещеных алтайцев поселились в долине реки Уалы близ Чуйского тракта, являющимся главным торговым путем между Россией, Монголией и Китаем. Алтайские народы всегда вели кочевой образ жизни, русские же принесли им свою религию и свою традицию оседлой жизни, что непосредственно отразилось на развитии архитектуры Горно-Алтайска.

Ведущую роль в формировании города сыграла Томская епархия, сделавшая тогда еще поселение Увала центром развития Алтайской Духовной Миссии на территории Горного

Алтая. И первым зданием, построенным в поселении и сохранившимся до настоящего времени, была открытая в 1834 г школа для мальчиков. Однако уже к концу XIX века деревянное здание школы обветшало, что стало причиной закладки в 1900 году нового кирпичного здания, строительство которого было завершено в 1905 г. В этом же году школа получила статус церковно-приходской [5].

Первый этаж почти квадратного в плане здания школы — кирпичный, второй — деревянный этаж был пристроен позже в 1920-х годах (Рис. 1). Вход, расположенный в центре главного фасада, обозначен треугольным навесом [5].

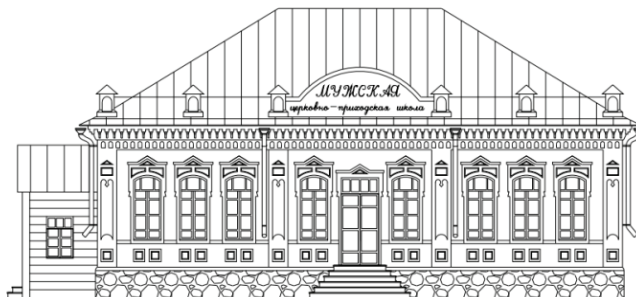


Рис. 1. Мужская церковно-приходская школа до 1926 года [5]



Рис. 2. Мужская церковно-приходская школа. Современное состояние

Все окна первого этажа выложены кирпичом и имеют форму сегментной арки, украшенной по верху фигурным сандриком и понизу парными лопатками. Сами оконные переплеты состоят из нескольких мелких частей. Углы дома оформлены фигурными пилястрами, а этажи разделены карнизом в форме двойного аркатурного фриза, выполненного из кирпича. Все это характерно для архитектурных сооружений Улалы начала XX века и отражает национальные мотивы русской архитектуры.

Школа была построена в основном благодаря бийскому купцу второй гильдии А. М. Ситникову. Здание имеет статус памятника истории и архитектуры начала XX века. Долгое время в здании размещался физико-математический факультет Горно-Алтайского государственного университета. Сейчас в нем находится факультет алтаистики и тюркологии Горно-Алтайского государственного университета (Рис. 2) [5].

Во второй половине XIX века в Улале, вследствие бурно развивающейся торговли, начинается строительство каменных



Рис. 3. Винная лавка купца Тобокова в селе Улала [4]





Рис. 4. Винная лавка купца Тобокова. Современный вид [4]

зданий и появляется площадь, где ведется торговля и ежегодно в декабре устраивается Никольская ярмарка. Здания, сохранившиеся в настоящее время, располагаются на улице Социалистической, которая в свое время являлась градоформирующей осью поселения, именно с нее началась история современного города.

Одной из лавок, сохранившей свой первоначальный облик, является винная лавка купца М.В. Тобокова (Рис. 3), построенная, по неподтвержденным сведениям, в 1887 году и располагающаяся по Социалистической улице в центре бывшей Базарной площади.

Сооружение является примером влияния кирпичного стиля Сибири в развитии зодчества алтайского народа. Здание представляет собой прямоугольное в плане одноэтажное сооружение с богато оформленным входом главного фасада и карнизом. Оконные проемы дома имеют полуарочную форму с лучковым завершением. Наличники выполнены из кирпичной кладки и также имеют лучковую форму [4].

В 1922 году после национализации в лавке купца Тобокова находился арестный дом. Затем в ней в разные годы располагались краеведческий музей и магазин. После капитального ремонта в 1980-е годы здание приняло современный вид (Рис. 4). В 1995 году здание получило статус исторического памятника Республики Алтай.

Еще одним ярким примером кирпичной архитектуры Сибири является лавка бийского купца А.И. Хакина, построенная примерно в 1904 году, расположенная на Социалистической улице близ винной лавки купца Тобокова. Изначально одноэтажная кирпичная лавка (Рис. 5) была основательно реконструирована в 30-е годы двадцатого столетия: появился второй деревянный этаж и другие пристройки (Рис. 6). В разные годы в этом здании располагались областной исполнительный комитет, областная больница и даже кинозал. Сейчас здесь находится Республиканская стоматологическая поликлиника (Рис. 7) [7].

На старой Базарной площади Горно-Алтайска находится усадьба купца Бодунова — старейший памятник архитектуры



Рис. 5. Лавка купца Хакина. Первоначальный вид [7]



Рис. 6. Лавка купца Хакина. Реконструкция [7]



Рис. 7. Лавка купца Хакина. Современный вид [7]

города (Рис. 8). Это здание принадлежало младшему из братьев Бодуновых, купцов 2-й гильдии, выходцев из Владимирской гу-

бернии. Двухэтажное каменное здание построено примерно в 80-х годах XIX века [6].



Рис. 8. Усадьба купца Бодунова. Первоначальный вид [6]

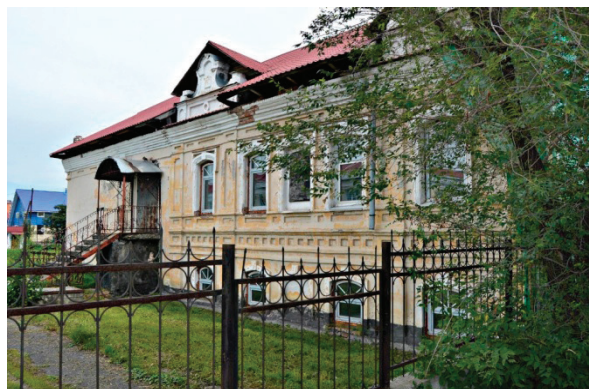


Рис. 9. Усадьба купца Бодунова. Современный вид [6]

Внешний облик здания с тех пор очень изменился из-за реконструкций. В 20-м веке в разное время здесь находились различные учреждения: земельное управление, архив, краеведческий музей, художественная школа. С 1989 года здесь располагалась Государственная филармония Республики Алтай. Сейчас здесь находится Колледж культуры и искусства Республики Алтай имени Г. И. Чорос-Гуркина (Рис. 9).

В начале XX века в поселении Улала появилось здание нового миссионерского приюта, построенное по инициативе митрополита Макария (Невского) и на пожертвование почетного гражданина Москвы И. Коншина. Прекрасно сохранившееся здание находится в исторической части Горно-Алтайска на пересечении улицы Социалистической и Спортивного переулка.



Рис. 10. Миссионерский приют, северный фасад в первоначальном виде [5]





Рис. 11. Миссионерский приют. Современный вид

Архитектурное сооружение представляет собой двухэтажное деревянное строение с мансардой в стиле позднего модерна, пристроенной уже в конце XX века. Здание симметрично относительно парадного фасада, что подчеркивается расположением в центре главного входа (Рис. 10). Над двустворчатой дверью по всей высоте лестничного блока размещен витраж с крупным оконным переплетом. По обе стороны от выступающей части здания располагается по три окна на каждом этаже, что также акцентирует внимание на симметричности фасада [5].

Здание было облицовано уже в советские годы, поэтому архитектура имеет черты, не свойственные дореволюционной архитектуре Горно-Алтайска. Историческими являются наличники с накладной резьбой и окна с подоконниками в центральной части. В 1930-х годах здесь располагалась прокуратура, в настоящее же время оно отдано под помещения архитектурно-строительного бюро «Коммунпроект» (Рис. 11).

Важным культурным объектом Улалы начала XX века, отражающим характерные черты региональной архитектуры Горного Алтая, но, к сожалению, не сохранившимся до наших дней, является Народный дом им. В. И. Ленина.

В 1927 году на улице Социалистической, на месте часовенки около школьного интерната и прокуратуры, по проекту Н. И. Чевалкова было построено бревенчатое двухэтажное здание, отличающееся архитектурным своеобразием и отражающее как советские, так и национальные алтайские черты (Рис. 12). На наружных стенах находились украшения в виде наскальных петроглифов, а на гребне крыши расположилась шестигранная модель юрты, в то время как главный фасад венчала модель первого деревянного мавзолея В. И. Ленина. Применение в Народном доме национальных мотивов народов Алтая, стало отправной точкой в формировании региональной архитектуры Горно-Алтайска. [8]



Рис. 12. Народный дом в селе Улала [8]



Рис. 13. Дом Культуры города Горно-Алтайска. Современный вид

В 1931 году случился пожар, из-за чего здание получило непоправимый ущерб, и было полностью уничтожено. Вскоре на месте пожарища было построено здание первого областного национального колхозного театра. В настоящее время на месте Народного дома находится городской Дом Культуры, который был построен в классическом стиле сталинского ампира в 1950 году (Рис. 13).

В 1928 году Улала получила статус города, а в 1932 г. город был переименован в Ойрот-Туру. В 1948 году город Ойрот-Тура стал называться Горно-Алтайском [9], а в 1992 году Горно-Алтайск официально становится столицей Республики Алтай, что ставит перед городом совершенно новые цели в градостроительном и архитектурном плане. Однако, вместо активного развития, в 90-е годы, в тяжелое для страны время в Горно-Алтайске были разрушены многие организации и предприятия, не было строительства ни жилых, ни общественных зданий. Только в 2000-х годах, благодаря государственной поддержке, с развитием предпринимательской деятельности, разворачивается строительство административных и учебных зданий, культурных и торговых центров, а также жилых домов. Появились спортивный комплекс и стадион, плавательный бассейн, Центр акробатики. Уникальное расположение Горно-Алтайска способствовало его развитию в качестве туристического центра [8].

В процессе преобразований городской инфраструктуры Горно-Алтайск постепенно приобретает признаки столицы и становится культурно-историческим достоянием не только республики, но и страны. Современная архитектура города характеризуется все большим применением национальных эле-

ментов в объемно-пространственном и художественно-выразительном решении зданий.

Национальный театр драмы имени П. В. Кучияк и Национальный музей им. А. В. Анохина, спроектированные архитектурной мастерской Тоскина Е. Г., являются одними из ярких примеров современной региональной архитектуры Горно-Алтайска, а также главными культурными и архитектурными достопримечательностями столицы Республики Алтай.

Здание Национального театра было капитально реконструировано в 2005 году с применением перекрестно-стержневых пространственных металлоконструкций при перекрытии внутреннего пространства. В результате появились второй зрительный зал, много дополнительного многофункционального атриумного пространства и даже фонтан в зоне фойе. (Рис. 7.3–7.5)

Национальные черты в сооружении прослеживаются в таких элементах, как крыша, которую венчает четырехгранная пирамида, по форме напоминающая алтайский аил (Рис. 14), так и фасады, украшенные кедровыми панно со знаками годового алтайского цикла (Рис. 15). Во внутренней и внешней отделке театра основным материалом является керамогранит, а для еще большего погружения в культуру народа применялись традиционные для алтайского кочевого стиля сочетания цветовой гаммы — белый, символизирующий стремление к согласию народов Алтая и небесно-голубой, олицетворяющий небо, горы, реки и озера Алтая. Всё это помогло создать архитектурный объект, соответствующий национальным особенностям Республики Алтай [2].



Рис. 14. Национальный театр драмы имени П. В. Кучияк [2]

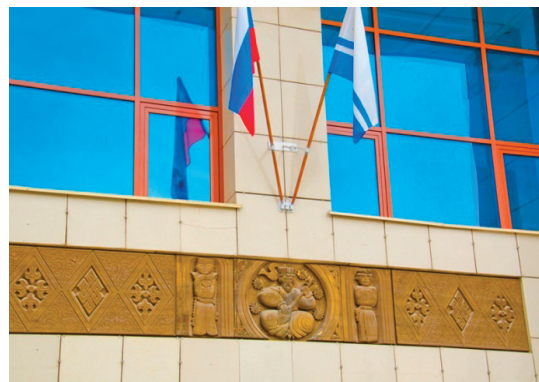


Рис. 15. Национальный театр драмы имени П. В. Кучияк. Барельеф

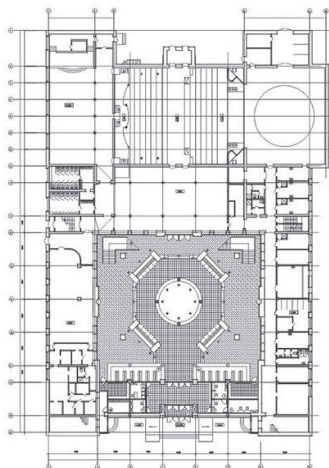


Рис. 16. План 1 этажа после реконструкции [2]

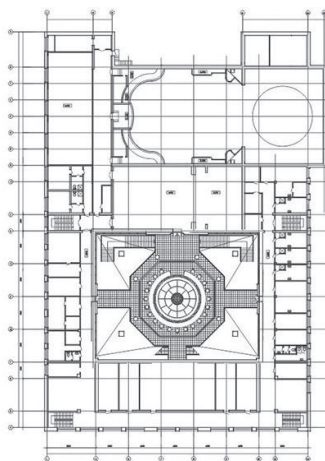


Рис. 17. План 2 этажа после реконструкции [2]

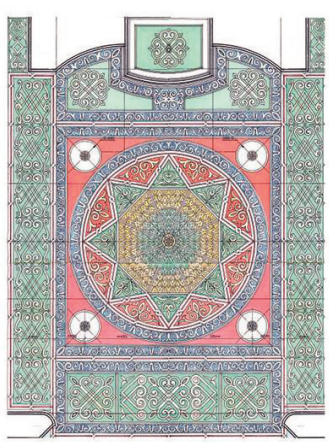


Рис. 18. Цветовое решение потолка зрительного зала [2]

Национальный музей носит имя Андрея Викторовича Анохина, первого заведующего музеем. В 2008–2012 гг. была проведена реконструкция музея, так как большое количество экспонатов и коллекций уже не помещались в музейные залы

и хранилища. Также возникла необходимость технического усовершенствования инженерных систем.

В ходе реконструкции изменились планировка музея и надстройка здания (Рис 19). Все выставочные и административные



помещения, а также фондохранилища сформированы вокруг общего рекреационного пространства атриума, являющегося центром музея (Рис. 21).

После обхода всех залов музея посетители попадают в открытое фондохранилище «Плато Укок», в котором представлена реконструкция пазырыкского захоронения и стеклянный саркофаг мумии «Укокской принцессы».

Для наружных стен музея применена система навесного вентилируемого фасада с облицовкой натуральным гранитом. Крыльцо главного входа выложено также плитами из натурального гранита. Пристройка, обшитая медными листами, напоминает склоны гор или могильных курганов Алтая (Рис. 20) [1].

Национальные черты алтайских народов прослеживаются и в других архитектурных сооружениях Горно-Алтайска — крыши, напоминающие алтайские айлы, алтайские орнаменты на фасадах. В облицовке зданий часто применяется керамогранит, плитка и стекло, в котором отражается окружающая природа. Примерами такой архитектуры может служить Республиканская гимназия им. В.К. Плакаса, здание Национального банка, Дворец правосудия, Кадастровая палата и некоторые торговые и бизнес-центры (Рис. 22).

На протяжении всей истории Горно-Алтайска четко прослеживается влияние той или иной культуры, религии и социальной среды, которая формировалась в городе на разных

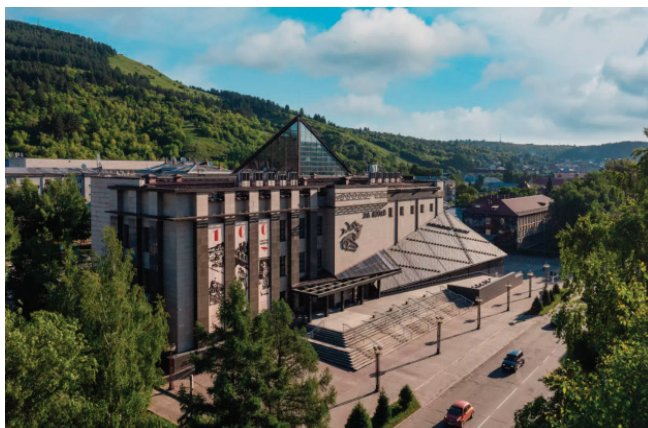


Рис. 19. Национальный музей им. А. В. Анохина [1]



Рис. 20. Национальный музей им. А. В. Анохина. Ночной вид [1]



Рис. 21. Национальный музей им. А. В. Анохина. Планы [1]



Рис. 22. Современная архитектура Горно-Алтайска

этапах его развития. Знаковые архитектурные сооружения условно можно разделить на две части: объекты культурного наследия до начала XX века и современные объекты XXI века. В первых явно прослеживается влияние архитектурных стилей русского зодчества, так как доминирующую роль в формировании архитектурой среды зарождающегося поселения сыграло русское население, в том числе Алтайская духовная миссия. В современных же сооружениях главную роль играет отражение национальной идентичности алтайских народов.

Архитекторы стараются придать внешнему облику зданий национальный колорит и региональные черты.

Таким образом, национальная культура народов, живущих в республике Алтай, в настоящее время оказывает все большее влияние на формирование современного архитектурного ландшафта столицы. В свою очередь, архитектура и архитектурная среда влияют на жизнь жителей и гостей города, на духовные ориентиры общества, формируют систему историко-культурных ценностей.

#### Литература:

1. Архитектурно-проектное бюро — Национальный музей Республики Алтай им. А. В. Анохина URL: [https://project-amt.ru/top-catalog/item/national-museum-of-the-republic-of-altai-2?category\\_id=22](https://project-amt.ru/top-catalog/item/national-museum-of-the-republic-of-altai-2?category_id=22)
2. Архитектурно-проектное бюро — Национальный театр Республики Алтай URL: <https://project-amt.ru/top-catalog/mnu-object-kultur/item/national-theatre-of-the-republic-of-altai-2>
3. Дом Ленина. Историко-архивный путеводитель по Горному Алтаю. КУ РА «Государственный архив Республики Алтай» <https://visit-altairepublic.ru/turizm-i-otdykh/obekty-turizma/infrastruktura/dom-lenina/>
4. Дома и лавки купца М. В. Тобокова. Историко-архивный путеводитель по Горному Алтаю. КУ РА «Государственный архив Республики Алтай» <https://visit-altairepublic.ru/turizm-i-otdykh/obekty-turizma/infrastruktura/usadba-kuptsa-m-v-tobokova/>
5. Крейдун Ю. А. К теоретической реконструкции планировочной структуры центрального миссионерского стана в с. Улале (совр. г. Горно-Алтайск) // МНКО. 2009. № 7–2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-teoreticheskoy-rekonstruksii-planirovochnoy-struktury-tsentralnogo-missionerskogo-stana-v-s-ulale-sovr-g-gorno-altaysk> (дата обращения: 15.05.2023).
6. Лавка и дом купца М. М. Бодунова. Историко-архивный путеводитель по Горному Алтаю. КУ РА «Государственный архив Республики Алтай» <https://visit-altairepublic.ru/turizm-i-otdykh/obekty-turizma/infrastruktura/lavka-i-dom-kuptsa-m-m-bodunova/>
7. Лавка купца А. И. Хакина. Историко-архивный путеводитель по Горному Алтаю. КУ РА «Государственный архив Республики Алтай» <https://visit-altairepublic.ru/turizm-i-otdykh/obekty-turizma/infrastruktura/lavka-kuptsa-a-i-khakina/>
8. Столица Горного Алтая Историко-архивный путеводитель по Горному Алтаю. КУ РА «Государственный архив Республики Алтай» <https://visit-altairepublic.ru/putevoditel/stolitsa-gornogo-alta/>



## Влияние зеленых кровель на энергоэффективность зданий

Шубина Валерия Александровна, студент магистратуры

Научный руководитель: Гойкалов Андрей Николаевич, кандидат технических наук, доцент

Воронежский государственный технический университет

*В данной статье исследуются конструкции зеленых кровель в покрытиях зданий. Рассмотрены преимущества озелененных кровельных покрытий с точки зрения энергоэффективности. Описываются некоторые конструктивные особенности конструкций зеленых кровель. Произведен сравнительный теплотехнический расчет традиционного кровельного покрытия и озелененной кровли.*

**Ключевые слова:** зеленая кровля, энергоэффективность, проектирование, здание.

В наше время все более прогрессивным становится развитие технологий, вследствие чего все больше загрязняется окружающая среда. Поэтому становится актуальным экологичное, безопасное и энергоэффективное строительство.

С 2009 года рациональное энергопотребление приобретает одно из приоритетных направлений в России. Появились федеральные законы об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и технические регламенты, которые направлены на повышение энергоэффективности.

Следует отметить, что в распоряжении Правительства Российской Федерации от 18.11.2020 № 3024-р предлагается привлечение внебюджетных средств в развитие проектов устойчивого, в том числе «зеленого» строительства. «Зеленое строительство» заключается в необходимости реализации главных характеристик зданий: экологичности, экономичности, энергоэффективности, обеспечение комфортной среды обитания для людей. В России данная практика только начинает свое активное внедрение, поэтому возникает необходимость развития экологических эффективных решений в строительной индустрии страны [2].

На сегодняшний день приобретает актуальность такой способ повышения энергоэффективности, как технология озеленения кровель. Мероприятия по их устройству обеспечивают экономию энергоресурсов за счет снижения температуры, времени кондиционирования воздуха. Зеленые кровли являются современным решением для повышения энергоэффективности зданий в регионах с жарким и холодным климатом. Их конструкции могут являться дополнительным слоем теплоизоляции в условиях жаркого климата, который в условиях холодного климата будет, наоборот, способен удержать тепловую энергию в здании. Принципиальная схема конструкции «зеленой» кровли представлена на рис. 1.

Устройство зеленых крыш показывает высокую функциональность в сравнении с традиционными типами кровельных покрытий. Озелененные крыши имеют следующие преимущества [4,10]:

1. сглаживание температурного режима;
2. зеленый покров является дополнительным источником кислорода
3. очищение и разумное использование дождевой воды, снижение нагрузки на ливневую канализацию;
4. увеличение срока использования гидроизоляционного покрытия;
5. экономия энергии на отопление и кондиционирование;
6. создание современного внешнего облика зданий и сооружений;

В условиях плотной городской застройки и ростом населения создание экологичных и комфортных пространств становится все более актуальным. Устройство эксплуатируемых зеленых покрытий кровли является в настоящее время одним из перспективных и прогрессивных направлений. Различные исследования доказывают улучшение экологии и окружающей обстановки в городах

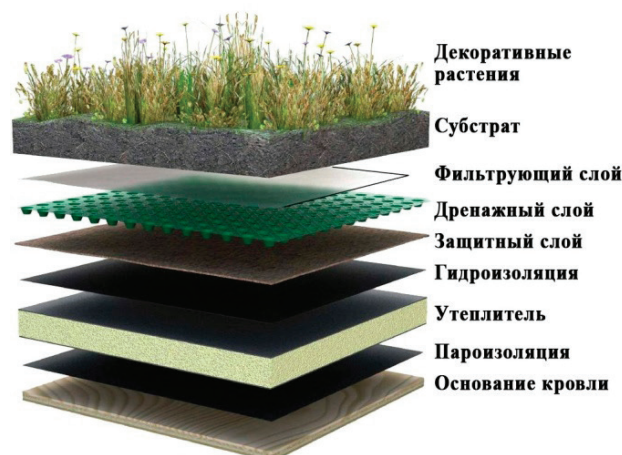


Рис. 1. Принципиальная схема конструкции зеленой кровли



Рис. 2. Зеленая кровля ТРЦ Zorlu в Турции

благодаря использованию ландшафтной архитектуры на крышах зданий. Здания с зелеными эксплуатируемыми кровлями будут выделяться на фоне городских пейзажей и украшать современные города (рис. 2), становясь самостоятельными и стильными зонами экологического комфорта для жителей мегаполисов.

Данные решения кровель являются уникальным элементом здания, позволяющим скрыть непривлекательные поверхности или наоборот — акцентировать внимание на наиболее важных деталях здания [3].

По типу озеленения зеленые кровли бывают трех видов: экстенсивные, полукстенсивные и интенсивные. Между собой они различаются составляющими, которые зависят от вида кровли, нагрузок и выбора растительного материала [8].

Инновационная технология зеленых кровель привлекает все большее внимание в связи с ее тепло-экономическими преимуществами [6]. По данным аналитических оценок примерно 40% электро- и тепло — энергии расходуется на эксплуатацию зданий в мире. В 2018 году в МГСУ был произведен практический эксперимент по определению теплофизического сопротивления материалов кровельных слоев [1], в результате которого было выявлено, что теплоизоляционные качества здания можно улучшить на величину до 77% при помощи изменения кровельных слоев здания путем их озеленения. Основное преимущество использования зеленых кровель на крышах зданий — это экономия энергии на обогрев и охлаждение здания. На основании проведенных исследований, можно говорить об увеличении энергоэффективности общественных зданий более чем на 5% за счет сокращения затрат и теплопотерь при отоплении и кондиционировании зданий с «зелеными» крышами [5,7].

Для подтверждения вышеизложенных данных проведем сравнительный теплотехнический расчет традиционного кровельного покрытия и «зеленой» кровли для г. Сочи в соответствии с требованиями СП 50.1330.2012 «Тепловая защита зданий» и СП 131.13330.2020 «Строительная климатология». Характеристики материалов кровельных слоев двух вариантов представлены в таблице 1.

Требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, отвечающих санитарно-гигиеническим и комфортным условиям, рассчитывается по СП 50.13330.2012.

$$R_{0,т} = (t_{в} - t_{оп}) \cdot Z_{оп}, [^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}], \tag{1}$$

где  $t_{оп}$ ,  $Z_{оп}$  — средняя температура наружного воздуха, и продолжительность отопительного периода [сут/год]. Данные параметры принимаем по своду правил для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8°C.

В данном случае:

$$R_{0,т} = (t_{в} - t_{оп}) \cdot Z_{оп} = (18 - 6,6) \cdot 93 = 1060,2 \text{ } ^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут/год}$$

Нормативное значение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций (стен):

$$R_{0,н} = a \cdot R_{0,т} + b, [M^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}], \tag{2}$$

где  $a$  и  $b$  — коэффициенты, значения которых принимают по табл. 3 СП 50.13330.2012 для соответствующих групп зданий. Для жилых зданий  $a = 0,00035$ ,  $b = 1,4$ .

$$R_{0,н} = 0,00035 \cdot 1060,2 + 1,3 = 1,67 [M^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}], \tag{3}$$

Фактическое сопротивление теплопередаче определяем по формуле:

$$R_0 = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \left( \frac{1}{\alpha_{в}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{н}} \right) \cdot r, \tag{3}$$

где  $r$  — коэффициент теплотехнической однородности ( $r = 1$ );

Таблица 1. Теплофизические характеристики материала слоев

№	Материал	Толщина слоя $\delta$ , м	Кэф-т теплопр., Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	Конструкция	$R_0$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт
Покрытие зеленой кровли					
1	Монолитная ж/б плита перекрытия	0,2	1,92		3,325
2	Пергамин на мастике	0,005	0,17		
3	Дренажная мембрана	0,0085	0,251		
4	Грунт (торф)	0,3	0,1		
Традиционное кровельное покрытие					
1	Железобетонное основание	0,2	1,92		1,712
2	Пергамин на мастике	0,005	0,17		
3	Минераловатная плита	0,07	0,052		
4	Цементно-песчаный раствор	0,02	0,76		
5	Изопласт ЭКП-5.02 слоя 8 мм	0,008	0,17		

$\delta_n$  и  $\lambda_n$  — толщина, м, и расчетный коэффициент теплопроводности материала  $n$ -го слоя, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), принимаемый с учетом условий эксплуатации конструкций по табл. Т1 СП 50.13330.2012;

$\alpha_v$  — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), принимаемый по табл. 4 СП 50.13330.2012;

$\alpha_n$  — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), принимаемый по табл. 6 СП 50.13330.2012.

В рассматриваемом примере  $\alpha_v = 8,7$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С),  $\alpha_n = 23$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

Определяем фактическое сопротивление теплопередаче  $R_0$  «зеленой» кровли:

$$R_0 = 1/8,7 + 0,104 + 0,029 + 0,034 + 3 + 1/23 = 3,325 \text{ [м}^2\text{·°С/Вт]}$$

Определим фактическое сопротивление теплопередаче  $R_0$  традиционного кровельного покрытия, предварительно вычислив требуемую толщину утеплителя, равную 0,07 м.

$$R_0 = 1/8,7 + 0,2/1,92 + 0,005/0,17 + 0,07/0,052 + 0,02/0,76 + 0,008/0,17 + 1/23 = 1,712 \text{ [м}^2\text{·°С/Вт]}$$

По таблице 3 СП 50.13330.2012 в зависимости от градуса суток отопительного периода:

Расчетный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающих конструкций не превышает нормируемой величины.

Исходя из полученных результатов термических сопротивлений двух типов кровли, можно сделать вывод что наиболее эффективным является «зеленый» тип кровельного покрытия. На основании расчетов можно сделать предварительный вывод об эффективности применения конструкций «зеленой» кровли в покрытиях зданий на основании сравнения эффективности ее использования по сравнению с традиционным решением.

Устройство эксплуатируемой зеленой кровли решает такие задачи как повышение энергоэффективности, благоустройство и озеленение городского ландшафта [9]. Грамотное проектирование «зеленой» кровли с учетом всех требований к покрытию зданий, учета климатических условий и нагрузок на перекрытия и ее современное и комфортное благоустройство в большой степени может компенсировать нехватку природных пространств на уровне земли, которых с каждым годом лишаются крупнейшие города в процессе роста темпов урбанизации.

## Литература:

1. Аксенов И. С., Сысоева Е. В. «Зеленые кровли, как решение ряда экологических проблем современной городской среды», журнал Инновации и инвестиции, № 9 2018.
2. В. Д. Тухарели, А. В. Тухарели, Ю. В. Ли «Экологическое строительство как инновационный подход в строительной индустрии» // Инженерный вестник Дона, № 3 (2018).
3. Дувинг с. «Зеленые» здания в России и за рубежом // ЮНИДО в России.— 2012.— № 8 С. 72–79.
4. Жадан/ О. В. Экологические преимущества устройства кровель с применением технологии озеленения / О. В. Жадан, Л. А. Смирнова // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения.— 2019.— С. 14–17.
5. Исследование зеленой кровли в покрытиях зданий общественного назначения/ Сысоева Е. В., Гельманова М. О.//Архитектура и градостроительство № 2 (76) 2018.
6. Копылова А. И. Энергетическая эффективность здания с применением технологии «зеленая кровля» /Копылова А. И., Богомолова А. К., Немова Д. В. // «Строительство уникальных зданий и сооружений».— 2016.-10 (49),— с. 20–34.
7. Российская академия наук. Изменение окружающей среды и климата: Природные и связанные с ними техногенные катастрофы. Главный редактор, академик Н. П. Лавёров. Москва, ИГЕМ РАН, 2007.
8. Сысоева Е. В., Москвитина Л. В. / Эффективность применения «зеленых» крыш на территории России // Инновации и инвестиции. 2021. № 10. С. 251–259.
9. Шамарина А. А. Эксплуатируемые кровли как средство городского дизайна // Вестник Пермского Национального Исследовательского Политехнического университета. Урбанистика. 2012. № 4(8). С. 47–59.
10. Швалев М. Д., Мальцева И. Н. / Эксплуатируемые кровли как фактор устойчивого развития городов. В: Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2020; № 3 (46) стр. 89–9.

# Молодой ученый

Международный научный журнал  
№ 25 (472) / 2023

Выпускающий редактор Г. А. Кайнова  
Ответственные редакторы Е. И. Осянина, О. А. Шульга, З. А. Огурцова  
Художник Е. А. Шишков  
Подготовка оригинал-макета П. Я. Бурьянов, М. В. Голубцов, О. В. Майер

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.  
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.  
При перепечатке ссылка на журнал обязательна.  
Материалы публикуются в авторской редакции.

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

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

ISSN-L 2072-0297

ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый». 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

Номер подписан в печать 05.07.2023. Дата выхода в свет: 12.07.2023.

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

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

Фактический адрес редакции: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: [info@moluch.ru](mailto:info@moluch.ru); <https://moluch.ru/>

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.