



АКТУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 2713-1513

#22 (204), 2024

часть I

Актуальные исследования

Международный научный журнал

2024 • № 22 (204)

Часть I

Издается с ноября 2019 года

Выходит еженедельно

ISSN 2713-1513

Главный редактор: Ткачев Александр Анатольевич, канд. социол. наук

Ответственный редактор: Ткачева Екатерина Петровна

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

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

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей.

При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Абидова Гулмира Шухратовна, доктор технических наук, доцент (Ташкентский государственный транспортный университет)

Альборад Ахмед Абуди Хусейн, преподаватель, PhD, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

Аль-бутбахак Башшар Абуд Фадхиль, преподаватель, PhD, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

Альхаким Ахмед Кадим Абдуалкарем Мухаммед, PhD, доцент, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

Асаналиев Мелис Казыкеевич, доктор педагогических наук, профессор, академик МАНПО РФ (Кыргызский государственный технический университет)

Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, проректор по научной работе, профессор, директор НИИ биогеографии и ландшафтной экологии (Дагестанский государственный педагогический университет)

Бафоев Феруз Муртазоевич, кандидат политических наук, доцент (Бухарский инженерно-технологический институт)

Гаврилин Александр Васильевич, доктор педагогических наук, профессор, Почетный работник образования (Владимирский институт развития образования имени Л.И. Новиковой)

Галузо Василий Николаевич, кандидат юридических наук, старший научный сотрудник (Научно-исследовательский институт образования и науки)

Григорьев Михаил Федосеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (Арктический государственный агротехнологический университет)

Губайдуллина Гаян Нурахметовна, кандидат педагогических наук, доцент, член-корреспондент Международной Академии педагогического образования (Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова)

Ежкова Нина Сергеевна, доктор педагогических наук, профессор кафедры психологии и педагогики (Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого)

Жилина Наталья Юрьевна, кандидат юридических наук, доцент (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

Ильина Екатерина Александровна, кандидат архитектуры, доцент (Государственный университет по землеустройству)

Каландаров Азиз Абдурахманович, PhD по физико-математическим наукам, доцент, декан факультета информационных технологий (Гулистанский государственный университет)

Карпович Виктор Францевич, кандидат экономических наук, доцент (Белорусский национальный технический университет)

Кожевников Олег Альбертович, кандидат юридических наук, доцент, Почетный адвокат России (Уральский государственный юридический университет)

Колесников Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент (Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова)

Копалкина Евгения Геннадьевна, кандидат философских наук, доцент (Иркутский национальный исследовательский технический университет)

Красовский Андрей Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАЕН и АИН (Уральский технический институт связи и информатики)

Кузнецов Игорь Анатольевич, кандидат медицинских наук, доцент, академик международной академии фундаментального образования (МАФО), доктор медицинских наук РАГПН,

профессор, почетный доктор наук РАЕ, член-корр. Российской академии медико-технических наук (РАМТН) (Астраханский государственный технический университет)

Литвинова Жанна Борисовна, кандидат педагогических наук (Кубанский государственный университет)

Мамедова Наталья Александровна, кандидат экономических наук, доцент (Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова)

Мукий Юлия Викторовна, кандидат биологических наук, доцент (Санкт-Петербургская академия ветеринарной медицины)

Никова Марина Александровна, кандидат социологических наук, доцент (Московский государственный областной университет (МГОУ))

Насакаева Бакыт Ермекбайкызы, кандидат экономических наук, доцент, член экспертного Совета МОН РК (Карагандинский государственный технический университет)

Олешкевич Кирилл Игоревич, кандидат педагогических наук, доцент (Московский государственный институт культуры)

Попов Дмитрий Владимирович, доктор филологических наук (DSc), доцент (Андижанский государственный институт иностранных языков)

Пятаева Ольга Алексеевна, кандидат экономических наук, доцент (Российская государственная академия интеллектуальной собственности)

Редкоус Владимир Михайлович, доктор юридических наук, профессор (Институт государства и права РАН)

Самович Александр Леонидович, доктор исторических наук, доцент (ОО «Белорусское общество архивистов»)

Сидикова Тахира Далиевна, PhD, доцент (Ташкентский государственный транспортный университет)

Таджибоев Шарифджон Гайбуллоевич, кандидат филологических наук, доцент (Худжандский государственный университет им. академика Бободжона Гафурова)

Тихомирова Евгения Ивановна, доктор педагогических наук, профессор, Почётный работник ВПО РФ, академик МААН, академик РАЕ (Самарский государственный социально-педагогический университет)

Хайтова Олмахон Саидовна, кандидат исторических наук, доцент, Почетный академик Академии наук «Турон» (Навоийский государственный горный институт)

Цуриков Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент (Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС))

Чернышев Виктор Петрович, кандидат педагогических наук, профессор, Заслуженный тренер РФ (Тихоокеанский государственный университет)

Шаповал Жанна Александровна, кандидат социологических наук, доцент (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

Шошин Сергей Владимирович, кандидат юридических наук, доцент (Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского)

Эшонкулова Нуржахон Абдужабборовна, PhD по философским наукам, доцент (Навоийский государственный горный институт)

Яхшиева Зухра Зиятовна, доктор химических наук, доцент (Джиззакский государственный педагогический институт)

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

Рысин А.В., Никифоров И.К., Бойкачёв В.Н.

ПОДГОНКИ ПОД РЕЗУЛЬТАТ В КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ И ФИЗИКЕ. ПАРАДОКС
ТУННЕЛЬНОГО ЭФФЕКТА ПРИ ХОЛОДНОЙ ЭМИССИИ. ЧАСТЬ 36

НЕФТЯНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Цапалов А.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА СЫРЬЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА
КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА УЗКИХ ФРАКЦИИ 21

Шафеев Н.М.

ПИНЧ-АНАЛИЗ – КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В
НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ 24

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Попов К.С.

ИССЛЕДОВАНИЕ САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО
СИНТЕЗА SiALON С ПРИМЕНЕНИЕМ АЗИДА НАТРИЯ И ГАЛОИДНЫХ СОЛЕЙ 27

Попов К.С.

ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И МОРФОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ ИЗ СВС-
СИСТЕМ, С ПРИМЕНЕНИЕМ АЗИДА НАТРИЯ И ГАЛОИДНЫХ СОЛЕЙ ПО
ТЕХНОЛОГИИ СВС 31

Рогаль И.О.

РАСЧЕТ СТАК-ЭФФЕКТА В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ И КАК ОН ВЛИЯЕТ НА
СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ 35

Терентьев И.Н.

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК РЕВЕРБЕРАЦИОННОЙ КАМЕРЫ МЕТОДОМ
ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ 38

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Евстифеева С.А., Борисов Н.П.

МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РАЗРАБОТКЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЧЕТНОСТИ ПО УЧЕТУ ТРУДОЗАТРАТ
СОТРУДНИКОВ ИТ-КОМАНД 44

Парсин А.А., Алтынова Э.Р.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ И МОНИТОРИНГА КРИ
ПРОИЗВОДСТВА 47

Сафонов В.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ УЯЗВИМОСТЕЙ И МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ ДАННЫХ В ОБЛАЧНЫХ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ХРАНИЛИЩАХ 51

АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО

Мамаев О.А.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРЕДПРОЕКТНОЙ ПРОРАБОТКИ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ ВЫСОТ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ МЕСТ РАСПОЛОЖЕНИЯ
ОБЪЕКТОВ..... 55

Ткаченко Е.К.

ОБЗОР ВИДОВ ПОДКЛЮЧЕНИЯ РАДИАТОРОВ ОТОПЛЕНИЯ..... 66

ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Симбирева И.Д., Шматова В.М.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СРЕЗАННЫХ ЦВЕТОВ 70

ФИЗИКА

РЫСИН Андрей Владимирович

радиоинженер, АНО «НТИЦ «Техком», Россия, г. Москва

НИКИФОРОВ Игорь Кронидович

доцент, кандидат технических наук,
Чувашский государственный университет, Россия, г. Чебоксары

БОЙКАЧЁВ Владислав Наумович

директор, кандидат технических наук, АНО «НТИЦ «Техком», Россия, г. Москва

ПОДГОНКИ ПОД РЕЗУЛЬТАТ В КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ И ФИЗИКЕ. ПАРАДОКС ТУННельНОГО ЭФФЕКТА ПРИ ХОЛОДНОЙ ЭМИССИИ. ЧАСТЬ 3

Аннотация. Статья является продолжением анализа подгонок под результат, которые используются в квантовой механике и физике при описании физических процессов. Приведена и выведена логика решения этих парадоксов, в частности парадокс туннельного эффекта при холодной эмиссии. Показано, какие допущенные стереотипы мешали дальнейшему развитию физики на основе классики.

Ключевые слова: теория Бора, СТО и ОТО Эйнштейна, улучшенные уравнения Максвелла, принцип Гюйгенса-Френеля, принцип неопределённости Гейзенберга, система уравнений Дирака, теория водородоподобного атома, уравнение Шрёдингера.

В публикациях [1, с. 12-32; 2, с. 5-26] мы подробно показали, какие подгонки под результат были допущены при определении первой боровской орбиты по теории Бора и при вычислении спектра водородоподобного атома. Главной ошибкой Бора был отказ от излучения электронов при движении на дискретных орбитах вокруг протона, что противоречило законам электродинамики. Именно отсутствие излучения, как и поглощения, электромагнитной энергии атомом означает его полную замкнутость на себя, и в этом случае его обнаружить в нашем Мироздании невозможно. Кроме того, в этом случае должна наблюдаться полная нейтральность атома, так как любая разность потенциалов между ядром и электронами означает наличие сил притяжения и отталкивания, а это связано с ускорениями, дающими излучение и поглощение, что опять противоречит отсутствию излучения и поглощения на дискретных орбитах. Чтобы уйти от наличия ускорений с исключением излучения, был предложен принцип

неопределённости Гейзенберга с отсутствием определённости по значениям потенциальной и кинетической энергии. Иными словами, если нет определённости в значении энергий, то нет и ускорений. Это также послужило внедрению в квантовую механику туннельного эффекта прохождения через потенциальный барьер. Соответственно в [1, с. 12-32; 2, с. 5-26] мы выявили причину совпадения практических результатов с данными подгонками под результат.

Как уже отмечалось в [1, с. 12-32; 2, с. 5-26] данные подгонки являются результатом отсутствия понимания логики возникновения физических законов от простого состояния к сложному состоянию. Физический закон воспринимался в качестве постулата, и не рассматривалась причина его появления. Отсюда, чтобы получить совпадение теории с практикой стали использоваться способы «сшивания решений» с наличием неких постулатов. В классической электродинамике такой метод «сшивания решений» относится к рассмотрению процессов

на границе раздела сред. Какие парадоксы при этом возникают и как они решаются мы описали в [2, с. 5-26]. Недостаток метода «сшивания решений» в том, что результат зависит от того, какие начальные условия (иной раз необоснованные) принимаются за основу, что и даёт подгонку под результат. Однако есть противоречия, которые невозможно решить на основе даже таких подгоночных подходов. Например, искривление прохождения света в так называемом гравитационном поле (результат представления пространства и времени через ОТО Эйнштейна) нельзя описать на основе принципа замедления движения света, так как это противоречит СТО Эйнштейна. Действительно, если бы свет имел замедление в так называемом гравитационном поле (среде распространения), то он повторял бы свойства частиц. Для корпускулярных частиц суть замедления связана с торможением. Однако свет при выходе из более плотной оптической среды продолжает движение со скоростью света, а частица – нет. Это говорит о том, что замедление скорости света связано не с торможением, а со взаимодействием с элементами оптически плотной среды через поглощение и излучение, что и интерпретируется как торможение. Результатом подтверждения этого является принцип Гюйгенса-Френеля с наличием вторичных источников возбуждения в так называемом вакууме. Более того, интерференция света с учётом принципа суперпозиции привела бы к исчезновению электромагнитного поля при сложении в противофазе, и дальнейшее распространение света было бы невозможно. Действительно, компенсация электромагнитных составляющих в противофазе даёт ноль, и если исключить преобразование электромагнитных составляющих в нечто иное (в нашем случае в составляющие пространства и

времени), то распространения дальше в последующем не будет. Но этого не наблюдается, что также говорит о наличии взаимодействия света со средой с поглощением и излучением, отсюда и требование к наличию вторичных (сторонних или фиктивных) источников излучения по принципу Гюйгенса-Френеля. Иными словами, так называемое гравитационное поле представляет собой корпускулярно-волновой объект, который характеризуется корпускулярными свойствами через значения электрической (ϵ_0) и магнитной (μ_0) проницаемостей, а волновые электромагнитные свойства определяются вторичными источниками поглощения и излучения. Иными словами, мы имеем общий пространственно-временной и электромагнитный континуум, где любой объект Мироздания должен обладать электромагнитными и пространственно-временными свойствами. Взаимодействие через излучение и поглощение приводит к изменению направления движения света, а исчезновение электромагнитного поля и появление его вновь связано с преобразованием кинетической энергии в потенциальную энергию, и, наоборот (без преобразования нет и причин для изменений). Это говорит о том, что при решении задач необходимо учитывать принципы физического взаимодействия любого объекта со средой, что и было показано нами в [1, с. 12-32; 2, с. 5-26] с исключением парадоксов.

Как было отмечено выше, в квантовой механике к методу «сшивания решений» добавился и вероятностный подход. Здесь для обоснования запрета на излучение придумали движение электрона не по орбите, а в виде орбиталей (оболочек), получаемых вероятностным образом в виде волновых функций по принципу неопределённости Гейзенберга (рис. 1).

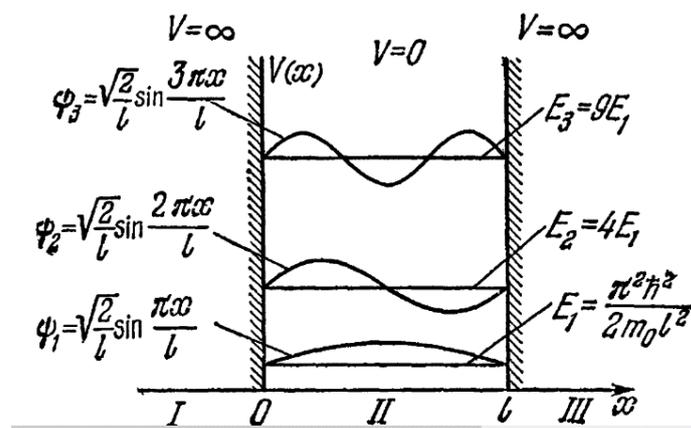


Рис. 1. Частица в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками

Соответственно приводим ссылку из [3, с. 114]: «Хотя представление об орбитах, как и вообще представление о траекториях микрочастиц, является *неправомерным*, момент, обусловленный движением электронов в атоме, называют орбитальным». Читатель, с нормальным логическим мышлением, сразу обратит внимание на парадокс, при котором волновой вид определяется закономерностью детерминированного физического закона, а он явно противоречит вероятности, которая исключает любую закономерность, а значит и физический закон. В действительности вероятность ввели для того, чтобы убрать физический закон, связанный с излучением при детерминированном движении электрона по орбите вокруг протона, но представили при этом волновую функцию в

качестве основы для вероятности, что говорит уже о наличии физического закона, а он требует интерпретации и связи с другими законами. При наличии закона любое волновое движение не может обойтись без изменения направления с наличием ускорений и замедлений в соответствии с наличием волнового вида (отсутствие детерминированной закономерности – это «белый шум»), а это опять должно давать излучение и поглощение. Иными словами, от чего ушли, к тому и пришли. Но, чтобы оправдать некоторые свойства типа холодной эмиссии, на основе вероятности, при «сшивании решений», придумали телепортацию через потенциальный барьер и назвали его туннельным эффектом [4, с. 89] (рис. 2).

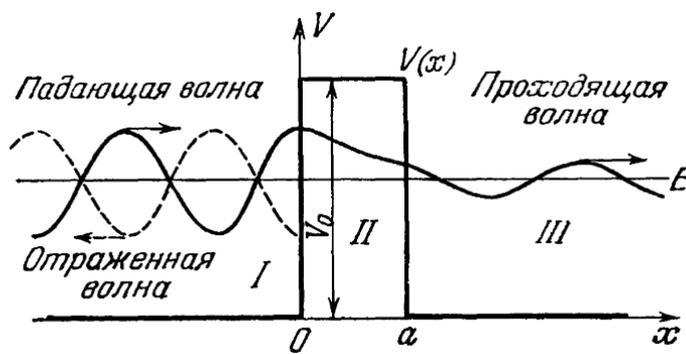


Рис. 2. Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер прямоугольной формы

А это означает, что опровергли разом необходимость СТО Эйнштейна и необходимость наличия любых физических законов. При этом значение волновой функции должно иметь на границе раздела сред максимальное значение, что противоречит минимуму функции по рисунку 1, из которого также видно, что для волновых функций со значением с величиной E_1 и E_3 наибольшая вероятность будет в том самом месте, где должен находиться протон. При этом понятно, что с классической точки зрения туннельный эффект представляется абсурдным, так как частица «находящаяся в туннеле» должна была бы обладать отрицательной кинетической энергией (в туннеле $E < V$). Однако этот парадокс не смутил учёных, они заявили, что туннельный эффект – явление специфически квантовое, не имеющее аналога в классической физике. Они посчитали, что в квантовой механике деление полной энергии на кинетическую энергию и потенциальную энергию не имеет смысла, так как противоречит даже принципу неопределённости Гейзенберга [5, с. 69]. То есть наличие таких чудес «узаконили»

на основании соотношения неопределённостей Гейзенберга в силу неопределённости значения импульса, а значит и невозможности определить точные значения кинетической и потенциальной энергии. Иными словами, раз значение импульса определить точно невозможно, значит, и говорить о наличии излучения или поглощения невозможно, – нет величин оценки. По сути дела, это есть отказ от необходимости разграничения на противоположности в каждом объекте Мироздания. Далее обман с подгонкой под результат в физике и квантовой механике идёт по возрастающему процессу, так как отсутствие закономерностей означает наличие любых чудес.

Однако многие учёные утверждают, что благодаря такому подходу удалось получить совпадение теоретических результатов с практическими результатами, и мол, поэтому это подтверждает «истину» таких введений вероятности в законы физики. То есть было как бы теоретически и практически доказано, что классический подход в физике исключает наличие совпадения результатов практики и теории аж

на два порядка. Поэтому нам необходимо раскрыть, каким образом получались результаты, совпадающие с практикой даже при вероятностном подходе, и с чем связано расхождение с классикой.

Доказательство практической необходимости наличия туннельного эффекта в квантовой механике связывают с холодной эмиссией,

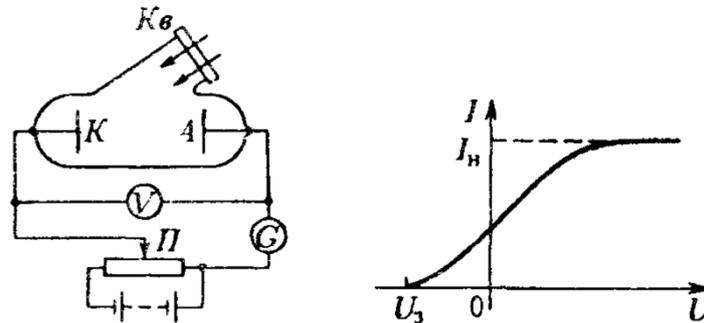


Рис. 3. Опыт по фотоэффекту

Пологий ход кривой на рисунке 3 указывает на то, что электроны вылетают из катода с различными по величине скоростями. Доля электрона, отвечающая силе тока при $U = 0$, обладает скоростями, достаточными для того, чтобы долететь до анода «самостоятельно», без помощи ускоряющего поля. Для обращения силы тока в нуль нужно приложить задерживающее напряжение U_s . При таком напряжении ни одному из электронов, даже обладающему при вылете из катода наибольшим значением скорости v_m , не удастся преодолеть задерживающее поле и достигнуть анода. Поэтому можно написать, что:

$$m_0 v_m^2 / 2 = e_0 U_s, \quad (1)$$

где m_0 – масса электрона. Таким образом, измерив, задерживающее напряжение U_s , можно определить максимальное значение скорости фотоэлектронов. Собственно, сам эффект подобен явлению Зеебека [7, с. 215] с той лишь разницей, что в этом случае вместо второго разнородного материала выступает вакуум.

К 1905 г. было выяснено, что максимальная скорость фотоэлектронов не зависит от интенсивности света, а зависит только от его частоты – увеличение частоты приводит к возрастанию скорости. Установленные экспериментально зависимости не укладываются в рамки классических представлений. Например, скорость фотоэлектронов по классическим понятиям должна возрастать с амплитудой, а следовательно, и с интенсивностью электромагнитной волны. Собственно вывод, о том, что есть противоречие с классикой и интенсивность не может влиять на скорость, является

поэтому разберём, что же послужило причиной такого понимания. Вначале остановимся на таком явлении как фотоэффект [6, с. 34]. Отметим, что фотоэффектом называется испускание электронов веществом под действием света. Это явление было открыто Г. Герцем в 1887 г. В 1898 г. Леонард и Томсон провели усовершенствованный опыт (рис. 3).

надуманной, так как если приложить к веществу напряжённость постоянного электрического поля, то мы будем наблюдать ток, что видно по холодной эмиссии. Суть независимости от напряжённости связана именно с переменным электромагнитным полем при отсутствии нагрева, так как положительные значения волны компенсируют отрицательные значения, а вот частота обеспечивает резонанс электронов на соответствующих уровнях, что и даёт выход фотоэлектронов. То есть противоречий с классикой нет, если учитывать резонансные явления перехода электронов с одной орбиты на другую.

В 1905 г. Эйнштейн показал, что все закономерности фотоэффекта легко объясняются, если предположить, что свет поглощается такими же порциями hf (квантами), какими он, по предположению Планка, испускается. По мысли Эйнштейна, энергия, полученная электроном, доставляется ему в виде кванта hf , который усваивается им целиком. Часть этой энергии, равная работе выхода W , затрачивается на то, чтобы электрон мог покинуть вещество. Если электрон освобождается светом не у самой поверхности, а на некоторой глубине, то часть энергии, равная E_0^* , может быть потеряна вследствие случайных столкновений в веществе. Остаток энергии образует кинетическую энергию E_k электрона, покинувшего вещество. Энергия E_k будет максимальна, если $E_0^* = 0$. В этом случае должно выполняться соотношение:

$$hf = m_0 v_m^2 / 2 + W. \quad (2)$$

Это соотношение называется формулой

Эйнштейна. Из формулы (2) следует условие, что для возникновения фотоэффекта необходимо выполнение условия:

$$f \geq f_0 = W/h. \quad (3)$$

Частота f_0 называется красной границей фотоэффекта. Заметим, что лишь малая часть квантов передаёт свою энергию фотоэлектронам. Энергия остальных квантов затрачивается на нагревание вещества, поглощающего свет. Собственно здесь нет противоречий с классической физикой, если рассматривать простейшую модель металла как свободный электронный газ, движущийся в потенциальной яме по рисунку 1 внутри которой потенциальная энергия $V = 0$, а вне, то есть в вакууме, $V = V_0 > 0$.

Понятно, что здесь необходимо также обосновать значение потенциальной энергии для потенциальной ямы в которой находится так называемый электронный газ, что будет рассмотрено несколько ниже. Однако, по версии учёных, в классической теории модель «электронного газа», применяемая в теории газов, встретила большие затруднения при построении теории теплоёмкости. Суть здесь в том, что при версии «электронного газа», согласно известной теореме классической статистической механики о равномерном распределении энергии по степеням свободы, средняя кинетическая энергия электрона равна:

$$E_{cp} = 3/2k_6T. \quad (4)$$

где k_6 – постоянная Больцмана.

Отсюда видно, что доля каждого свободного электрона в общей теплоёмкости такая же, как и свободного атома:

$$c_V^{эл} = \partial E_{cp}/\partial T = 3/2k_6. \quad (5)$$

Это противоречит экспериментальным фактам, согласно которым теплоёмкость одноатомного металла определяется лишь теплоёмкостью атомов решётки, то есть свободные электроны в первом приближении никакого вклада в теплоёмкость металла не вносят. Собственно расхождение с классикой для свободного электронного газа связано с тем, что электроны нижних слоёв в атоме не имеют свободного движения, как это можно было рассматривать при «электронном газе», а значит, не могут иметь соответствующую скорость, зависящую от температуры. Это противоречие было разрешено Зоммерфельдом, который показал, что к электронам в металле необходимо применить не классическую статистику «электронного газа» с функцией распределения:

$$f_p = A \exp[-E/(k_6T)], \quad (6)$$

а статистику Ферми-Дирака с функцией распределения:

$$f_{Ф.-Д} = 1/[(1/A) \exp[E/(k_6T) + 1]]. \quad (7)$$

Иными словами, благодаря значению A функция распределения для свободных электронов ограничивается. Принцип получения данной функции распределения основывается на следующих предположениях [8, с. 178]. При абсолютном нуле в каждом из состояний, энергия которых не превышает $E_F(0)$, находится один электрон; в состояниях с $E > E_F(0)$ электроны отсутствуют. Следовательно, функция распределения электронов по состояниям с различной энергией имеет при абсолютном нуле вид, показанный на рисунке 4.

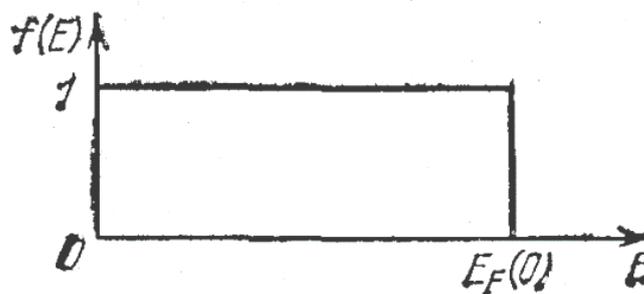


Рис. 4. Распределение электронов в веществе при температуре абсолютного нуля [9, с. 147]

Однако, наличие температуры $T = 0$ возможно только с точки зрения наличия электромагнитного вакуума [9, с. 147], так как в рамках теории Шредингера можно объяснить лишь вынужденные переходы, происходящие в результате взаимодействия электронов атома с внешней электромагнитной волной. Спонтанные же переходы, из возбуждённых энергетических состояний в более низкие состояния, как это признаётся в квантовой механике, остаются в

этом случае фактически необъяснёнными, поскольку отсутствует внешнее воздействие, которое могло бы привести к этим переходам. Действительно, если атом не излучает, то, следовательно, электрон не может потерять энергию. То есть атомы в случае наличия электронов на дискретных орбитах (в квантовой механике это оболочки в виде орбиталей) не могут излучать, в силу постулатов Бора и отсутствия определённости в кинетической и

потенциальной энергии атомов. Вакуум, как «пустота» по современной классике, в случае отсутствия в нём частиц, также не может формировать классические электромагнитные волны, так как нет противоположностей в виде зарядов. Соответственно здесь кроется парадокс, при котором атом по вероятностной квантовой механике не может излучать на дискретных орбитах нахождения электронов, одновременно нет в вакууме (как пустоты), и способов получения электромагнитной волны из ничего. И естественно, чтобы выйти из этого парадокса придумали **виртуальные** фотоны, которые образуются и исчезают в так называемом **электромагнитном вакууме (пустоте) по принципу неопределённости Гейзенберга**. То есть учёные утвердили чудо возникновения из ничего и исчезновения в ноль.

Иными словами, если закон сохранения количества нарушается в промежутки времени сопоставимые с выполнением соотношения неопределённости Гейзенберга, то это, мол, не означает нарушение законов физики. Понятно, что наша теория [10] позволила разрешить это противоречие, но для этого потребовалось развить как философию, так и физику с математикой. При этом вакуум не является пустотой, а представляет собой взаимодействие объектов из двух противоположностей, отражённых через время и длину, что интерпретируется как наличие зарядов в соответствии с трактовкой Фейнмана при определении им связи силы Лоренца с силой Кулона. Это даёт электромагнитный континуум [11, с. 5-28] в сочетании с пространственно-временным континуумом с наличием взаимосвязи между элементами времени и длины (представлены рядами с подчинением СТО Эйнштейна) через обмен электромагнитными составляющими. При этом находит объяснение принцип Гюйгенса-Френеля при огибании волной препятствия и искривлении прохождения света в так называемом гравитационном поле (пространственно-временное искривление по СТО и ОТО Эйнштейна). Соответственно в нашем случае всегда есть взаимодействие атомов вещества с так называемым вакуумом в виде пространства и времени через обмен электромагнитными составляющими с получением состояния термодинамического равновесия в соответствии с формулой Планка.

Таким образом, в отличие от вероятностной квантовой механики, у нас температура, связанная с условием термодинамического

равновесия по формуле Планка между противоположностями длины и времени, так называемого вакуума, есть всегда. Соответственно здесь не требуется чудом возникающая в атоме нулевая энергия $E_0 = 1/2hf$, по соотношению неопределённости Гейзенберга. И это связано с необходимостью и непрерывностью процесса обмена в динамике всех объектов Мироздания, какими также являются пространство и время. В противном случае будут объекты, полностью замкнутые на себя и такие объекты ни с чем не взаимодействуют, а значит, не могут быть обнаружены. Понятно, что наличие таких констант как электрическая и магнитная проницаемость, характеризующие пространство и время при пустоте (вакууме) в уравнениях Максвелла просто бы не могли существовать. Поэтому рисунок 4 с наличием температуры равной нулю представляет собой некоторую абстракцию.

С учётом сказанного найдём функцию распределения электронов в веществе при температуре, отличной от нуля. В квантовой механике следуя Кителю [12, с. 789] рассматриваются неупругие столкновения равновесного электронного газа с атомом примеси (фактически столкновения с передачей или отдачей энергии), внедрённым в кристаллическую решётку металла. В этом случае допускается, что атом примеси может находиться лишь в двух состояниях, энергию которых полагают равным 0 и ϵ . Понятно, что состояние с энергией равной 0 является некоторой абстракцией даже по вероятностной квантовой механике, где $E_0 = 1/2hf$. Из множества процессов столкновений рассматривается тот, в результате которого электрон переходит из состояния k с энергией E в состояние k^* с энергией $E+\epsilon$. Атом примеси переходит при этом с уровня с энергией ϵ на уровень с энергией, равной нулю. Вероятность перехода $k(E) \rightarrow k^*(E+\epsilon)$ пропорциональна:

1. вероятности $f_p(\epsilon)$ того, что состояние $k(E)$ занято электроном;
2. вероятности $[1-f_p(E+\epsilon)]$ того, что состояние $k^*(E+\epsilon)$ свободно;
3. вероятности $p(\epsilon)$ того, что атом примеси находится в состоянии с энергией ϵ .

Таким образом:

$$P_{kk^*} \Rightarrow f_p(E)[1 - f_p(E + \epsilon)]p(\epsilon). \quad (8)$$

здесь знак \Rightarrow означает пропорциональность. Вероятность обратного процесса пропорциональна выражению:

$$P_{k^*k} \Rightarrow f_p(E + \epsilon)[1 - f_p(E)]p(0). \quad (9)$$

где $p(0)$ – вероятность того, что атом примеси

находится в состоянии с энергией равной нулю. Еще раз подчеркнём, что такого состояния с энергией равной нулю нет и в квантовой механике, нулевая энергия атома равна $E_0 = 1/2hf$. В противном случае в вероятностной квантовой механике электрон упал бы на ядро. Иными словами, мы имеем некоторый начальный нулевой уровень отсчёта.

отсюда имеем:

$$\{f_p(E + \varepsilon)/[1 - f_p(E + \varepsilon)]\}\{[1 - f_p(E)]/f_p(E)\} = p(\varepsilon)/p(0) = e^{-\varepsilon/(kT)}. \quad (11)$$

здесь учитывается, что вероятности нахождения примеси на уровнях 0 и ε подчиняются закону распределения Больцмана. Функциональное уравнение (11) должно выполняться при любой температуре T . Это произойдёт, если положить:

$$[1 - f_p(E)]/f_p(E) = e^{-(E-\mu_n)/(kT)}, \quad (12)$$

где μ_n – величина, не зависящая от E . Фактически, с помощью величины μ_n сделали нормировку.

Как мы показывали в [2, с. 5-26], между глобальными противоположностями существует термодинамическое равновесие, связанное с распадом в одной противоположности и синтезом в другой противоположности в виде уравнения: $f_p(x)/[1 - f_p(x)] = e^{-x}/(1 - e^{-x})$, что соответствует формуле Планка $f_p(x)/[1 - f_p(x)] = 1/(e^x - 1)$. Введение величины μ_n соответственно изменяет уровень в функции распределения Больцмана. В результате получим:

$$f_p(E + \varepsilon)/[1 - f_p(E + \varepsilon)] = e^{-[(E+\varepsilon)-\mu_n]/(kT)}. \quad (13)$$

Понятно, что произведение выражений (12) и (13) при любой температуре равно $e^{-\varepsilon/(kT)}$. То есть определяется энергетическим уровнем перехода, но при этом из-за значения μ_n

Далее предполагается принцип детального равновесия, согласно которому в состоянии статистического равновесия число переходов системы из состояния 1 в состояние 2 равно числу обратных переходов из состояния 2 в состояние 1. Отсюда в равновесном состоянии вероятности переходов $\mathbf{k} \rightarrow \mathbf{k}^*$ и $\mathbf{k}^* \rightarrow \mathbf{k}$ должны быть одинаковыми. Следовательно,

$$f_p(E)[1 - f_p(E + \varepsilon)]p(\varepsilon) = f_p(E + \varepsilon)[1 - f_p(E)]p(0). \quad (10)$$

рассматриваем равновесное распределение относительно иного уровня. Иными словами, как бы исключаем из обмена и взаимодействия некоторые нижележащие уровни для электронов. Решив уравнение (12) относительно $f_p(E)$, получим для функции распределения электронов по состояниям с различной энергией выражение:

$$f_p(E) = 1/[e^{(E-\mu_n)/(kT)} + 1]. \quad (14)$$

Это выражение называется функцией распределения Ферми-Дирака. Параметр μ_n носит название химического потенциала. Одновременно имеющий размерность энергии параметр μ_n часто обозначается через E_F и называется уровнем Ферми или энергией Ферми.

В соответствии со смыслом функции (14) величина $f_p(E)$ представляет собой среднее число электронов $\langle n_\mu \rangle$, находящихся в состоянии с энергией E . Поэтому формуле (14) можно придать вид:

$$\langle n_\mu \rangle = 1/[e^{(E-E_F)/(kT)} + 1]. \quad (15)$$

при этом параметр E_F имеет положительные значения. Соответственно распределение электронов при уровне Ферми показано на рисунке 5.

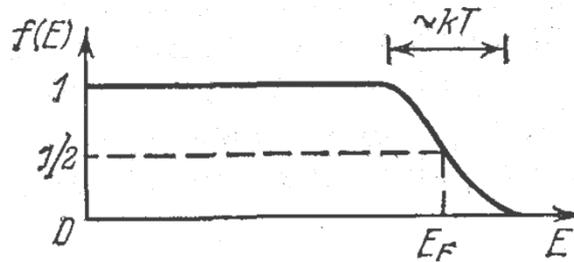


Рис. 5. Распределение электронов при уровне Ферми [13, с. 75]

Физический смысл уровня Ферми в квантовой механике выводится из следующих соображений [13, с. 75]. Предполагается наличие трёхмерной потенциальной ямы кубической формы с длиной стороны L , при этом составляющие импульса $\mathbf{p}_u = \hbar\mathbf{k}$, будут связаны с целыми числами n_1, n_2, n_3 характеризующими энергетический уровень соотношениями:

$$p_x = 2\pi\hbar n_1/L, \quad p_y = 2\pi\hbar n_2/L, \quad p_z = 2\pi\hbar n_3/L. \quad (16)$$

далее учитывается, что на единственный интервал квантовых чисел ($\Delta n_1 = \Delta n_2 = \Delta n_3 = 1$). Отсюда имеем:

$$\Delta n_1 \Delta n_2 \Delta n_3 = L^3 d^3 p / (8\pi^3 \hbar^3). \quad (17)$$

при этом на один уровень приходится лишь два электрона.

Поэтому, если в единице объёма находится

ρ_0 электронов, то максимальный импульс, которым может обладать электрон при абсолютном нуле температуры ($T=0$) с учётом нахождения двух электронов на одном уровне, определяется из соотношения:

$$\rho_0 = 2/L^3 \sum \Delta n_1 \Delta n_2 \Delta n_3 = 2 \times 4\pi / (8\pi^3 \hbar^3) \int_0^{p_{max}} p^2 dp / (3\pi^2 \hbar^3) \quad (18)$$

отсюда имеем:

$$P = p_{max} = \hbar(3\pi^2 \rho_0)^{1/3}. \quad (19)$$

соответствующая максимальная кинетическая энергия электронов равна:

$$E_{max} = E_F = p_{max}^2 / (2m_0) = \hbar^2 (3\pi^2 \rho_0)^{2/3} / (2m_0) \quad (20)$$

Мы видим, что здесь расчёт максимальной кинетической энергии в атомах приравнивается к уровню Ферми при температуре равной нулю, что соответствует рисунку 4. При этом схема заполнения электронных уровней в металле изображена на рисунке 6.

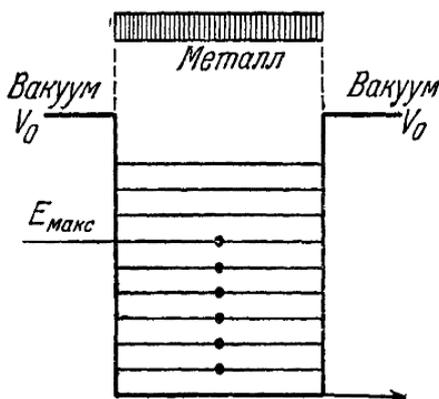


Рис. 6. Модель потенциальной ямы для металла.

E_{max} – верхняя граница заполненных уровней при $T = 0$ (энергия Ферми)

Понятно, что здесь парадокс уже в том, что нет способа определения, каким образом и откуда берётся энергия для электронов в атоме для достижения уровня Ферми и выше уровня нулевой энергии по соотношению неопределённостей Гейзенберга. Если из вакуума, то есть пустоты, то это – чудо, так как передача энергии от возникающих виртуальных фотонов должна сопровождаться таким же отъёмом энергии по закону сохранения количества энергии. В противном случае вакуум должен обладать резервуаром кинетической энергии, но тогда должна быть реальная материальная основа, а при пустоте её нет.

В нашей теории вакуум не пустота, и он состоит из объектов Мироздания, выраженных через пространственно-временное искривление со связью элементов через электромагнитные составляющие от электронных и мюонных нейтрино (антинейтрино), и в этом случае есть материальная основа для кинетической энергии по формуле Планка.

В принципе определение уровня энергии Ферми велось с использованием чисто классических основ физики. Поэтому оценим значение энергии Ферми, например, для серебра. Плотность серебра равна 10,5, атомный вес 107,9. Считая, что число свободных электронов равняется числу атомов серебра в единице

объёма, имеем:

$$\rho_0 = 10,5 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} / 107,9 = 5,8 \cdot 10^{22}. \quad (21)$$

здесь используется число Авогадро, то есть число атомов в одном грамм-атоме, равное $6,02 \times 10^{23}$. Отсюда по формуле (20) находим, что:

$$E_F = \hbar^2 (3\pi^2 \rho_0)^{2/3} / (2m_0) = 8,5 \cdot 10^{-12} \text{ эрг} = 5,3 \text{ эВ}. \quad (22)$$

Теперь можно объяснить, почему электронный газ вносит очень малый вклад в теплоёмкость металлов. Средняя тепловая энергия, равная по порядку величины kT , составляет при комнатной температуре 1/40 эВ. Такая энергия может возбудить только электроны, находящиеся на самых верхних уровнях, прилегающих к уровню Ферми. Основная масса электронов, размещённых на более глубоких уровнях, останется в прежних состояниях, и поглощать энергию при нагревании не будет. Таким образом, в процессе нагревания металла участвует лишь незначительная часть электронов проводимости, чем и объясняется малая теплоёмкость электронного газа в металлах. Пользуясь известным определением среднего значения энергии электрона в металле при $T = 0$ получим выражение:

$$E_{cp}^0 = 2 / (\rho_0 2m_0 8\pi^3 \hbar^3) \int_0^{p_{max}} p^2 dp = 3/5 E_F \quad (23)$$

Поскольку для серебра работа выхода $W = 3,7$ эВ, то глубина потенциальной ямы в серебре

оказывается равной $V_0 = 9$ эВ. Исходя из описанной модели (рис. 6), мы видим, что для вырывания электрона из металла необходимо сообщить ему энергию, не меньшую, чем работа выхода:

$$W = V_0 - E_F. \quad (24)$$

При этом электрон может покинуть металл, обладая кинетической энергией по формуле (2). Отсюда следует, что работа выхода W есть

минимальная энергия, которую нужно затратить, чтобы энергия электрона стала больше высоты потенциального барьера. Однако, от чего зависит значение работы выхода W и за счёт чего образуется потенциальная яма? Вероятностная квантовая механика не может дать ответа на этот вопрос в силу того, что мы имеем вариант орбиталей (оболочек) электрона в атоме по рисунку 7.

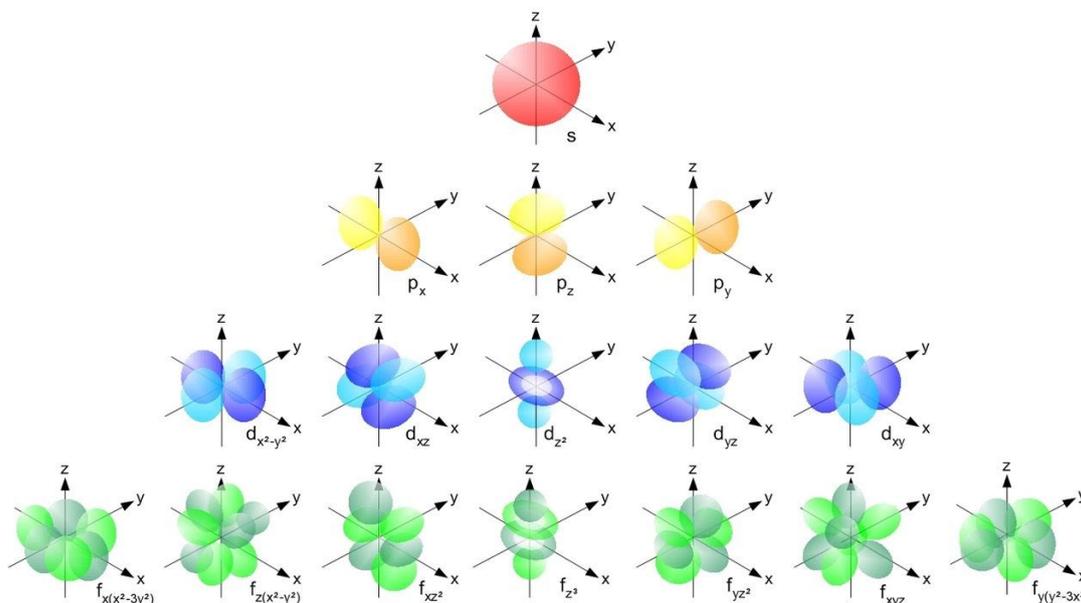


Рис. 7. Орбитали для атомов

При этом в силу неопределённости значения импульса исключается излучение электронов на орбиталях. Действительно, как известно электрические силы от одного заряда

замыкаются на другом заряде (рис. 8), то есть атом представляет собой статическую модель с отсутствием электрического поля вне оболочки.

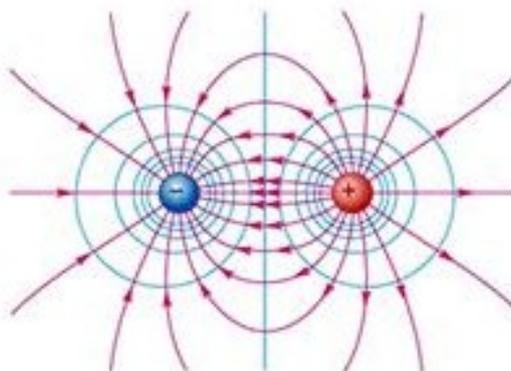


Рис. 8. Взаимодействие двух зарядов

Действительно, если бы атом имел бы вне оболочки положительный заряд (на рисунке 1 – это значение $V \rightarrow \infty$, а на рисунке 2 это уже значение V_0), то было бы отталкивание атомов друг от друга за счёт положительного заряда. Если бы атом имел отрицательный заряд, то шло бы отталкивание атомов за счёт отрицательного заряда. Иными словами,

математическая модель с наличием поля для потенциальной ямы, связанного с зарядами, абсурдна с самого начала, что означает, что силовые линии всегда замыкаются с одного заряда на другой. Ещё одним парадоксом в вероятностной квантовой механике является то, что динамика изменения местоположения электрона в вероятностной оболочке за счёт

телепортации должна бы приводить к изменению силовых электрических линий в пространстве. А это не может происходить быстрее скорости света, и запаздывание, в соответствии с законами электродинамики, должно приводить к излучению.

Таким образом, вероятностная модель орбиталей электронов является абсурдной изначально. Отсюда мы вновь приходим к необходимости варианта нашей теории с обеспечением взаимодействия на основе электронных и мюонных нейтрино (антинейтрино) с преобразованием кинетической энергии в потенциальную энергию и, наоборот, в соответствии с усовершенствованными уравнениями Максвелла – от простого к сложному [14, с. 32-58].

Однако, каким образом происходит удержание электронов в веществе, если сами атомы являются электрически нейтральными? Понятно, что в этом случае взаимодействие за счёт обмена между так называемыми противоположными зарядами в веществе должно быть выше, чем взаимодействие с внешними объектами. Соответственно ставится вопрос, а за счёт чего такой обмен внутри вещества выше? По нашей теории [10] пространственно-временное искривление, которое характеризует потенциальную энергию в одной противоположности, в другой противоположности

представляется кинетической энергией в соответствии с СТО и ОТО Эйнштейна. Это означает, что в этом случае из-за пространственно-временного искривления большей величины, чем это есть в вакууме, есть избыток электронных и мюонных нейтрино (антинейтрино) при обмене между так называемыми противоположными зарядами, что позволяет удерживать электроны, находящиеся выше уровня Ферми. И вот именно эта дополнительная энергия обмена и представляет так называемую энергию (работу) выхода.

Собственно, на наличии пространственно-временного искривления на основе констант электрической и магнитной проницаемости, которые в нашей теории связаны с формулами СТО и ОТО Эйнштейна и строится теория гравитации. Если увеличивать кинетическую энергию электронного газа путём нагревания металла, то некоторая часть электронов может иметь энергию, превышающую потенциальную энергию обмена, благодаря чему возникает ток из металла. Это явление получило название термоэлектронной эмиссии. Однако возникновение тока электронов возможно и при низких температурах под влиянием постоянного внешнего электрического поля напряжённости \mathcal{E}_n , приложенного к поверхности проводника по направлению к ней (рис. 9).

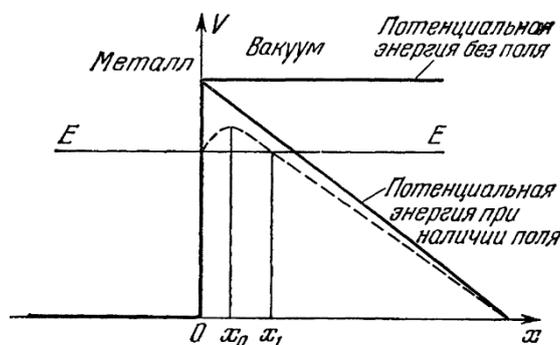


Рис. 9. Потенциальная энергия электрона в металле без поля и при наличии внешнего электрического поля. Штриховой линией показан ход потенциальной кривой с учётом сил электрического изображения

Выше мы отмечали, что некорректно говорить о наличии потенциальной ямы в виде электрического поля вне атома, однако, мы сейчас рассматриваем парадоксы, допущенные в классической и квантовой механике. Поэтому будем придерживаться подхода, сделанных в этих теориях и разъяснять противоречия, допущенные в них. В этом случае, в соответствии с рисунком 9, потенциальная энергия заряда

$(-e_0)$ равна:

$$V(x) = V_0 - e_0 \mathcal{E}_n x. \tag{25}$$

Далее делается предположение, что помимо внешнего электрического поля на электрон действует так называемая сила электрического изображения. То есть здесь рассматривается вариант, когда электрон, обладая зарядом $(-e_0)$ создаёт в металле индуцированный заряд $(+e_0)$ (рис. 10).

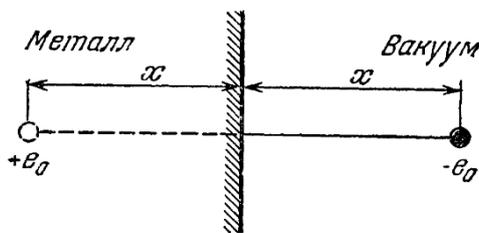


Рис. 10. Силы электрического изображения: на находящийся вне металла электрон действуют силы притяжения индуцированным зарядом

Полная сила, действующая на электрон в металле, при этом вычисляется по формуле:

$$F(x) = e_0 \mathcal{E}_н - e_0^2 / (4x^2). \quad (26)$$

Иными словами, имеется противодействие выходу электрона из металла за счёт силы электрического изображения.

Понятно, что такой подход с наличием сил электрического изображения был бы

правильным, если не было приложения к металлу внешнего электрического поля. Действительно, приложение к металлу внешнего электрического поля, а в данном случае эту роль представляют электрические заряды вне металла, будет приводить к возникновению в металле эллиптических орбит с наличием электрических диполей (рис. 11).

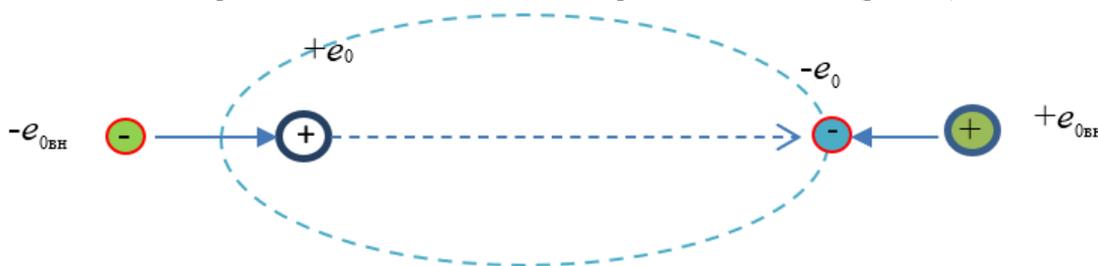


Рис. 11. Создание электрических диполей с эллиптическим движением по орбите электрона вокруг протона при наличии внешнего электрического поля $\mathcal{E}_н$

Иными словами, при наличии внешнего электрического поля никаких сил электрического изображения быть не может, а прилагаемое к металлу внешнее электрическое поле внутри металла (при компенсации внешнего электрического поля), должно приводить к ослаблению обмена между положительными и отрицательными зарядами из-за эллиптических орбит, что способствует снижению работы выхода электронного газа в металле. При этом влияние внешнего электрического поля происходит на все электроны в атоме вещества (формируются диполи), а не только на электронный газ верхних оболочек.

Таким образом, в формуле (26) не учитывается ослабление величины работы выхода за счёт получения эллиптических орбит на всех слоях, так как время связи, с ослаблением самой связи, при обмене на больших расстояниях увеличивается пропорционально смещению x получаемому в эллипсе (по сравнению с круговыми орбитами), а на малых расстояниях уменьшается. Это связано с тем, что заряды являются константами и по нашей теории определяют количественную характеристику обмена электронными и мюонными нейтрино

(антинейтрино) в соответствии с системой усовершенствованных уравнений Максвелла, замещающих систему уравнений Дирака в квантовой механике [14, с. 32-58]. Так как количество элементарных объектов (электронных и мюонных нейтрино и антинейтрино) при обмене ограничено (иначе заряд не константа), то соответственно усиленный обмен с внешними зарядами электрического поля может происходить только за счёт ослабления обмена с внутренними противоположными зарядами в атомах металла. Это должно приводить к дополнительной зависимости работы выхода от напряжённости внешнего электрического поля в виде зависимости $W(\mathcal{E}_н)$.

Для варианта, рассмотренного для классического подхода в квантовой механике, внешнее электрическое поле не влияет на работу выхода, то есть, по сути, имеем вариант исключения представления зарядов как констант, что связано с бесконечным числом элементарных объектов для обмена между противоположными зарядами, чего не наблюдается. При этом для классического подхода в квантовой механике эффективная потенциальная энергия, учитывающая силы электрического

изображения, была вычислена по формуле:

$$V_{\text{эфф}} = V_0 - e_0 \mathcal{E}_H x - e_0^2 / (4x). \quad (27)$$

соответственно здесь считается, что величина $V_{\text{эфф}}$ имеет максимум в точке x_0 (рис. 9):

$$\partial V_{\text{эфф}} / \partial x = -e_0 \mathcal{E}_H + e_0^2 / (4x_0^2). \quad (28)$$

отсюда:

$$x_0 = 1/2(e_0 / \mathcal{E}_H)^{1/2}. \quad (29)$$

причём максимальное значение $V_{\text{эфф}}$ меньше V_0 , так как:

$$V_{\text{max}} = V_0 - (e_0^3 \mathcal{E}_H)^{1/2} \quad (30)$$

В итоге, на основе взаимодействия только электронного газа за счёт сил так называемого электрического изображения была вычислена величина напряжённости электрического поля по формулам:

$$\begin{aligned} W^* &= W - (e_0^3 \mathcal{E}_H)^{1/2} = 0; \\ \mathcal{E}_H &= W^2 / e_0^3 \cong 2 \times 10^8 \text{ В/см}. \end{aligned} \quad (31)$$

Однако на опыте достаточно сильный ток появляется уже при поле $\mathcal{E}_H \sim 4 \times 10^5$ В/см (Милликен). Отсюда посчитали, что в рамках классической теории на основе сил электрического изображения невозможно объяснить с количественной стороны явление холодной эмиссии. Соответственно далее пошли по пути чудес через прохождение электрона сквозь потенциальный барьер [15, с. 71] на основе метода сшивания решений.

Как мы увидим далее, благодаря коэффициенту прозрачности D , при прохождении через потенциальный барьер, фактически была введена зависимость работы выхода от напряжённости внешнего электрического поля. При этом ни о каких силах «электрического изображения» при выводе коэффициента прозрачности речи не шло. О парадоксах связанных со сшиванием решений мы уже говорили в [2, с. 5-26]. Ниже мы также продолжим вскрывать парадоксы при использовании туннельного эффекта.

Рассмотрим потенциальный барьер прямоугольной формы высоты V_0 , и ширины, a (рис. 2). Барьер такой формы интересен в том отношении, что для него задача о туннельном эффекте (как считается в квантовой механике) допускает точное и вместе с тем простое решение. Кроме того, на его примере можно исследовать так называемое над барьерное отражение, когда энергия частицы E больше высоты барьера ($E > V_0$).

Пусть частица, энергия которой меньше высоты барьера ($E < V_0$), движется в условном направлении оси x . Тогда решения уравнения Шредингера [16] для каждой из трёх областей имеют вид:

$$\Psi_I = e^{ikx} + B_1 e^{-ikx} \text{ при } x < 0 \text{ область } I;$$

$$\Psi_{II} = A_2 e^{-\gamma x} + B_2 e^{\gamma x} \text{ при } 0 < x < a \text{ (область } II); \quad (32)$$

$$\Psi_{III} = A_3 e^{ik(x-a)} \text{ при } x > a \text{ (область } III).$$

здесь:

$$k^2 = 2m_0 E / \hbar^2; \quad \gamma^2 = 2m_0 (V_0 - E) / \hbar^2. \quad (33)$$

При этом коэффициент перед падающей волной e^{ikx} за счёт выбора нормировки положен равным единице. При этом величина $B_1 e^{ikx}$ характеризует отражённую волну, а справа от барьера ($x > a$) присутствует только прошедшая волна $A_3 e^{ikx}$.

Здесь отметим, что попытка представления движения частицы по рисунку 2 в виде падающей, отражённой и прошедшей волны имеет абстрактный характер, так как из волновой функции должна получаться величина вероятности нахождения частицы в том или ином месте. Соответственно одномерная и даже трёхмерная модель движения частицы не вписывается в условие движения без ускорений, что означает необходимость излучения и поглощения электромагнитной кинетической энергии.

Таким образом, даже при наличии неопределённости Гейзенберга для импульса изменение положения частицы должно сопровождаться изменением электрического поля между противоположными зарядами с соответствующим излучением. Кроме того, по рисунку 2 отражённая волна меняет фазу на отрицательное значение относительно энергии E . Если под волновой функцией Ψ понимать связь с вероятностью, то по логике мы должны иметь вариант, когда сумма от вероятностей отражённой и проходящих волн, должна равняться вероятности падающей волны. Собственно такой подход диктуется из характеристики величины туннельного эффекта через введение коэффициента прозрачности барьера, под которым понимается модуль отношения плотности потока частиц, прошедших через барьер к плотности потока падающих частиц:

$$D = \left| \frac{j_{\text{пр}}}{j_{\text{пад}}} \right|. \quad (34)$$

если теперь ввести коэффициент отражения, то имеем:

$$R = \left| \frac{j_{\text{отр}}}{j_{\text{пад}}} \right|. \quad (35)$$

из сравнения формул (34) и (35) следует, что сумма коэффициента прозрачности и коэффициента отражения равна единице:

$$D + R = \left| \frac{j_{\text{пр}}}{j_{\text{пад}}} \right| + \left| \frac{j_{\text{отр}}}{j_{\text{пад}}} \right| = 1. \quad (36)$$

при этом для определения потока частиц используется формула:

$j = ie_0\hbar/(2m_0)[(\partial\Psi^*/\partial x)\Psi - \Psi^*(\partial\Psi/\partial x)].$ (37)
здесь Ψ^* – комплексно-сопряжённая функция к Ψ .

Понятно, что сама формула (37) также имеет парадоксы, что было нами показано в [2, с. 5-26] в силу того, что перемножение комплексно-сопряжённых величин волновых функций $\Psi(\mathbf{r})\times\Psi^*(\mathbf{r})=e^{-ikr}\times e^{ikr}=e^0=1$ (это также получено и в квантовой механике). И здесь видно, что нет никакой зависимости константы от вероятности. То есть мы имеем плотность тока на основе движения заряженной частицы в двух направлениях в границах потенциальной ямы. Поэтому утверждение Борна, что под произведением $\Psi(\mathbf{r})\Psi^*(\mathbf{r})$ следует понимать плотность вероятности нахождения частицы в точке пространства с радиус-вектором \mathbf{r} , означает абсурд.

Однако продолжим исследование решения на основе вероятностной квантовой механики.

$$D = \left| \frac{j_{\text{пр}}}{j_{\text{пад}}} \right| = |A_3|^2 = 4k^2\gamma^2 / [(k^2 + \gamma^2)^2 \text{sh}^2(\gamma a) + 4k^2\gamma^2] = 4k^2\gamma^2 / \{[(k^2 + \gamma^2)^2 (e^{2\gamma a} - e^{-2\gamma a})/2] + 4k^2\gamma^2\}. \quad (42)$$

для достаточно широкого барьера, $\gamma a \gg 1$, из точного выражения (42), приближённо находим:

$$D \cong 16k^2\gamma^2 (e^{-2\gamma a}) / (k^2 + \gamma^2)^2 = 16[E(V_0 - E)](e^{-2\gamma a}) / V_0^2 = D_0 e^{-2\gamma a}. \quad (43)$$

при соответствующем значениях E и V_0 можем получить значение D_0 порядка единицы.

Подставляя в (43) значение γ из (33), можно коэффициент D записать в виде ($\gamma a \gg 1$):

$$D = D_0 e^{-2\gamma a} = D_0 \exp\{-2a[2m_0(V_0 - E)]^{1/2}/\hbar\}. \quad (44)$$

данный результат можно представить в виде:

$$2a[2m_0(V_0 - E)]^{1/2}/\hbar = 2/\hbar \int_0^a [2m_0(V_0 - E)]^{1/2} dx. \quad (45)$$

последний вариант записи позволяет иметь зависимость V_0 и E от x .

Из формулы (44) видно, что чем больше ширина потенциального барьера a , тем меньше величина D . Однако в этом случае снова имеем алогизм, связанный с тем, что плотность проходящего тока падает в интервале от $x=0$ до $x=a$, но при этом нет других преобразований или изменения направления плотности тока. Иными словами, получаем что заряды, характеризующие плотность тока, должны в потенциальном барьере исчезать, что противоречит первому правилу Кирхгофа (правило токов Кирхгофа), которое гласит, что алгебраическая сумма токов ветвей, сходящихся в каждом узле любой цепи, равна нулю. То есть зависимость плотности тока при телепортации в потенциальном поле барьера по формуле (37) – это чистая абстракция.

Соответственно теперь перейдём к преодолению потенциального барьера по рисунку 9. Отличие здесь от прямоугольного барьера в том, что помимо энергии E вводится ещё зависимость от значения напряжённости

Для определения неизвестных коэффициентов в решении (32) используют условие непрерывности волновой функции и её первой производной на границах барьера.

При $x=0$ имеем:

$$1 + B_1 = A_2 + B_2, \\ ik(1 - B_1) = \gamma(B_2 - A_2). \quad (38)$$

При $x=a$ имеем:

$$A_2 e^{-\gamma a} + B_2 e^{\gamma a} = A_3, \\ A_2 e^{-\gamma a} - B_2 e^{\gamma a} = -ikA_3/\gamma. \quad (39)$$

из последних двух уравнений находим:

$$A_2 = [1 - i(k/\gamma)]A_3 e^{\gamma a}/2, \\ B_2 = [1 + i(k/\gamma)]A_3 e^{-\gamma a}/2. \quad (40)$$

подставим A_2 и B_2 в уравнения (38) и исключая B_1 , получаем:

$$A_3 = 2/[2ch(\gamma a) + i(\gamma/k - k/\gamma)sh(\gamma a)]. \quad (41)$$

коэффициент прохождения D можно вычислить по общей формуле (34), используя коэффициент (41):

электрического поля \mathcal{E}_n . В этом случае коэффициент прозрачности равен:

$$D = \exp\{-2(2m_0)^{1/2}/\hbar \int_0^{x_1} [(V(x) - E)]^{1/2} dx\}. \quad (46)$$

интеграл в экспоненте должен быть взят по всей ширине барьера от точки $x=0$ до точки $x=x_1$, которая определяется из условия:

$$W = V_0 - E = e_0 \mathcal{E}_n x_1, \quad x_1 = (V_0 - E)/(e_0 \mathcal{E}_n). \quad (47)$$

Иными словами, из формулы (47) следует, что значение ширины барьера x_1 выбирается из условия равенства работы выхода W и величины $e_0 \mathcal{E}_n$, в то время как по классике с привлечением силы так называемого «электрического изображения» (приведённой в формуле (29)), эта величина полностью зависит от значения \mathcal{E}_n . Это означает, что если расчёт по формуле (47) с целью определения напряжённости электрического поля \mathcal{E}_n связан с преодолением величины работы выхода W , то расчёт по формуле (29) опирается на вычисление \mathcal{E}_n , связанного с преодолением величины силы кулоновского притяжения $e_0^2/(4\pi x^2)$ на основе сил «электрического изображения».

Однако подход по классике формулы (29) был бы приемлем, если бы дело касалось

электронов на орбитах, а не в виде электронного газа, когда значение kT уже обеспечивает преодоление этих сил и остаётся лишь преодолеть значение работы выхода. С учётом (47),

$$\int_0^{x_1} [(V(x) - E)]^{1/2} dx = \int_0^{x_1} [(V_0 - e_0 \mathcal{E}_n x - E)]^{1/2} dx = (e_0 \mathcal{E}_n)^{1/2} \int_0^{x_1} (x_1 - x)^{1/2} dx = 2/3 (e_0 \mathcal{E}_n)^{1/2} x_1^3. \quad (48)$$

окончательно для коэффициента прозрачности D получаем выражение:

$$D = \exp\{-4(2m_0)^{1/2} [(V_0 - E)]^{3/2} / (3\hbar e_0 \mathcal{E}_n)\} = \exp[-4(2m_0)^{1/2} W^{3/2} / (3\hbar e_0 \mathcal{E}_n)] = \exp(-W_0 / \mathcal{E}_n). \quad (49)$$

здесь W_0 – зависит от работы выхода W из металла свободных электронов (электронного газа).

Свободные электроны, преодолевшие барьер работы выхода, составляют ток холодной эмиссии пропорционально вычисленному коэффициенту прозрачности D согласно формуле:

$$j = j_0 D = j_0 \exp(-W_0 / \mathcal{E}_n). \quad (50)$$

отсюда следует, что холодная эмиссия должна наблюдаться при напряжённости электрического поля $\mathcal{E}_n \sim 10^5$ В/см, что хорошо согласуется с экспериментальными данными.

Полученный результат по формуле (50) можно считать чисто классическим, так как в коэффициенте прозрачности рассматривается вариант только на основе напряжённости электрического поля и работы выхода, и нет никакого преодоления потенциального барьера с телепортацией. Здесь значение x_1 можно рассматривать как необходимое расстояние прохождения пути электроном для приобретения энергии, равной работе выхода за счёт ускорения электрона под воздействием напряжённости электрического поля.

Повторим, что ошибка учёных при рассмотрении классического подхода в квантовой механике касалась того, что вместо преодоления электрическим полем величины работы выхода, рассматривалась величина преодоления сил притяжения противоположных зарядов, что и дало разницу на два порядка. Экспоненциальная зависимость тока также определяется экспоненциальной зависимостью распределения электронов по уровням энергии, только вместо значения kT берётся зависимость от напряжённости электрического поля, которая в течение расстояния x_1 обеспечивает разгон электронов электронного газа до величины, обеспечивающей преодоление работы выхода W . Иными словами, здесь уместно рассматривать сумму тепловой энергии kT с энергией электрического поля, обеспечивающей разгон электронов электронного газа до величины, обеспечивающей преодоление величины работы выхода.

Таким образом, если исходить из рисунка 5,

когда уже значение x_1 выбрано таким образом, что напряжённость электрического поля соответствует работе выхода, мы получаем:

то мы имеем как бы смещение уровня E_F в сторону больших значений до уровня V_0 за счёт энергии напряжённости электрического поля, пересчитанного в значение работы выхода W . Именно это и было сделано при вычислении коэффициента прозрачности, за счёт так называемого туннельного эффекта.

Отсюда следует вывод, что никаких парадоксов в классическом подходе нет. В вероятностном квантовом подходе с туннельным эффектом используется классический метод выхода электронов из металла на основе передачи кинетической энергии электронам от напряжённости электрического поля на промежутке длины x_1 и равенством энергии выхода. Ошибка была связана с использованием сил «электрического изображения» в классическом методе, что дало разницу в представлении сил, действующих на электрон и соответственно разницу в результатах на два порядка.

Литература

1. Рысин А.В., Никифоров И.К., Бойкачёв В.Н. Подгонки под результат в квантовой механике и физике // Часть 1. Межд. науч. журнал. «Актуальные исследования». № 51 (181), 2023, физика, Часть 1. С. 12-32.
2. Рысин А.В., Никифоров И.К., Бойкачёв В.Н. Подгонки под результат в квантовой механике и физике. Парадокс наличия в атоме нулевой энергии // Часть 2. Межд. науч. журнал. «Актуальные исследования». № 16 (198), 2024, физика, Часть 1. С. 5-26.
3. Савельев И.В. Курс общей физики. т. 3. – Москва: Наука, 1979. – С. 114.
4. Савельев И.В. Курс общей физики. т. 3. – Москва: Наука, 1979. – С. 89.
5. Савельев И.В. Курс общей физики. т. 3. – Москва: Наука, 1979. – С. 69.
6. Савельев И.В. Курс общей физики. т. 3. – Москва: Наука, 1979. – С. 34.
7. Савельев И.В. Курс общей физики. т. 3. – Москва: Наука, 1979. – С. 215.
8. Савельев И.В. Курс общей физики. т. 3. – Москва: Наука, 1979. – С. 178.

9. Соколов А.А., Тернов И.М., Жуковский В.Ч. Квантовая механика. – Москва: Наука, 1979. – С. 147.

10. Рысин А.В. Революция в физике на основе исключения парадоксов / А.В. Рысин, О.В.Рысин, В.Н. Бойкачев, И.К. Никифоров. – Москва: Техносфера, 2016. – 875 с.

11. Рысин А.В., Никифоров И.К., Бойкачев В.Н. Решение задачи восполнения испускаемой энергии при вращении электрона по орбите на основе силы Лоренца // Межд. науч. журнал. «Актуальные исследования». № 18 (148), 2023, физика, Часть 1. С. 5-28.

12. Кителъ Ч. Элементарная физика твёрдого тела // Наука, 2020. С. 789.

13. Соколов А.А., Тернов И.М., Жуковский В.Ч. Квантовая механика. – Москва: Наука, 1979. – С. 75.

14. Rysin A.V., Nikiforov I.K., Boykachev V.N. Transformation of improved Maxwell's equations (electronic and muonic neutrinos and antineutrinos) in equation of particle (electron and positron). "Sciences of Europe" (Praha, Czech Republic) /2022/ – № 88, vol. 1, P. 32-58.

15. Соколов А.А., Тернов И.М., Жуковский В.Ч. Квантовая механика. – Москва: Наука, 1979. – С. 71.

16. Соколов А.А., Тернов И.М., Жуковский В.Ч. Квантовая механика. – Москва: Наука, 1979. – С. 44.

RYSIN Andrey Vladimirovich

Radioengineer, ANO "NTIC "Techcom", Russia, Moscow

NIKIFOROV Igor Kronidovich

Associate Professor, Candidate of Technical Sciences,
Chuvash State University, Russia, Moscow

BOYKACHEV Vladislav Naumovich

Director, Candidate of Technical Sciences, ANO "NTIC "Techcom",
Russia, Moscow

THE FITTING OF THE RESULT IN QUANTUM MECHANICS AND PHYSICS. THE PARADOX OF THE TUNNEL EFFECT IN COLD EMISSION. PART 3

Abstract. *The article is a continuation of the analysis of result adjustments that are used in quantum mechanics and physics in describing physical processes. The logic of solving these paradoxes is presented and derived, in particular, the paradox of the tunnel effect in cold emission. It is shown which accepted stereotypes prevented the further development of physics based on the classics.*

Keywords: *Bohr's theory, Einstein's SRT and GRT, Maxwell's improved equations, Huygens-Fresnel principle, Heisenberg's uncertainty principle, the Dirac system of equations, the theory of the hydrogen-like atom, the Schrodinger equation.*

НЕФТЯНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

ЦАПалов Алексей Сергеевич

студент, Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Россия, г. Казань

*Научный руководитель – доцент кафедры химической технологии переработки нефти и газа
Казанского национального исследовательского технологического университета,
канд. техн. наук Мурзин Виктор Михайлович*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА СЫРЬЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА УЗКИХ ФРАКЦИИ

Аннотация. В статье рассматриваются режимы каталитического риформинга в зависимости от состава сырья.

Ключевые слова: каталитический риформинг, ксилол, технология, бензин.

Каталитический риформинг является базовым процессом современных нефтеперерабатывающих заводов, нацеленных на производство высокооктанового бензина и продуктов дальнейшей нефтехимии. Процесс риформинга широко развит по всему миру, разработано множество типов катализаторов для разных целей и условий проведения процесса. Сырьё установок каталитического риформинга – прямогонные фракции с температурой кипения от 85°C до 180°C, предварительно прошедшее через установку гидроочистки [1, с. 256-164]. Применение сырья с температурой начала кипения ниже 85°C нецелесообразно, так как это влечёт повышенное газообразование из-за процессов гидрокрекинга, при этом снижается эффективность ароматизации, т. к. углеводороды C₆ ароматизируются наиболее трудно. Кроме того, использование такого сырья приведёт к непроизводительной загрузке реактора балластными фракциями. Наличие в сырье фракций, выкипающих выше 180 °C, нежелательно по причине интенсификации коксообразования, влекущего дезактивацию катализатора риформинга [2]. В зависимости от необходимого продукта, сырьем могут служить более узкие фракции, которые определяются назначением процесса.

В данной статье будет рассмотрен вариант каталитического риформинга узкой фракции

105–127°C. Для исследования выбрана именно данная фракция, т. к. в ней высокое содержание суммарных ксилолов. Ксилолы являются важным крупнотоннажным продуктом и обладают высоким спросом в процессах современной нефтехимии. Так, метаксилолы применяются в качестве растворителей лаков, фаласов, мастик и др., используются в синтезе красителей. Параксилол применяется как сырьё для синтеза терефталевой кислоты – полупродукта для получения полиэтилентерефталата. Ортоксилол используется в производстве диоктилфталатов и других эфиров фталевой кислоты – пластификаторов для ПВХ [3, с. 216-226].

В составе сырья для каталитического риформинга выделяют четыре основных класса углеводородов: парафины, нафтены, олефины и ароматические углеводороды. В зависимости от процентного содержания каждого класса меняются свойства продукта каталитического риформинга, такие как октановое число, вязкость, плотность, содержание серы и содержания азота [4].

Для исследования влияния состава сырья на продукт каталитического риформинга было проведено математическое моделирование процесса. Модель построена в программном обеспечении AspenHysys, её адекватность подтверждена сравнением расчётных и фактических параметров [5; 6, с. 5-14]. Математическая

модель представляет из себя поток сырья, поток ВСГ, установку гидроочистки, смежные потоки, установку каталитического риформинга

и конечный продукт установки. Визуальное изображение модели в AspenHusys представлено на (рис.).

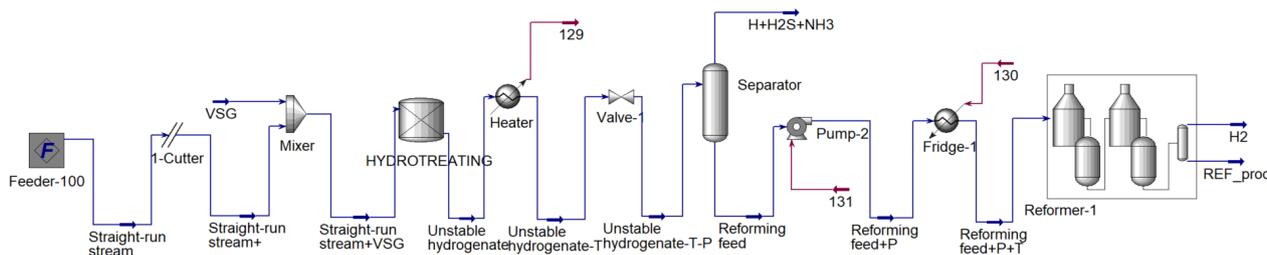


Рис. Математическая модель в программном обеспечении AspenHusys

В модели рассчитаны четыре вида сырья, где первый вариант наиболее приближен к реальному составу прямогонной фракции 105–127°C, нефтеперерабатывающих заводов Приволжского округа. Второй, третий, четвёртый виды основываются на первый вариант. В данных вариантах увеличены содержание класса углеводородов, т. к. во втором варианте

увеличено содержание ароматических углеводородов, в третьем – нафтенов, в четвертом – парафинов. Содержание олефинов в каждом варианте сырья остается неизменным. В составе сырья ксилолы практически полностью отсутствуют.

Более подробно по классовое содержание углеводород в сырье представлено в таблице 1.

Таблица 1

Состав сырья

№	Объемное содержание класса, %об.			
	Парафины	Олефины	Нафтены	Ароматические углеводороды
1	30,00	20,00	30,00	20,00
2	25,00	20,00	25,00	30,00
3	25,00	20,00	40,00	15,00
4	40,00	20,00	25,00	15,00

В математической модели были установлены следующие параметры процесса [7, с. 113-140]:

- Количество реакторов – 3 шт.
- Средневзвешенная температура процесса – 490°C.
- Давление на входе в первый реактор – 3,2 МПа.

- Мольное отношение водорода к сырью – 3:1

Основными критериями риформата являются его октановое число и плотность, содержание различных ксилолов. Характеристики риформата, полученные в результате проведения математического моделирования, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристики риформата

Характеристики риформата	Продукт №1	Продукт №2	Продукт №3	Продукт №4
Плотность, град. API	40,55	39,06	40,54	42,43
ОЧИМ	114,58	118	112,56	112,6
ОЧММ	87,50	89,63	85,98	86,43
О-ксиллол, %моль.	12,06	10,22	13,41	12,46
М-ксиллол, %моль.	24,09	20,31	26,89	24,89
П-ксиллол, %моль.	6,22	5,23	6,96	6,43
Суммарное содержание ксилолов, %моль.	42,37	35,76	47,26	43,78
Кинематическая вязкость, сСт	0,608	0,604	0,629	0,598
Парафины, %об.	19,27	15,75	19,89	22,76
Олефины, %об.	0,64	0,56	0,62	0,75
Нафтены, %об.	2,22	1,3	3,28	2,63
Ароматические углеводороды, %об.	77,55	82,07	75,94	73,54

Исследование влияния состава сырья на эффективность процесса каталитического риформинга фракции 105–127°C продемонстрировало прямую зависимость выхода ксилолов от состава сырья.

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы: с целью получения ксилолов каталитическому риформингу стоит подвергать фракцию 105–127°C. Для увеличения выхода необходимо применять сырье с увеличенным содержанием нафтен. Увеличенное содержание парафинов не влияет на количественное содержание ксилолов в риформате. Наименее эффективным сырьем для данной цели подходит сырье, обогащенное ароматическими углеводородами, но это сырье отлично подходит для получения высокооктанового бензина.

Литература

1. Гуреев А.А. Производство высокооктановых бензинов / А.А. Гуреев – М.: Химия, 1981. С. 256-264.
2. Исследование влияния состава сырья на эффективность процесса каталитического риформинга Е.И. Кондрашева Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.С. Чернякова.
3. Магарил Р.З. «Теоретические основы химических процессов переработки нефти» учебное пособие. – М.: КДУ, 2010. С. 216-226.
4. Мануйлова Е.В., Федоров В.И., Лисицын Н.В. Оптимизация процессов разделения в производстве ксилолов // Известия СПбГТИ (ТУ). 2011. № 10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-protseessov-razdeleniya-v-proizvodstve-ksilolov> (дата обращения: 22.05.2024).
5. ASPENHYSYS 2006. Documentation. Cambridge(USA): AspenTech, 2006.
6. Кондрашева Н.К., Абдульминев К.Г., Кондрашев Д.О. «Процесс каталитического риформинга бензина» учебное пособие. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2006. С. 5-14.
7. Суханов В.П. «Каталитические процессы в нефтепереработке». – 3-изд., перераб. И доп. – М.: Химия, 1979. С. 113-140.

TSAPALOV Alexey Sergeevich

student, Kazan National Research Technological University, Russia, Kazan

Scientific Advisor – Associate Professor of the Department of Chemical Technology of Oil and Gas Refining at Kazan National Research Technological University, Candidate of Technical Sciences
Murzin Viktor Mikhailovich

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE COMPOSITION OF RAW MATERIALS ON THE EFFICIENCY OF THE PROCESS OF CATALYTIC REFORMING OF NARROW FRACTIONS

Abstract. *The article discusses the modes of catalytic reforming depending on the composition of raw materials.*

Keywords: *catalytic reforming, xylene, technology, gasoline.*

ШАФЕЕВ Нияз Мирхатович

магистрант, Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Россия, г. Казань

Научный руководитель – доцент Казанского национального исследовательского технологического университета, канд. техн. наук Черкасова Елена Игоревна

Научный руководитель – доцент Казанского национального исследовательского технологического университета, канд. техн. наук Салахов Илшат Илгизович

**ПИНЧ-АНАЛИЗ – КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД
К ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ**

Аннотация. Статья посвящена исследованию методологии пинч-анализа как комплексного подхода к оптимизации энергопотребления в нефтеперерабатывающей промышленности. Рассматриваются фундаментальные принципы и алгоритмы проведения пинч-анализа, а также анализируются современные тенденции и инновационные разработки в данной сфере, включая научный вклад российских специалистов. Подчеркивается актуальность пинч-анализа в контексте перехода к устойчивому развитию энергетического сектора и его значимость для повышения конкурентоспособности российских нефтеперерабатывающих предприятий на глобальном рынке.

Ключевые слова: пинч-анализ, энергоэффективность, нефтепереработка, рекуперация тепла, оптимизация.

Нефтеперерабатывающая промышленность является одним из наиболее энергоемких секторов мировой экономики. В условиях растущей озабоченности изменением климата и необходимостью перехода к устойчивой энергетике, оптимизация энергопотребления становится критически важным фактором для повышения конкурентоспособности и экологической ответственности предприятий.

Пинч-анализ – это методология, используемая для оптимизации энергозатрат в процессах, связанных с теплообменом. В нефтепереработке, где нагрев и охлаждение играют ключевую роль, пинч-анализ является ценным инструментом для повышения эффективности и

снижения негативного воздействия на окружающую среду [1].

Суть методологии пинч-анализа

Пинч-анализ основан на следующих ключевых принципах:

1. Температурный пинч-поинт (точка пинча): Это точка с минимальной разницей температур между горячим и холодным потоками. Она определяет теоретически достижимый минимум потребления энергии.

2. Композитные кривые: Графическое представление тепловых потоков в зависимости от температурных показателей. Позволяет визуализировать потенциал рекуперации тепла и определить целевые значения энергозатрат (рис. 1).

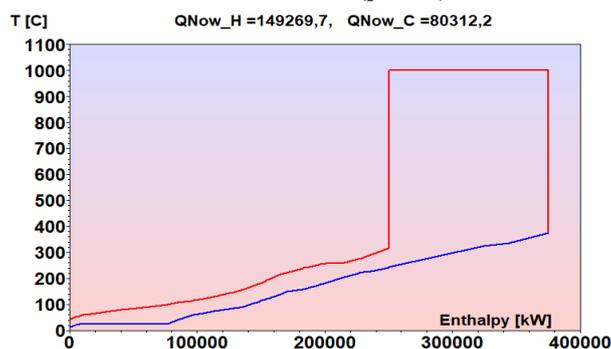


Рис. 1. Композитная кривая установки ЭЛОУ АВТ

3. Сети теплообменников: Разработка оптимальной конфигурации теплообменников для

достижения максимальной рекуперации тепла и минимизации потребления энергии (рис. 2).

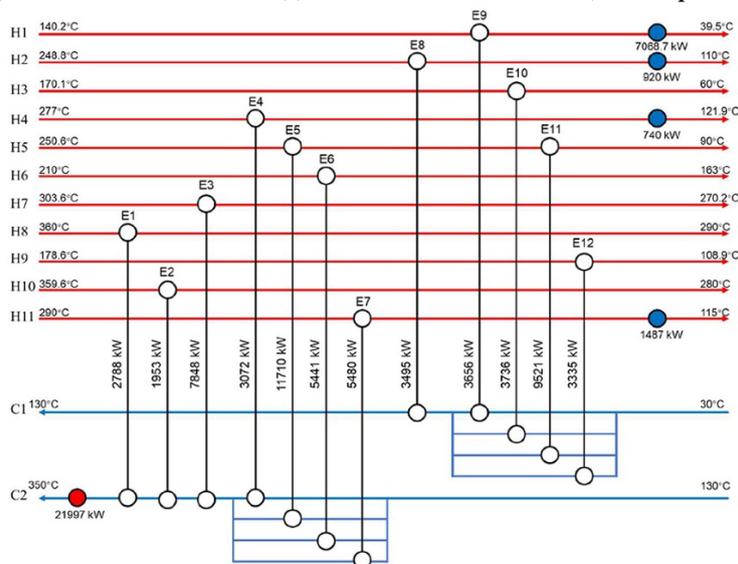


Рис. 2. Диаграмма взаимосвязи теплообменников

К этапам проведения методологии пинч-анализа относятся:

1. Сбор данных: Консолидация информации о материальных потоках, теплообменниках и источниках энергии.
2. Построение композитных кривых: Определение тепловых потоков горячих и холодных потоков в зависимости от температуры.
3. Определение пинч-пойнта: Нахождение точки с минимальной разницей температур.
4. Разработка сети теплообменников: Выбор оптимальных типов и размеров теплообменников, минимизирующих потребление энергии.
5. Оценка экономической эффективности: Расчет экономии энергии и затрат на реализацию предложенных мероприятий.

В России пинч-анализ активно исследуется и применяется в различных отраслях промышленности, включая нефтепереработку. Научные изыскания направлены на развитие и адаптацию методологии к условиям отечественной промышленности. Некоторые из ключевых направлений исследований включают:

- Разработка специализированного программного обеспечения: В России создаются программные комплексы, позволяющие автоматизировать проведение анализа и упростить его использование для инженеров [1, 2].
- Интеграция с технологическими процессами: Исследования направлены на

оптимизацию теплообменных сетей с учетом специфики конкретных технологических процессов, таких как ректификация, гидрокрекинг и каталитический риформинг [3].

- Применение пинч-анализа для модернизации существующих установок: Разработка методик для анализа и оптимизации теплообменных сетей на действующих предприятиях, с учетом ограничений и возможностей модернизации.
- Учет экологических аспектов: Исследования направлены на оценку влияния данного метода на снижение выбросов парниковых газов и других загрязняющих веществ.

Пинч-анализ успешно применяется на российских нефтеперерабатывающих заводах, приводя к значительной экономии ресурсов и снижению негативного воздействия на окружающую среду [4, с. 297-303].

- ОАО «ТАИФ-НК»: Проект по оптимизации энергозатрат на установке гидрокрекинга позволил снизить потребление пара на 15%.
- ПАО «ЛУКОЙЛ»: Внедрение пинч-анализа на нефтеперерабатывающем заводе в Перми привело к экономии топлива на 10%.
- ООО «КИНЕФ»: Проект по модернизации теплообменной сети на установке каталитического риформинга позволил снизить энергозатраты на 20%.

К преимуществам пинч-анализа относятся:

- Значительная экономия энергии и ресурсов: Потенциал снижения энергозатрат может достигать 20–50%, что приводит к существенной экономии средств.

- Уменьшение капитальных затрат: Оптимизация сети теплообменников позволяет снизить затраты на оборудование, что особенно важно при проектировании новых установок.

- Повышение экологической эффективности: Снижение энергопотребления приводит к уменьшению выбросов парниковых газов, что способствует борьбе с изменением климата и повышению показателя углеродной нейтральности [5, с. 32-37].

- Улучшение эксплуатационных характеристик: Оптимизированная теплообменная сеть функционирует более стабильно и надежно, что снижает риски аварийных ситуаций и внеплановых простоев технологических установок [6].

Подводя итоги, необходимо отметить, что пинч-анализ является мощным инструментом для повышения энергоэффективности и снижения экологического воздействия нефтеперерабатывающих предприятий. Исследования российских ученых и инженеров способствуют развитию и адаптации методологии к условиям отечественной промышленности. Данная методология становится все более актуальной в контексте перехода к устойчивой энергетике и

способствует повышению конкурентоспособности российских нефтеперерабатывающих предприятий на мировом рынке.

Литература

1. Соколов В.П., Сотников А.И. Пинч-анализ и термодинамическая оптимизация энерготехнологических систем // М.: Энергоатомиздат. – 2005.
2. Башкирцев В.И., Данилов О.Л. Пинч-технология – основа энерго- и ресурсосбережения // Москва: Химия – 2003.
3. Булатов А.И., Гафаров Р.Р. Пинч-анализ: теория и практика // Казань: Изд-во КГТУ – 2009.
4. Дубов А.В., Карпов С.А. Применение пинч-анализа для повышения энергоэффективности нефтеперерабатывающих предприятий // Химическая технология – 2018. – 20(5). – С. 297-303.
5. Капустин В.М., Севастьянова О.В. Экологические аспекты применения пинч-анализа в нефтеперерабатывающей промышленности // Экология и промышленность России – 2019. – 23(10). – С. 32-37.
6. Smith R. Chemical Process Design and Integration // 2nd ed. John Wiley & Sons – 2016.

SHAFEEV Niyaz Mirkhatevich

Undergraduate, Kazan National Research Technological University,
Russia, Kazan

*Scientific Advisor – Associate Professor of Kazan National Research Technological University,
Candidate of Technical Sciences Cherkasova Elena Igorevna*

*Scientific Advisor – Associate Professor of Kazan National Research Technological University,
Candidate of Technical Sciences Salakhov Ilshat Ilgizovich*

PINCH ANALYSIS IS AN INTEGRATED APPROACH TO ENERGY EFFICIENCY IN OIL REFINING

Abstract. The article is devoted to the study of the pinch analysis methodology as an integrated approach to optimizing energy consumption in the oil refining industry. The fundamental principles and algorithms of pinch analysis are considered, as well as modern trends and innovative developments in this field, including the scientific contribution of Russian specialists, are analyzed. The relevance of pinch analysis in the context of the transition to sustainable development of the energy sector and its importance for increasing the competitiveness of Russian refineries in the global market is emphasized.

Keywords: pinch analysis, energy efficiency, oil refining, heat recovery, optimization.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ПОПОВ Кирилл Сергеевич

студент, Самарский государственный технический университет, Россия, г. Самара

ИССЛЕДОВАНИЕ САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА SiAlON С ПРИМЕНЕНИЕМ АЗИДА НАТРИЯ И ГАЛОИДНЫХ СОЛЕЙ

Аннотация. Приведены методика проведения самораспространяющегося высокотемпературного синтеза с применением неорганических азидов (кварцевый песок фракций 0,1–0,3 и 0,8–1,2 и аэросил) и полученные продукты после синтеза.

Ключевые слова: самораспространяющийся высокотемпературный синтез, сиалон, азид натрия, галоидные соли, кварцевый песок, аэросил.

Впервые синтез сиалонов методом СВС был применен в институте структурной макрокинетики и проблемы науки материалов Российской Академии Наук. Этот метод основан на сжигании фильтрующей смеси порошков алюминия, его оксидов кремния и нитридов. Исходные реагенты были предварительно измельчены в шаровых мельницах [1].

Цель данной работы: исследовать возможность получения сиалона по азидной технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза

Исходные компоненты и методика получения порошка SiAlON методом СВС-Аз

Для исследования возможности синтеза нанопорошка SiAlON из оксида кремния применялись следующие порошки:

1. Порошок алюминия;
2. Азид натрия;
3. Порошок кремния;
4. Фторид алюминия;
5. Гексафторосиликат аммония;
6. Кварцевый песок – фракция 0,1–0,3 мм;
7. Кварцовый песок – фракция 0,8–1,2 мм;
8. Аэросил.

Исследование СВС-процесса во время синтеза проводилось в лабораторном реакторе СВС-Аз (рис.).



Рис. Фотография лабораторного реактора СВС-Аз постоянного давления

Для синтеза SiAlON в режиме СВС-Аз изменялись условия синтеза, которые

представлены в таблице 1.

Таблица 1

Условия синтеза сиалона состава Si₃Al₃O₃N₅

Плотность шихты, %	Диаметр образца, см	Давление азота в реакторе, МПа
0,34	3	4

Результаты синтеза сиалона состава Si₃Al₃O₃N₅ с применением различных форм оксида кремния в системах «3SiO₂+9NaN₃+3AlF₃» и «2SiO₂+6NaN₃+3Al+(NH₄)₂SiF₆»

Результаты синтеза сиалона состава Si₃Al₃O₃N₅ с применением различных форм оксида кремния в системах «3SiO₂+9NaN₃+3AlF₃» и «2SiO₂+6NaN₃+3Al+(NH₄)₂SiF₆» представлены в таблице 2 и 3.

Таблица 2

Результаты синтеза сиалона состава Si₃Al₃O₃N₅ с применением различных форм оксида кремния в системах «3SiO₂+9NaN₃+3AlF₃»

Система	Форма оксида кремния	Внешний вид	ρ	D, см	P _{N₂} , МПа	Температура горения, T _r , К	Кислотно-щелочной баланс (рН)	Цвет порошка	Хрупкий или твердый образец перед измельчением в ступке
«3SiO ₂ +9NaN ₃ +3AlF ₃ »	Кварцевый песок 0,1-0,3		0,34	3	4	1197 К	9	Темно-Серый	Хрупкий
	Кварцевый песок 0,8-1,2					1600	12	Черный	Твердый
	Аэросил					1300	12	Темно-серый	Твердый

Таблица 3

Результаты синтеза сиалона состава $Si_3Al_5O_5N_5$ с применением различных форм оксида кремния в системах « $2SiO_2+6NaN_3+3Al+(NH_4)_2SiF_6$ »

Система	Форма оксида кремния	Внешний вид	δ	D, см	P_{N_2} , МПа	Температура горения, T_f , К	Кислотно-щелочной баланс (рН)	Цвет порошка	Хрупкий или твердый образец перед измельчением в ступке
« $2SiO_2+6NaN_3+3Al+(NH_4)_2SiF_6$ »	Кварцевый песок 0,1-0,3		0,34	3	4	1700	8	Светло-серый	Хрупкий
	Кварцевый песок 0,8-1,2					1300	9	Светло-серый	Хрупкий
	Аэросил					1200	9	Светло-серый	Твердый

Заключение

Представлены результаты исследования процессов горения азидных систем СВС. Конечный продукт представлял собой образцы цилиндрической формы, состоящие из частиц порошка светло-серого, серого, темно-серого и черного цвета.

Температура горения была высокой, более 1200 К и выше.

Также, были обработаны и проанализированы полученные экспериментальные данные параметров горения СВС-систем.

Литература

1. Амосов А.П., Бичуров Г.В. Азидная технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза микро- и

нанопорошков нитридов: Монография. – М.: Машиностроение-1, 2007. – 526 с.

2. Термодинамический анализ возможности образования карбидов и нитридов титана, циркония и тантала методом СВС в режиме горения: Препринт / Мамян, С.С., Боровинская, И.П., Мержанов, А.Г. // Черноголовка: ОИХФ АН СССР, 1977. – 20 с.

3. Сиалон как новый класс носителей катализаторов окисления / В.Н. Борщ, С.Я. Жук, Н.А. Вакин [и др.] // Докл. акад. наук. – 2008. – Т. 420, № 4. – С. 496-499.

4. Стрелов К.К. Теоретические основы технологии огнеупорных материалов: учеб. пособие для вузов / К.К. Стрелов, И.Д. Кащеев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 1996. – 608 с.

ПОПОВ Кирилл Сергеевич

Student, Samara State Technical University, Russia, Samara

INVESTIGATION OF THE SELF-PROPAGATING HIGH-TEMPERATURE SYNTHESIS OF SIALON USING SODIUM AZIDE AND HALIDE SALTS

Abstract. *The technique of self-propagating high-temperature synthesis using inorganic azides (quartz sand fractions 0.1-0.3 and 0.8-1.2 and aerosil) and the resulting products after synthesis are presented.*

Keywords: *self-propagating high-temperature synthesis, sialone, sodium azide, halide salts, quartz sand, aerosil.*

ПОПОВ Кирилл Сергеевич

студент, Самарский государственный технический университет, Россия, г. Самара

ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И МОРФОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ ИЗ СВС-СИСТЕМ, С ПРИМЕНЕНИЕМ АЗИДА НАТРИЯ И ГАЛОИДНЫХ СОЛЕЙ ПО ТЕХНОЛОГИИ СВС

Аннотация. Приведены рентгенограммы и морфология частиц полученных образцов по технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза с применением неорганических азидов (кварцевый песок фракций 0,1–0,3 и 0,8–1,2 и аэросил).

Ключевые слова: самораспространяющийся высокотемпературный синтез, сиалон, азид натрия, галлоидные соли, кварцевый песок, аэросил, рентгенофазовый анализ, рентгенограмма, SiAlON, морфология частиц.

Рентгенофазовый анализ получившегося продукта синтеза проводился на рентгеновском дифрактометре ARL X'TRA. При работе использовалось напряжение в 43 кВ и электрический ток в 38 мА. Следовательно, мощность генератора трубки была равна 1634 Вт. Скорость съёмки – 3 °/min, что известно из данных рентгенограммы.

Растровый электронный микроскоп (РЭМ) JSM-6390A фирмы «Jeol» использовался для

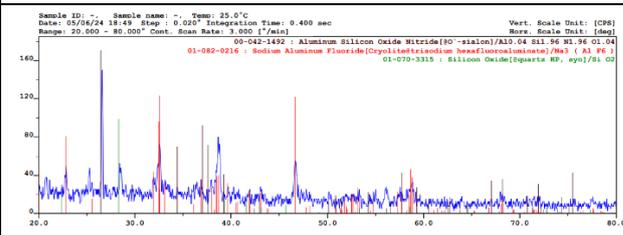
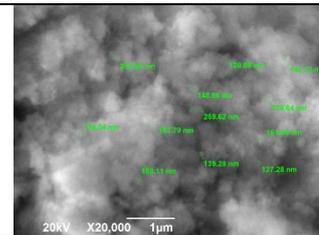
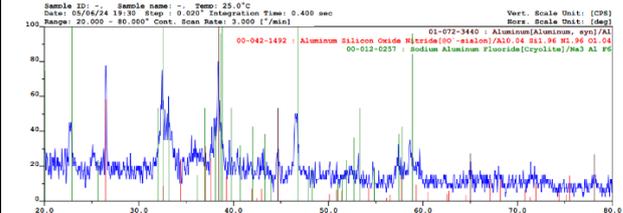
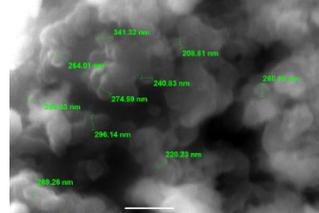
исследования морфологии порошков и их размера частиц.

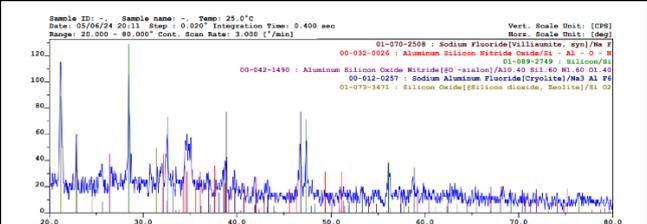
Фазовый состав и морфология продукта, полученного из системы «3SiO₂+9NaN₃+3AlF₃» и «2SiO₂+6NaN₃+3Al(NH₄)₂SiF₆» с применением различных форм оксида кремния

В таблице 1 представлены фазовый состав и морфология продукта, полученного из системы «3SiO₂+9NaN₃+3AlF₃» с применением различных форм оксида кремния.

Таблица 1

Фазовый состав и морфология продукта, полученного из системы «3SiO₂+9NaN₃+3AlF₃» с применением различных форм оксида кремния

Система	Форма оксида кремния	Рентгенограмма продукта	Морфология продукта
«3SiO ₂ +9NaN ₃ +3AlF ₃ »	Кварцевый песок фракции 0,1–0,3		
	Кварцевый песок фракции 0,8–1,2		

Система	Форма оксида кремния	Рентгенограмма продукта	Морфология продукта
	Аэросил		

В таблице 2 показан сравнительный анализ продуктов СВС, полученных при горении системы «3SiO₂+9NaN₃+3AlF₃».

Таблице 2

Сравнительный анализ продуктов СВС, полученных при горении системы «3SiO₂+9NaN₃+3AlF₃»

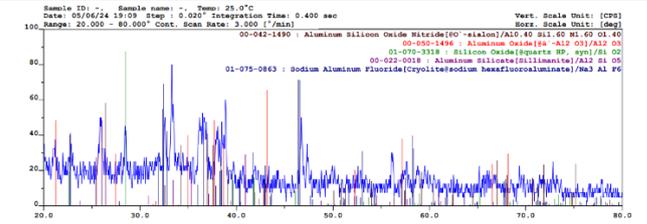
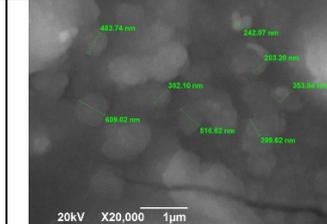
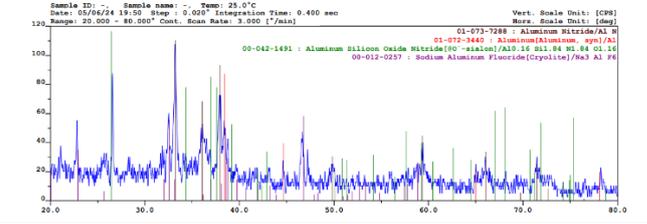
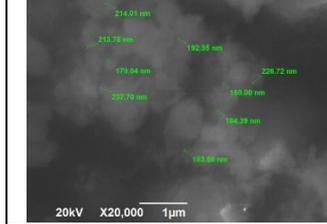
Фракции песка	Фазовый состав, %	Форма частиц	Средний размер частиц, нм
0,8–1,2	Si _{1.96} Al _{0.04} O _{1.04} N _{1.96} – 34%; Na ₃ AlF ₆ – 32%; Al – 34%.	сферическая, равноосная	200–250
0,1–0,3	Si _{1.96} Al _{0.04} O _{1.04} N _{1.96} – 53%; Na ₃ AlF ₆ – 28%; SiO ₂ – 19%.	сферическая, равноосная	150–200
Аэросил	Si _{1.6} Al _{0.4} O _{1.4} N _{1.6} – 8%; Na ₃ AlF ₆ – 13%; SiO ₂ – 27%; NaF – 14%; Si – 24%; SiAlON – 14%.	сферическая, равноосная	150–200

В таблице 3 представлены фазовый состав и морфология продукта, полученного из системы

«2SiO₂+6NaN₃+3Al+(NH₄)₂SiF₆» с применением различных форм оксида кремния.

Таблица 3

Фазовый состав и морфология продукта, полученного из системы «2SiO₂+6NaN₃+3Al+(NH₄)₂SiF₆» с применением различных форм оксида кремния

Система	Форма оксида кремния	Рентгенограмма продукта	Морфология продукта
«2SiO ₂ +6NaN ₃ +3Al+(NH ₄) ₂ SiF ₆ »	Кварцевый песок фракции 0,1–0,3		
	Кварцевый песок фракции 0,8–1,2		

Система	Форма оксида кремния	Рентгенограмма продукта	Морфология продукта
Аэросил			

В таблице 4 показан сравнительный анализ продуктов СВС, полученных при горении

системы $\langle 2\text{SiO}_2 + 6\text{NaN}_3 + 3\text{Al} + (\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6 \rangle$.

Таблице 4

Сравнительный анализ продуктов СВС, полученных при горении системы $\langle 2\text{SiO}_2 + 6\text{NaN}_3 + 3\text{Al} + (\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6 \rangle$

Фракции песка	Фазовый состав	Форма частиц	Средний размер частиц
0,8–1,2	$\text{Si}_{1.84}\text{Al}_{0.04}\text{O}_{1.04}\text{N}_{1.84}$ – 30%; Na_3AlF_6 – 18%; Al – 18%; AlN – 34%.	сферическая, равноосная	150–200
0,1–0,3	$\text{Si}_{1.6}\text{Al}_{0.4}\text{O}_{1.4}\text{N}_{1.6}$ – 20%; Na_3AlF_6 – 31%; SiO_2 – 18%; Al_2O_3 – 13%; Al_2SiO_5 – 18%.	сферическая, равноосная	400–500
Аэросил	$\text{Si}_{1.84}\text{Al}_{0.16}\text{O}_{1.16}\text{N}_{1.84}$ – 12%; Na_3AlF_6 – 25%; Al – 8%; Si – 55%.	сферическая, равноосная	120–160

Заключение

Установлено, что целевой продукт SiAlON получился во всех системах. Было зафиксировано, что наибольшим содержанием сиалона обладала система $\langle 3\text{SiO}_2 + 9\text{NaN}_3 + 3\text{AlF}_3 \rangle$ с использованием кварцевого песка 0,1–0,3, а наименьшее содержание сиалона в конечном продукте было зафиксировано в системе $\langle 2\text{SiO}_2 + 6\text{NaN}_3 + 3\text{Al} + (\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6 \rangle$ с использованием аэросила.

При исследовании морфологии частиц конечных продуктов, было установлено, что средний размер частиц конечного продукта с использованием кварцевого песка фракций 0,1–0,3 системы $\langle 2\text{SiO}_2 + 6\text{NaN}_3 + 3\text{Al} + (\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6 \rangle$ – 400–500 нм оказался наибольшим, а наименьшим в системе $\langle 2\text{SiO}_2 + 6\text{NaN}_3 + 3\text{Al} + (\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6 \rangle$ с использованием аэросила (средний размер частиц 120-160 нм).

Литература

1. Болгару К.А., Технология получения железосодержащих композитов на сиалоновой матрице методом СВС и их каталитические свойства: диссертация кандидата технических наук: 05.17.11 Томск 2015, <http://dlib.rsl.ru>.
2. Амосов А.П., Бичуров Г.В. Азидная технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза микро- и нанопорошков нитридов: Монография. – М.: Машиностроение-1, 2007. – 526 с.
3. Термодинамический анализ возможности образования карбидов и нитридов титана, циркония и тантала методом СВС в режиме горения: Препринт / Мамян, С.С., Боровинская, И.П., Мержанов, А.Г. // Черноголовка: ОИХФ АН СССР, 1977. – 20. 439 с.
4. Сиалон как новый класс носителей катализаторов окисления / В.Н. Борщ, С.Я. Жук, Н.А. Вакин [и др.] // Докл. акад. наук. – 2008. – Т. 420, № 4. – С. 496-499.

ПОПОВ Кирилл Сергеевич

Student, Samara State Technical University, Russia, Samara

**PHASE COMPOSITION AND MORPHOLOGY OF PRODUCTS SYNTHESIZED
FROM SHS SYSTEMS USING SODIUM AZIDE AND HALIDE SALTS
USING SHS TECHNOLOGY**

Abstract. *X-ray images and particle morphology of the obtained samples using the technology of self-propagating high-temperature synthesis using inorganic azides (quartz sand fractions 0.1-0.3 and 0.8–1.2 and aerosil) are presented.*

Keywords: *self-propagating high-temperature synthesis, salon, sodium azide, halide salts, quartz sand, aerosil, X-ray phase analysis, radiograph, SiAlON, particle morphology.*

РОГАЛЬ Игорь Олегович

студент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Россия, г. Санкт-Петербург

РАСЧЕТ СТАК-ЭФФЕКТА В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ И КАК ОН ВЛИЯЕТ НА СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

Аннотация. Статья исследует проблему стак-эффекта в высотных зданиях и его влияние на распределение давления внутри здания. Рассматриваются холодный и тёплый периоды года, а также возможные риски, связанные с этим явлением. Предлагаются методы решения проблемы, такие как установка тамбур-шлюзов, контроль температуры в шахтах лифтов и разработка эффективной схемы управления системами вентиляции.

Ключевые слова: стак-эффект, высотные здания, распределение давления, холодный и тёплый периоды, вентиляция, системы подпора воздуха, эвакуация, безопасность.

Стак-эффект играет значительную роль в формировании распределения давления в высотных зданиях и определении наиболее эффективных методов обеспечения безопасности при эвакуации.

Влияние стак-эффекта выражается в вертикальном перемещении воздуха в лестничных клетках, лифтовых или коммуникационных шахтах и естественном гравитационном перепаде давления между верхним и нижним этажами. Разница в давлении зависит от разницы температур внутри и снаружи здания, а также от его высоты.

Величина полной разности давлений в тёплый период года, обычно ниже, чем в холодный период года, из-за меньшей разности температур. Расчетная разность давлений Δp_i определяется по формуле (1):

$$\Delta p_i = Hg(p_i - p_p), \quad (1)$$

где H – высота здания, м, от уровня средней планировочной отметки земли до верха парапета, центра вытяжных отверстий фонаря или устья шахт;

g – ускорение силы тяжести ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$);

ρ_i, ρ_p – плотность, кг/м^3 , наружного воздуха и воздуха в помещении соответственно, определяемая по формуле (2):

$$\rho = \frac{353}{273+t} \quad (2)$$

В высотных зданиях проблема стак-эффекта может иметь значительное влияние на распределение давления внутри здания, что может привести к работе систем подпора воздуха в нерасчетном режиме. Это происходит из-за неконтролируемого перепада давления, который возникает в результате движения воздуха

снизу вверх, что является стак-эффектом. В холодный период года, когда температура окружающей среды низкая, стак-эффект проявляется наиболее ярко.

Когда холодный наружный воздух подается сверху в лестничные клетки или шахты лифта, он создает зону высокого давления на верхних этажах и существенно увеличивает перепад давления внутри них. Это необходимо учитывать при выборе вентиляторов систем подпора, установленных на крыше здания.

В тёплый период года, при высоких температурах окружающей среды, наблюдается обратный стак-эффект, при котором воздух движется сверху вниз. В этом случае подача теплого наружного воздуха на более холодные лестницы создает зону низкого давления на верхних этажах и зону высокого давления на нижних этажах.

Из-за высокой теплоемкости конструкций лестниц и шахт лифта стабилизация распределения давления с помощью интенсивной вентиляции не всегда возможна. В случае пожара стак-эффект создает два основных риска, связанных с неконтролируемым распределением давления в защищаемом пространстве:

- усилие, необходимое для открывания эвакуационной двери, может значительно превышать нормативное значение 50–150 Па из-за большого перепада давления на эвакуационной двери в зоне высокого давления.
- проникновение дыма в помещение, для эвакуации из-за недостаточного перепада давления в зоне низкого давления.

Для того чтобы избежать последствия стак-эффекта, необходимо:

- иметь примерный, а также точный расчет распределения давления при стак-эффекте.
- предусмотреть последовательно расположенные тамбур-шлюзы на пути движения воздуха от вертикальных шахт к фасаду. Тамбур-шлюзы должны быть герметичными и согласованными между собой, чтобы эффективно распределять давление;
- собирать перепады давления на неэксплуатируемом фасаде является наиболее эффективным способом в холодный период года, когда нельзя открывать окна. Это также позволяет разгружать внутренние двери, используемые постоянно жильцами здания;
- разрабатывается эффективная схема управления дисбалансами систем вентиляции для различных групп помещений и лифтовых шахт;

- понижение температуры в шахте лифта.

Рассмотрим стак-эффект на примере высотного здания:

Холодный период года, высотное здание в городе Москва, с температурой внутри здания 20°C, наружной температурой минус 26°C.

Этажность здания: 45 этажей.

Высота здания: 160 м.

По формуле (1) определим Δp_i :

$$\Delta p_i = 148,5 \cdot 9,81 \cdot (1,43 - 1,21) = 345 \text{ Па}$$

Перепад давления по высоте здания составляет 0,043 Па/К на один метр.

Перепад давления от стак-эффекта по высоте здания на метр составит:

$$p_m = \Delta p_i \cdot 0,043 = 345 \cdot 0,043 = 14,835 \text{ Па/м}$$

(3)

Диаграмма распределения давления, вызванного стак-эффектом, представлена на рисунке:

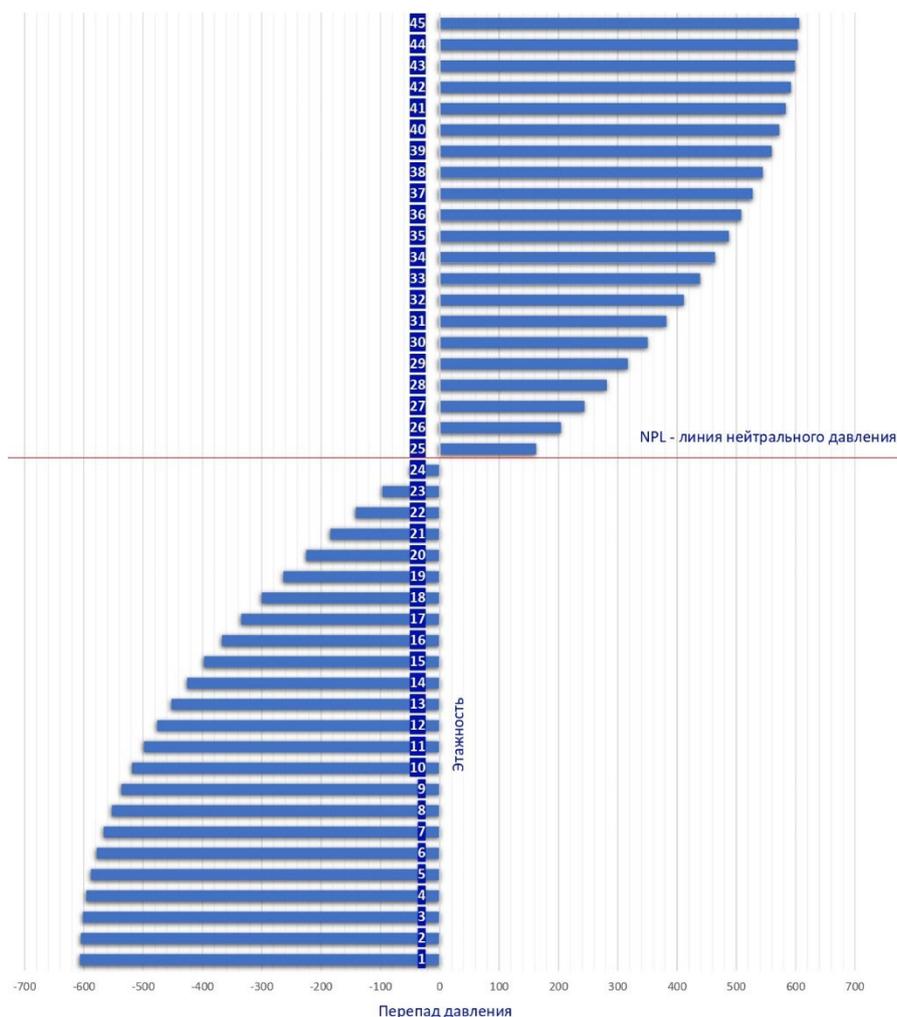


Рис. Распределение давления внутри здания, вызванное стак-эффектом

На данной диаграмме мы видим, что часть здания, в которую воздух стремится затекать, отделяется от части, из которой воздух

стремится вытекать, так называемым уровнем нейтрального давления (NPL – neutral pressure level). Положение NPL зависит от свойств

воздухопроницаемости оболочки зданий, проницаемых ограждающих конструкций, геометрии самого здания и дисбалансов, создаваемых системами вентиляции. На нижнем этаже отрицательное давление составило 600 Па, что сильно ухудшает функциональность здания. К примеру, давление на двери, чтобы человек открыл ее – должно быть в пределах от 50 до 150 Па, а двери лифта открываются при давлении 100 Па.

Для более точных и проектных расчетов, чтобы учесть проницаемых ограждающих конструкций, геометрии самого здания и дисбалансов, создаваемых системами вентиляции необходимо производить CFD расчет здания.

Литература

1. СП 60.13330.2020-2021 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» – Взамен СНиП 41-01-2003. «Отопление, вентиляция и кондиционирование».
2. СП 131.13330.2020 «Строительная климатология».
3. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита

зданий».

4. СП 267.1325800.2016 «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования».
5. Росс Д. Проектирование систем ОВК высотных общественных многофункциональных зданий. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2004.
6. Simmonds P. ASHRAE Design Guide for Tall, Supertall, and Megatall Building Systems. 2015.
7. Эффект тяги в высотных зданиях – проблемы и решения // АВОК. – 2016. – № 3.
8. «СП 394.1325800.2018. Свод правил. Здания и комплексы высотные. Правила эксплуатации».
9. Денисихина Д.М., Самолетов М.В. «Эффект тяги: от движущей силы естественной вентиляции к головной боли высотных зданий» – «АВОК» за № 8'2023.
10. Завалева А.А., Россинский В.А. <https://hpb-s.com/news/problema-stak-effekta-stack-effect-v-neboskrebah/>.
11. Таурит В.Р. «Вентиляция в гражданских зданиях учеб. пособие» / В.Р. Таурит, В.Ф. Васильев. – СПб: Издательство «АНТТ-Принт», 2008.

ROGAL Igor Olegovich

Student, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,
Russia, St. Petersburg

CALCULATION OF THE STACK EFFECT IN HIGH-RISE BUILDINGS AND HOW IT AFFECTS VENTILATION SYSTEMS

Abstract. *The article explores the problem of the stack effect in high-rise buildings and its effect on the distribution of pressure inside the building. The cold and warm periods of the year are considered, as well as possible risks associated with this phenomenon. Methods of solving the problem are proposed, such as the installation of vestibule locks, temperature control in elevator shafts and the development of an effective control scheme for ventilation systems.*

Keywords: *stack effect, high-rise buildings, pressure distribution, cold and warm periods, ventilation, air support systems, evacuation, safety.*

ТЕРЕНТЬЕВ Иван Николаевич

студент, Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана,
Россия, г. Москва

*Научный руководитель – старший научный сотрудник
Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана,
доктор технических наук, доцент Сучков Виктор Борисович*

**РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК РЕВЕРБЕРАЦИОННОЙ КАМЕРЫ
МЕТОДОМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Аннотация. В данной статье рассматривается расчет характеристик реверберационной камеры методом численного моделирования. Полученные результаты сравниваются с решением уравнений электродинамики.

Ключевые слова: реверберационная камера, добротность, CST Studio, однородность поля.

Введение

Реверберационная камера (РК) была впервые введена Х. А. Мендесом в 1968 г. [5, с. 20-23]. Вот уже более 40 лет РК широко используется для широкого спектра радиочастотных приложений, таких как характеристика антенн и датчиков, измерения электромагнитных помех и восприимчивости (EMS) [4], характеристика поперечного сечения экранирования и поглощения (ACS) материалов [4], реализация среды многолучевого канала и беспроводные испытания будущих устройств 5G/6G [9, с. 49129-49143].

Для начала, РК можно представить, как прямоугольный резонатор с проводящими стенками. Когда в РК вводится энергия с помощью, например, передающей антенны, тогда будут возбуждаться собственные частоты, которые образуют трехмерные картины стоячих волн. Основными компонентами реверберационной камеры являются хорошо проводящая, большая экранированная металлическая конструкция с полостью, тюнер/мешалка, передающая и приемная антенны. Электромагнитная (ЭМ) среда внутри реверберационной камеры меняется с помощью различных методов перемешивания, таких как движение тюнера (настроенное на моду или перемешивание по моде), частотное перемешивание, вибрация проводящей ткани, изменение ориентации, поляризация или положение используемых антенн или испытательного оборудования (ИО). Для изменения модальной структуры внутри РК для генерации статистически однородных,

изотропных и однородных пространственных ЭМ-полей внутри РК используется один или комбинация вышеупомянутых методов перемешивания.

Исследовательская часть**Метод расчета**

Собственная частота прямоугольного резонатора может быть вычислена с помощью (1) [4].

$$f_{mnp} = \frac{c}{2 \cdot \varepsilon \cdot \mu} \sqrt{\left(\frac{m}{L}\right)^2 + \left(\frac{n}{W}\right)^2 + \left(\frac{p}{H}\right)^2}, \quad (1)$$

где m , n и p – целые числа, L , W и H – длина, ширина и высота металлической полости, c – скорость света, ε – диэлектрическая проницаемость вакуума, μ – магнитная проницаемость вакуума.

На практике обычно LUF возникает на частоте, немного превышающей трехкратную частоту первого резонанса камеры. LUF также может быть выражен как; (I) частота, при которой внутри резонатора существует не менее 60–100 мод; (II) частота, при которой внутри резонатора присутствует не менее 1,5 моды/МГц (модальная плотность) [4; 6, с. 1-16]. Эти ограничения формируются для обеспечения достаточного количества собственных частот в РК для удовлетворения основных эксплуатационных требований статистически однородных полей.

«Недомодовый» резонатор – это случай, когда РК работает ниже LUF. Условие достаточного количества собственных частот или перемешивания возникает, когда РК работает на частотах выше LUF. Наличие большого количества режимов делает работу РК сверхмодовой.

Обычно поле в «недомодованном» резонаторе считается таковым из-за наличия меньшего числа мод.

Обобщенная формула Вейля для расчета числа мод $N(f)$ (2) или модальной плотности

$$N(f) \approx \frac{8 \cdot \pi}{3} \cdot L \cdot W \cdot H \cdot \left(\frac{f}{c}\right)^3 - (L + W + H) \cdot \frac{f}{c} + \frac{1}{2}; \tag{2}$$

$$m \left(\frac{\partial N}{\partial f}\right) \approx 8 \cdot \pi \cdot L \cdot W \cdot H \cdot \frac{f^2}{c^3} - (L + W + H) \cdot \frac{1}{c}; \tag{3}$$

Коэффициент добротности (Q) представляет собой способность РК накапливать энергию по отношению к скорости его рассеивания. Q является важным параметром, характеризующим РК, поскольку он используется для различных приложений, таких как анализ загрузки камеры; усиление поля при измерении электромагнитной восприимчивости и другие.

На добротность камеры влияют четыре основные потери: (I) рассеивание мощности в стенах; (II) наличие поглощающего объекта в РК; (III) апертурная утечка; и (IV) рассеивание мощности в нагрузке приемной антенны [1; 2, с. 591-592; 3, с. 169-178]. Составной коэффициент качества (Q) для пустой камеры представляет собой комбинацию коэффициента добротности стенок и размещенных антенн, как показано в (4) [1; 2, с. 591-592; 8].

$$\frac{1}{Q} = \frac{1}{Q_w} + \frac{1}{Q_{Antenna}}; \tag{4}$$

Существуют различные математические формулы для расчета теоретической добротности РК. В 1983 г. Liu и др. в работе [1] приводили выражение (5) для оценки добротности стенок камеры Q для прямоугольной полости. В (5) L, W, H – размеры камеры, V = LWH – объем камеры, S = 2 (WL + HL + HW) – площадь поверхности полости, $\delta = 1/\sqrt{(\pi f \sigma_w \mu_0 \mu_r)}$ – глубина поверхности слоя, где σ_w – проводимость материалов стенок, $k = \omega/c$. Позже, в 1996 г., Хилл [2, с. 591-592] предложил упрощенное выражение (7) с использованием разложения по плоской

(m) (3) [7, с. 637-653] используется для грубой оценки LUF РК на основе его геометрических размеров.

волне для РК произвольной формы с немагнитными стенками, т.е. $\mu_r = 0$. Приведенное выражение [2, с. 591-592] проиллюстрировано в (6).

$$Q_w = \frac{3V}{2\delta S} \frac{1}{1 + \frac{3\pi}{8k} \left(\frac{1}{L} + \frac{1}{W} + \frac{1}{H}\right)}; \tag{5}$$

$$Q_w = \frac{3V}{2\delta S}; \tag{6}$$

$$Q_{Antenna} = \frac{16\pi^2}{m} \frac{V}{\lambda^3}; \tag{7}$$

Besnier и др. [8] предложили простое выражении (7) для вычисления $Q_{Antenna}$. В (7) m представляет собой рассогласование антенн и равно 1 для случая согласованной антенны. Составную Q можно затем вычислить, используя (6) путем объединения $Q_{Antenna}$ и Q_w .

Методика моделирования

Сравнение результатов будет производиться с помощью среды для ЭМ моделирования CST Studio Suite (рис. 1). Для решения данной задачи подходит «решатель» собственных мод, который используется для расчета частот и соответствующих моделей электромагнитного поля (собственных мод), когда возбуждение не применяется.

Собственные моды и их частоты являются решениями уравнения на собственные значения:

$$rot \frac{1}{\mu} \cdot rot \vec{E} = \omega^2 \cdot \epsilon \cdot \vec{E}, \tag{8}$$

где ω – собственные значения и E – собственные векторы.

Моделирование производилось исходя из размеров РК с использованием тетраэдрической сетки (рис. 1).

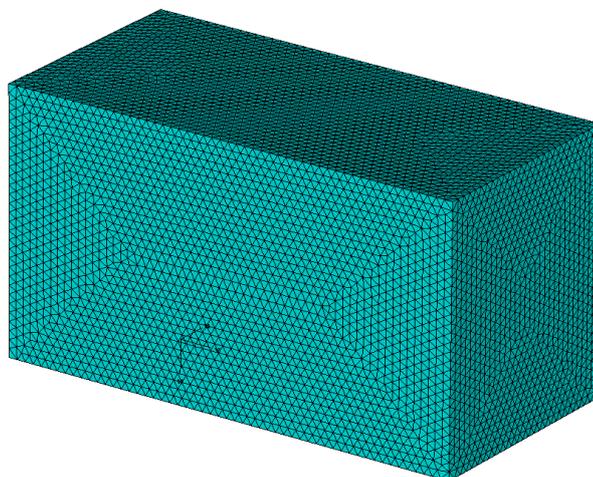


Рис. 1. Модель РК в среде CST Studio Suite

Аналитическая часть

Собственные частоты

Собственная частота резонатора:

$$f_{110} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}} \sqrt{\left(\frac{1}{2,7}\right)^2 + \left(\frac{1}{1,5}\right)^2 + \left(\frac{0}{1,3}\right)^2} = 114,28 \text{ МГц.} \quad (9)$$

Нижняя рабочая частота реверберационной камеры, взятой для 3D моделирования – 400 МГц. Частота, при которой внутри резонатора существует не менее 100 мод (2), составляет 403 МГц (рис. 2). Частота, при которой внутри резонатора присутствует не менее 1,5 моды/МГц составила 558 МГц (рис. 3).

Таким образом, LUF лежит в диапазоне от 403–558 МГц.

Собственные колебания, найденные методом численного моделирования и используя выражение (1), изображены на рисунке 4.

Результаты моделирования и расчета практически полностью совпадают, что говорит о достоверности 3D модели.

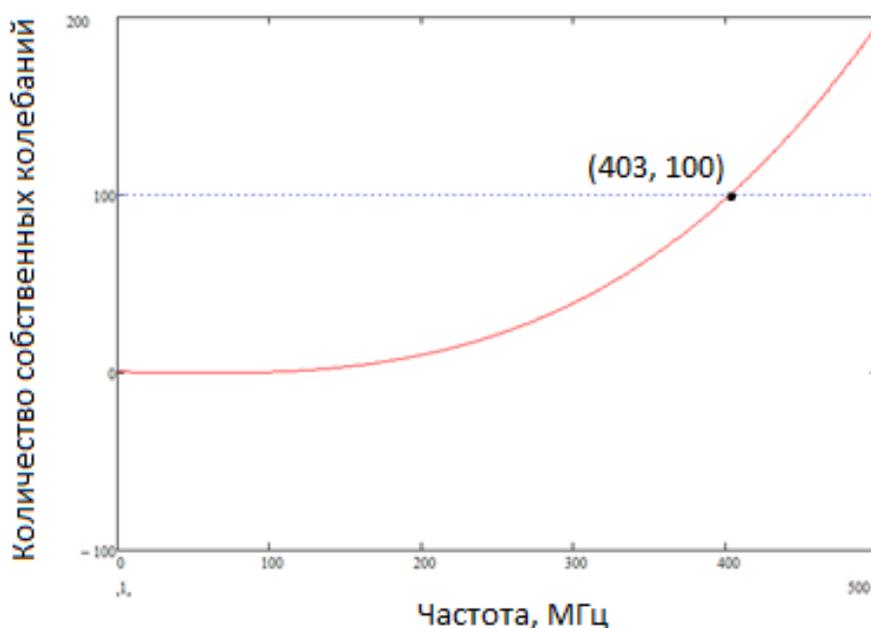


Рис. 2. График зависимости частоты от количества собственных колебаний

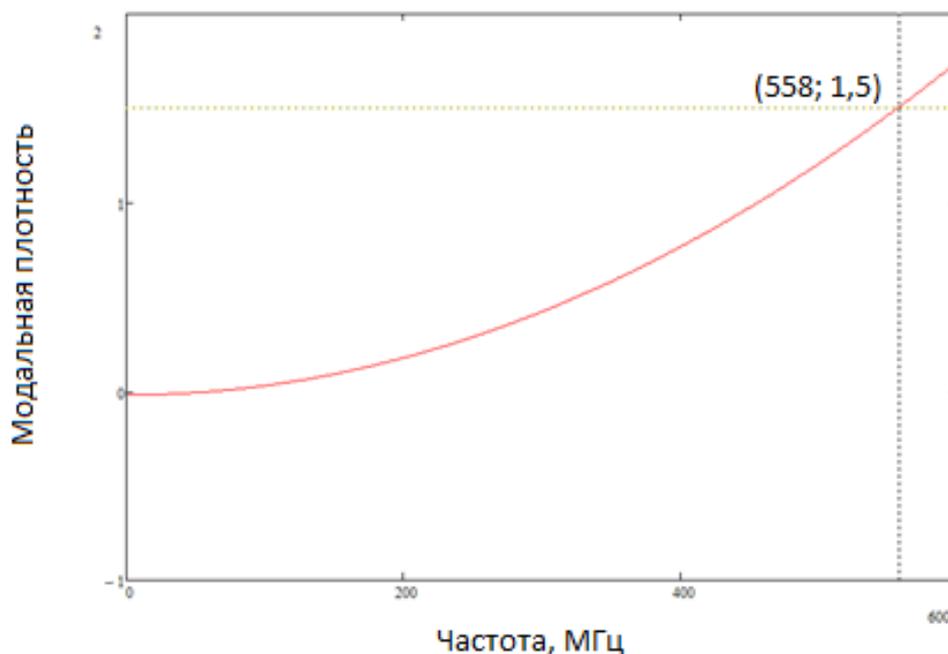


Рис. 3. График зависимости частоты от модальной плотности

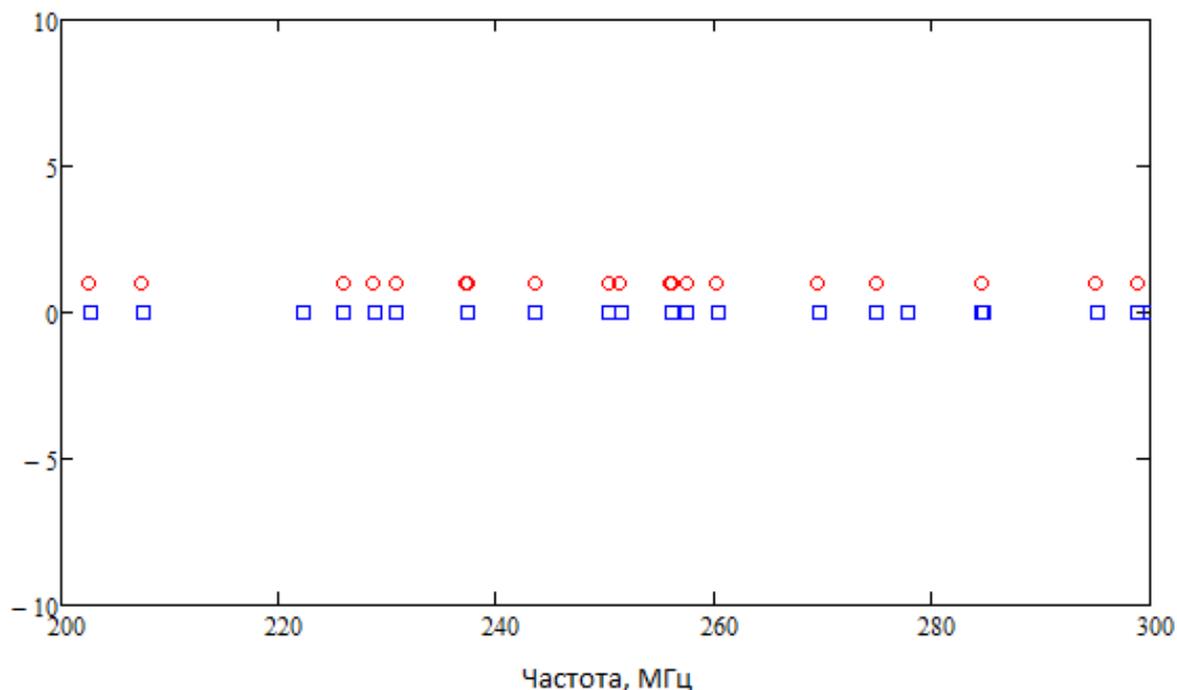


Рис. 4. График собственных колебаний реверберационной камеры в диапазоне частот 200–300 МГц (красным – собственные частоты, найденные численным моделированием; синим – собственные частоты, найденные выражением (1)).

Добротность РК

На рисунке 5 показано сравнение рассчитанных Q_w с использованием и (5) и (6) при $\sigma_w = 3,77e7$ для алюминиевых стенок РК. При высокой частоте k становится больше, что упрощает (5) до (6), как видно из рисунка 5, где две кривые становятся идентичными по мере

увеличения частоты. Результаты расчета составной добротности с включением коэффициента $Q_{Antenna}$ (7) показаны на рисунке 6. На рисунке 5 видно, что низкочастотные различия между двумя кривыми (рис. 6) уменьшаются за счет включения добротности антенны.

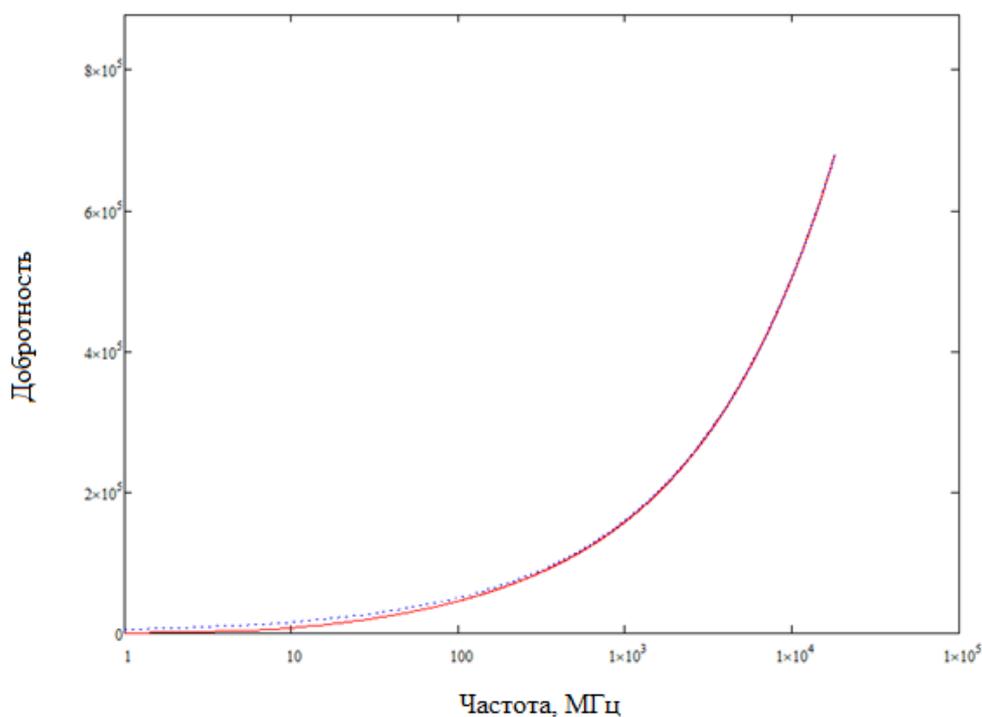


Рис. 5. Сравнение теоретической Q (синий – добротность, рассчитанная с помощью (5), красный – добротность, рассчитанная с помощью (6))

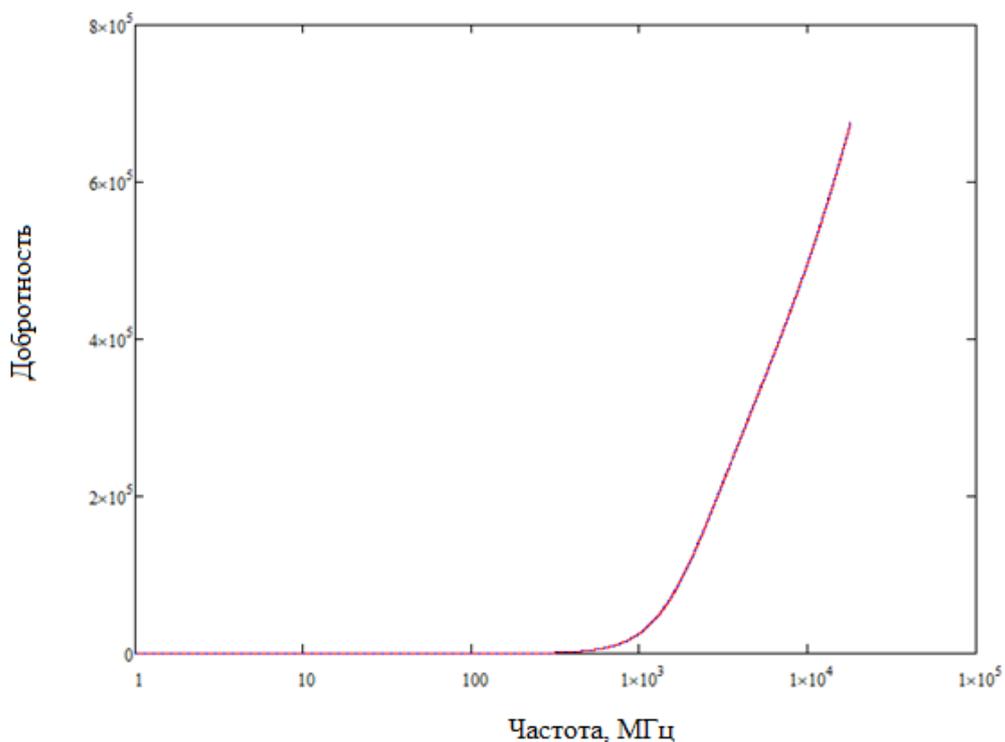


Рис. 6. Сравнение составного Q, используя (5), (6) и (7)

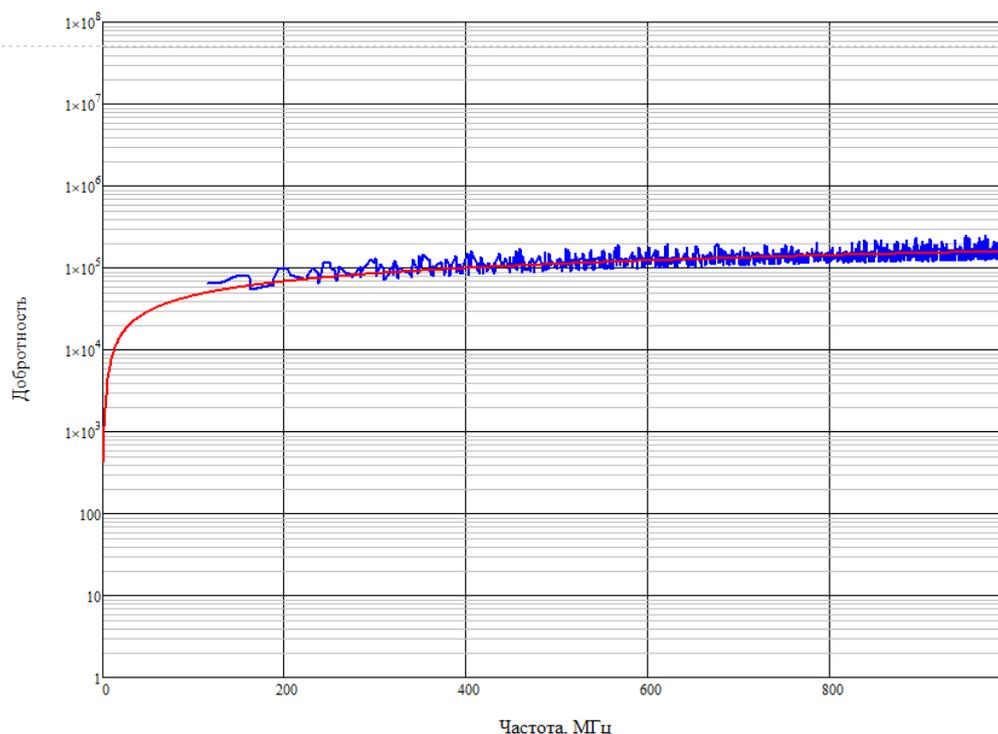


Рис. 7. График зависимости добротности реверберационной камеры от частоты в диапазоне частот до 1000 МГц (синий – добротность, найденная методом численного моделирования; красный – добротность, найденная методом расчета (5)).

Заключение

В данной работе произведен расчет собственных колебаний и добротности реверберационной камеры методом расчета и численного моделирования. Полученные результаты

могут быть использованы для проектирования реверберационных камер с необходимыми характеристиками. Реверберационные камеры стали незаменимым инструментом для испытаний на ЭМС во многих отраслях

промышленности. Проводя тщательное исследование устойчивости оборудования к потенциальным электромагнитным помехам и излучениям, они предоставляют разработчикам и инженерам бесценную информацию, что в конечном итоге повышает безопасность, производительность и надежность оборудования в различных отраслях.

Литература

1. B.-H. Liu, D.C. Chang, and M.T. Ma, "Eigenmodes and the composite quality factor of a reverberating chamber," Nat. Bureau Standards, Washington, DC, USA, NBS Tech. Note 1066, 1983.
2. D.A. Hill, "A reflection coefficient derivation for the Q of a reverberation chamber," IEEE Trans. Electromagn. Compat., vol. 38, no. 4, P. 591-592, November 1996.
3. D.A. Hill, M.T. Ma, A.R. Ondrejka, B.F. Riddle, M.L. Crawford, and R.T. Johnk, "Aperture excitation of electrically large, lossy cavities," IEEE Trans. Electromagn. Compat., vol. 36, no. 3, P. 169-178, 1994.
4. Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4–21: Testing and Measurement Techniques – Reverberation Chamber Test Methods, Standard 61000-4-21, 2011.
5. H.A. Mendes, "A new approach to electromagnetic field-strength measurements in shield enclosures," Wescon, Gurugram, Haryana, Tech. Rep., 1968, P. 20-23.
6. J. Yousaf, H. Lee, M. Faisal, HanJune, W. Nah, H. Shahwani, S.A. Shah, and J.G. Yang, "Design, analysis, and validation of rra reverberation chamber," Int. J. Commun. Syst., vol. 4, P. 1-16, May 2020.
7. L.R. Arnaut, "Operation of electromagnetic reverberation chambers with wave diffractors at relatively low frequencies," IEEE Trans. Electromagn. Compat., vol. 43, no. 4, P. 637-653, November 2001.
8. P. Besnier and B. Démoulin, Electromagnetic Reverberation Chambers. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2013.
9. X. Chen, J. Tang, T. Li, S. Zhu, Y. Ren, Z. Zhang, and A. Zhang, "Reverberation chambers for over-the-air tests: An overview of two decades of research," IEEE Access, vol. 6, P. 49129-49143, 2018.

TERENTYEV Ivan Nikolaevich

Student, Bauman Moscow State Technical University, Russia, Moscow

*Scientific Advisor – Senior Researcher at Bauman Moscow State Technical University,
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor Suchkov Viktor Borisovich*

CALCULATION OF THE CHARACTERISTICS OF A REVERBERATION CHAMBER USING THE NUMERICAL METHOD MODELING

Abstract. *This article discusses the calculation of the characteristics of a reverberation chamber using the numerical simulation method. The obtained results are compared with the solution of electrodynamics equations.*

Keywords: *reverberation chamber, quality factor, CST Studio, field uniformity.*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ЕВСТИФЕЕВА Светлана Андреевна

магистрантка, Уфимский государственный нефтяной технический университет,
Россия, г. Уфа

БОРИСОВ Никита Петрович

магистрант, Уфимский государственный нефтяной технический университет,
Россия, г. Уфа

МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РАЗРАБОТКЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЧЕТНОСТИ ПО УЧЕТУ ТРУДОЗАТРАТ СОТРУДНИКОВ ИТ-КОМАНД

Аннотация. В данной статье рассмотрены способы выявления и сбора требований к разработке автоматизированной системы формирования отчетности по учету трудозатрат сотрудников ИТ-команд. Описаны используемые методики сбора требований, приведены примеры различных видов требований, проведена формализация требования в виде графика.

Ключевые слова: проектирование, функциональные требования, виды требований, методика сбора требований.

Современные организации все чаще сталкиваются с необходимостью оптимизации своих бизнес-процессов для повышения эффективности и конкурентоспособности. Одним из ключевых аспектов такой оптимизации является автоматизация процесса формирования отчетности по сотрудникам.

В данной статье рассматривается процесс сбора требований для разработки приложения, предназначенного для автоматизации формирования отчетности по сотрудникам. Основная цель статьи – описать методический подход к сбору требований, который включает использование различных методов и инструментов для идентификации, анализа и документирования требований.

Сбор требований – это критически важный этап в процессе разработки программного обеспечения, который обеспечивает понимание потребностей пользователей и других заинтересованных сторон. Правильно собранные и документированные требования служат основой для создания эффективного, надежного и удобного в использовании приложения.

Цель разрабатываемой системы – предоставление заинтересованным лицам возможность формирования отчета о трудозатратах

сотрудников ИТ-команд в виде таблиц и диаграмм для проведения мониторинга за деятельностью сотрудников.

Задачи системы:

- отображение данных о трудозатратах сотрудников компании из систем управления проектами (Jira и Microsoft Azure DevOps);
- отображение метрик на основе трудозатрат, отражающих эффективность ИТ-команд;
- гибкая настройка отчета в разрезе множества проектов, рассчитываемых метрик и периода.

Целевой аудиторией данной системы являются администраторы и руководители различного уровня. Для получения информации о требованиях и ожиданиях заинтересованных сторон применялись следующие виды сбора требований:

1. Интервью – проведение бесед с ключевыми пользователями для получения детальной информации о их потребностях и ожиданиях.
2. Наблюдение за реальной работой пользователей в их рабочей среде для понимания текущих процессов и выявления проблемных областей.

3. Мозговой штурм – организация сессий мозгового штурма с участием различных заинтересованных сторон для генерирования идей и требований.

4. Создание прототипов – разработка предварительных версий метрик

производительности сотрудников для демонстрации и обсуждения с пользователями.

Так, было определено три вида требований: бизнес-требования (БТ), функциональные требования (ФТ) и нефункциональные требования (НФТ).

Таблица

Виды и примеры требований

№	Вид требования	Пример
1	БТ	Реализация возможности автоматического формирования отчета по учету трудозатрат сотрудников ИТ-проектов (загрузка на ПК пользователя отчета в формате html).
2	ФТ	Разработка исполняемого файла в формате EXE. Описание функции: Разрабатываемая система должна представлять из себя файл с расширением .exe (исполняемый файл в операционной системе Windows). Эти файлы должны содержать программный код, который компьютер может непосредственно выполнить. Для Пользователя должна обеспечиваться возможность формирования отчета о деятельности сотрудников в формате HTML и Excel.
3	НФТ	Требование к производительности. Описание: Формирование отчета по одному проекту – до 4-х минут.

В ходе обсуждения возможных метрик с руководителями практик в компании было выявлено требование о включении в отчет графика, по которому можно судить, сотрудники какой практики списывают больше часов, чем норма, и где наоборот списано меньше нормы. График позволит выявить потенциальные проблемные зоны, в которых возможно необходимо перераспределить ресурсы или провести дополнительную оценку эффективности работы сотрудников. Также он может помочь выявить успешные подразделения, которые справляются с работой более эффективно и точно по плану.

Постановка задачи для программиста, реализующего данный график выглядела следующим образом:

График «Списано по практикам, % от нормы».

Данный график позволяет определить, какие практики требуют дополнительного внимания из-за перерасхода или недостатка списанных часов по сравнению с нормой.

График представлен в виде столбчатой диаграммы, по оси X указаны практики компании, по оси Y – доля списания по отношению к норме. Легенда под графиком объясняет соответствие каждого столбца конкретной практике. Над каждым столбцом указаны числовые значения, что облегчает анализ данных и сравнение между собой различных практик.

Прототип графика представлен на рисунке.



Рис. Прототип графика

Для реализации данного графика требуется:

1) Рассчитать сумму нормированных часов сотрудников, относящихся к одной практике.

2) Рассчитать фактическое количество часов, списанное сотрудниками, относящихся к одной практике.

3) Рассчитать отношение полученных величин согласно формуле 1.

$$a = b / c \times 100\%, \quad (1)$$

где a – процент отклонения ТРЗ сотрудников практики от нормы ТРЗ по практике, %;

b – сумма фактических трудозатрат сотрудников практики, ч;

c – сумма нормированных трудозатрат сотрудников практики, ч.

4) Построить столбчатую диаграмму, где по оси X будут отображаться практики, а по оси Y

– полученное по формуле 1 значение согласно практике.

Применение системного подхода к сбору требований позволяет глубже понять потребности пользователей и обеспечить разработку приложения, максимально соответствующего их ожиданиям и бизнес-целям компании. В условиях динамично меняющегося рынка и высоких требований к качеству и скорости предоставления данных, такой подход становится необходимым условием успешного функционирования любой современной организации.

Литература

1. Сергеев Д.Д. Особенности оценки эффективности труда специалистов по информационным технологиям // Микроэкономика. – 2010. – № 5. – С. 56-60.

EVSTIFEEVA Svetlana Andreevna

undergraduate student, Ufa State Petroleum Technical University, Russia, Ufa

BORISOV Nikita Petrovich

undergraduate student, Ufa State Petroleum Technical University, Russia, Ufa

METHODOLOGY FOR IDENTIFYING REQUIREMENTS FOR THE DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED REPORTING SYSTEM FOR ACCOUNTING FOR THE LABOR COSTS OF IT TEAM EMPLOYEES

Abstract. *This article discusses ways to identify and collect requirements for the development of an automated reporting system for accounting for the labor costs of IT team employees. The methods used to collect requirements are described, examples of various types of requirements are given, and the requirements are formalized in the form of a graph.*

Keywords: *design, functional requirements, types of requirements, requirements collection methodology.*

ПАРСИН Артур Альфредович

магистрант, Казанский (Приволжский) федеральный университет –
Набережночелнинский филиал, Россия, г. Набережные Челны

АЛТЫНОВА Эльвира Ринатовна

магистрантка, Казанский (Приволжский) федеральный университет –
Набережночелнинский филиал, Россия, г. Набережные Челны

*Научный руководитель – доцент Казанского (Приволжского) федерального университета –
Набережночелнинского филиала, кандидат технических наук Зубков Евгений Витальевич*

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ И МОНИТОРИНГА КРІ ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В статье говорится о том, что оперативное управление предприятием основывается на анализе различных массивов данных из множества информационных систем. Для предоставления актуальной информации руководителям разных уровней используются системы Business Intelligence (BI), которые обеспечивают визуализацию данных, фильтры и прогнозы. Безопасность данных и информационная безопасность также важны при использовании таких систем.

Ключевые слова: оперативное управление, предприятие, финансы, отгрузки, производство, анализ данных, информационные системы, business intelligence (BI), информационная безопасность.

Оперативное управление предприятием: финансами, отгрузками, производством, основано на анализе различных массивов данных, полученных из различных источников, десятков разнородных информационных систем. Планирование, управленческие решения, реагирование на прецеденты, проактивное принятие мер, всегда подразумевает владение информацией о ситуации; и чем полнее данные, тем более точное представление о проблеме и её решении. В наш век информатизации и глобализации зачастую руководители различных уровней желают располагать оперативной информацией со своего смартфона. На небольшом экране необходимо уместить наиболее важные данные в краткой информативной форме, желательно визуально совместимой с тем, что привычно видеть на большом экране монитора основного рабочего места, планшета, бумажного отчета.

Подобные системы business intelligence (BI) представлены многими разработчиками, включая облачные сервисы. Обширность возможностей и система подготовки данных требуют тщательной проработки высоко образованными специалистами, методологами, поэтому по своему построению системы BI дороги в разработке. Законченные продукты по цене внедрения и реализации могут достигать сотен тысяч евро. И, как правило, проекты продолжают развиваться. Системы обладают динамическими страницами, фильтрами по выбранным аспектам, подстраиваются под запросы пользователей, дополняются новыми массивами данных. Немаловажным аспектом современности является информационная безопасность. Экономический шпионаж, действия злоумышленников, должны быть пресечены минимальными достаточными средствами.

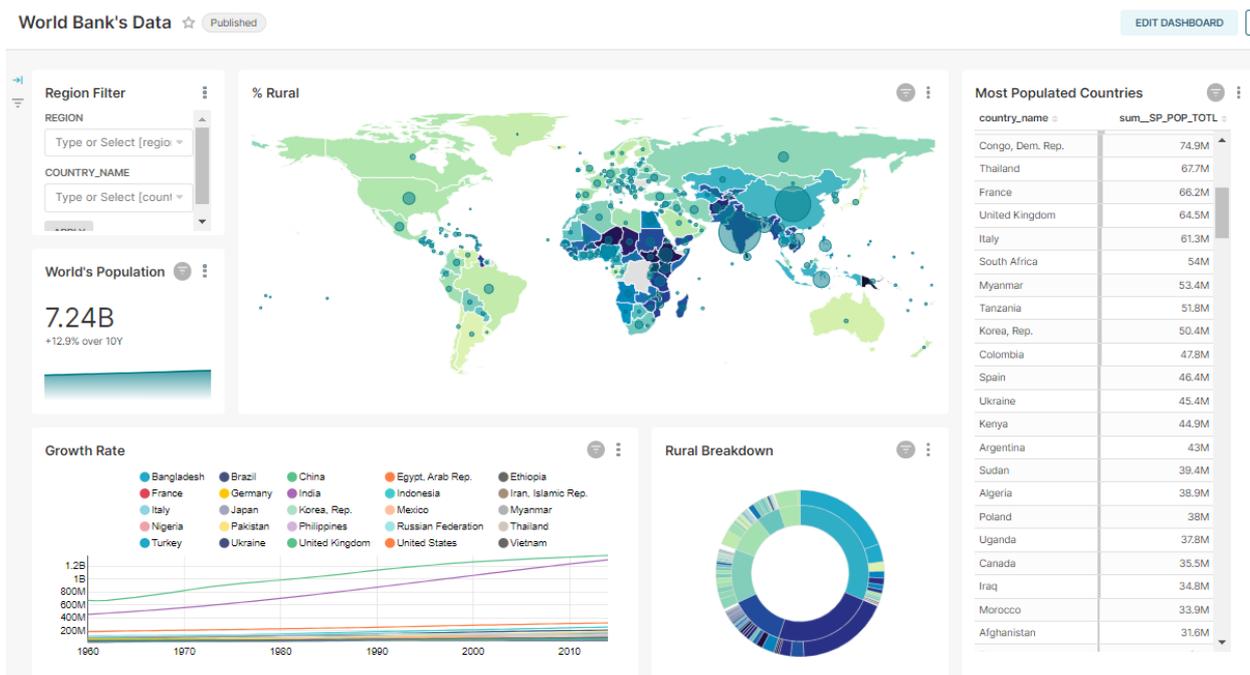


Рис. 1. Информационная панель

Данные представляются пользователям в конечном виде как страничка в интернете с графиками, ключевыми индикаторами, таблицами, на «Панель основных и ключевых показателей». Панель содержит как действительные текущие актуальные данные, так и агрегированные расчетные, прогнозные показатели. Данные из систем реального времени, систем в режиме производства отображаются в цветовой кодировке по статусу важности. Некоторые срочные события должны быть транслированы на индивидуальные средства связи, мессенджеры в мобильные телефоны пользователей.

Некоторые панели данных открыты, некоторые данные защищены аутентификацией. Сами системы должны быть легкими в сопровождении, открытом коде, низкой по себестоимости содержания и восстановления, резервирования и разделены по контуру от несанкционированного доступа и взлома. Данные на

предприятия обрабатываются в двух контурах: локальный (без доступа в интернет) и внешний/офисный (с доступом в интернет и прочие сегменты предприятия). В целях соблюдения политик безопасности у приложения-экспортера данных из внутреннего периметра (рис. 2) организуется доступ на передачу пакетов данных в приложение-посредник, почтовый менеджер сообщений RabbitMQ. Результаты передачи отображаются в журнале, который тоже отправляется мелкими посылками в стек ELK во внешнем контуре. Обработчики очередей в RabbitMQ написанные на Python, запущены как микросервисы на Docker [1]. Образы этих микросервисов выложены в публичное хранилище и в любой момент могут быть восстановлены на аппаратной платформе на площадке предприятия. Копии сценариев находятся в локальном FTP-хранилище резервных копий и на холодных резервных носителях.

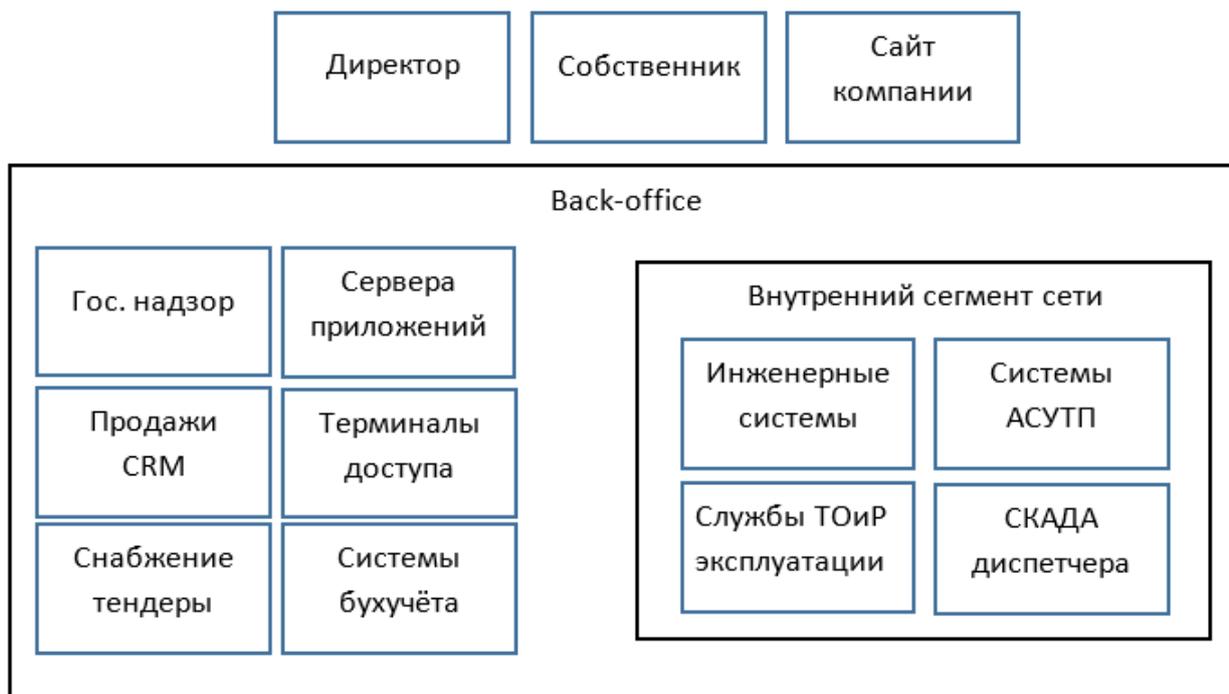


Рис. 2. Информационные периметры

Поскольку первоначальные представления о функциях системы обычно далеки от конечного результата, для анализа потребностей рассматривается стек бесплатных технологий на открытом исходном коде в свободном доступе на виртуальных платформах. Основа данных – экземпляр MS SQL для агрегирования промежуточных корпоративных данных из различных ERP-систем предприятия, группы компаний в сегменте Back-office, которые потом транслируются в систему внешнего контура. Стек систем по функционалу и сегментации:

1. Superset [2] от Apache для визуализации агрегированных и общих данных, самый внешний контур в облаке или DMZ. Бесплатная система, может быть поднята на Docker-container.
2. Elastic-Logstash-Kibana [3] (ELK) хранение журналов передачи данных и работы систем. Относится к сегменту Back-office, бесплатная и может быть организована на Docker-container. Как альтернативный вариант Grafana.
3. Zabbix [5], наблюдение за критической инфраструктурой, бесплатная, распространяемая в виде образа виртуальной машины. Сегмент Back-office.
4. Python-микросервисы интерфейсов обработки и передачи данных. Бесплатные образы Docker для исполнения микросценариев-служб. Сегмент Back-office для взаимодействия с внутренним контуром корпоративной сети.

5. RabbitMQ [4] для коммутации данных между подсистемами на разных платформах. Бесплатные образы Docker для исполнения микросценариев-служб. Сегмент Back-office для взаимодействия с внутренним контуром корпоративной сети, а также для передачи данных во внешние системы, в облако, в том числе.

6. Telegram-bot для оповещения пользователей оперативной информацией. Бесплатные средства программирования бота.

7. Техническая информация по описанию системы вносится в локальный экземпляр закрытой частной Wikipedia предприятия и систему электронного документооборота.

Главная задача – проактивность. На основе доступа к оперативным данным достигается видение объективной картины, слабых звеньев, критических участков. Элементы в систему могут добавляться оперативно, от модуля к модулю, разграничивая полномочия, доступы и дополняя новыми элементами данных. Реализация на подготовленные виртуальные машины – Docker-экземплярах/контейнерах всего технологического стека, резервируемых в облаке и с выделенным доступом к локальным папкам для хранения данных, сценариев-роботов, обеспечивает нулевую затратную стоимость на организацию, лицензирование и сопровождение системы, сокращая стоимость на эксплуатацию. Скорость восстановления и легкость изменения обеспечивается гибкостью

платформы наложения слоев на исходный образ.

Литература

1. Интернет-ресурс: Изучаем Docker, часть 1: основы. <https://habr.com/ru/company/ruvds/blog/438796/> (Дата обращения 06.11.2022 @ru_vds от 05.02.2019).

2. Интернет-ресурс: Apache Superset. Первый взгляд на BI инструмент. <https://habr.com/ru/post/681228/> (Дата обращения 06.11.2022 @grishenkovp 07.08.2022).

3. Интернет-ресурс: Как попробовать ELK-стек за один вечер и наконец-то перестать греб'ать логи. <https://habr.com/ru/post/671344/> (Дата обращения 06.11.2022 @blohinn 14.06.2022).

4. Интернет-ресурс: RabbitMQ. Часть 1. Introduction. Erlang, AMQP. <https://habr.com/ru/post/488654/> (Дата обращения 06.11.2022 @artemmatveev от 17.02.2020).

5. Интернет-ресурс: Универсальная система мониторинга Zabbix – введение. <https://habr.com/ru/post/73338/> (Дата обращения 06.11.2022 @tsx 25.10.2009).

PARSIN Artur Alfredovich

Master's student, Kazan (Volga Region) Federal University – Naberezhnye Chelny Branch, Russia, Naberezhnye Chelny

ALTYNOVA Elvira Rinatovna

undergraduate student, Kazan (Volga Region) Federal University – Naberezhnye Chelny Branch, Russia, Naberezhnye Chelny

Scientific supervisor – Associate Professor of Kazan (Volga Region) Federal University – Naberezhnye Chelny branch, Candidate of Technical Sciences Zubkov Evgeny Vitalievich

INFORMATION SYSTEM FOR DATA TRANSMISSION AND MONITORING OF PRODUCTION KPIS

Abstract. *The article says that the operational management of an enterprise is based on the analysis of various data sets from a variety of information systems. Business Intelligence (BI) systems are used to provide up-to-date information to managers at different levels, which provide data visualization, filters and forecasts. Data security and information security are also important when using such systems.*

Keywords: *operational management, enterprise, finance, shipments, production, data analysis, information systems, business intelligence (BI), information security.*

САФОНОВ Владислав Анатольевич

Севастопольский государственный университет, Россия, г. Севастополь

*Научный руководитель – доцент Севастопольского государственного университета,
кандидат технических наук Девицына Светлана Николаевна***ИССЛЕДОВАНИЕ УЯЗВИМОСТЕЙ И МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ ДАННЫХ
В ОБЛАЧНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ХРАНИЛИЩАХ**

Аннотация. В статье рассматриваются основные уязвимости и методы защиты данных в облачных информационных хранилищах. В последние годы облачные технологии стали интегральной частью корпоративных и частных информационных систем, однако вопросы безопасности данных продолжают оставаться актуальными. В работе проведен анализ существующих угроз для облачных хранилищ, включая нарушения конфиденциальности, потери данных и атаки на доступность сервисов. Основное внимание уделено современным методам шифрования, аутентификации и обеспечения целостности данных. Также предложены рекомендации по разработке комплексной стратегии защиты данных на основе многоуровневой безопасности, которая учитывает как технические, так и организационные аспекты. Результаты исследования могут быть использованы для повышения эффективности систем защиты информации в облачных средах.

Ключевые слова: облачные хранилища данных, уязвимости в облачных системах, защита данных, кибербезопасность, шифрование данных, аутентификация, многоуровневая безопасность, информационная безопасность.

В эпоху цифровизации, когда огромные объемы данных передаются и хранятся в интернете, облачные вычисления становятся все более популярным и востребованным решением для бизнеса и частных пользователей. Облачные технологии предлагают значительные преимущества, включая масштабируемость, гибкость и экономическую эффективность, позволяя пользователям доступ к ресурсам и данным с любого устройства и в любой точке мира. Эти особенности делают облачные сервисы идеальным решением для поддержки современных динамичных бизнес-моделей.

Тем не менее, несмотря на удобство и возможности, которые предоставляют облачные вычисления, они также влекут за собой уникальные риски и вызовы в области безопасности данных. Ключевыми проблемами являются угрозы утечек информации, несанкционированного доступа и потери данных. Эти риски могут возникать из-за различных факторов, включая атаки хакеров, внутренние угрозы, ошибки в настройках конфигурации или недостатки в обеспечении безопасности со стороны провайдеров облачных услуг.

С увеличением количества кибератак и утонченности методов киберпреступников

необходимость в усилении мер безопасности становится очевидной. Особое внимание в этом контексте следует уделить защите конфиденциальности, целостности и доступности данных. Эти три аспекта составляют основу безопасности информационных систем и являются критически важными для поддержания доверия и надежности облачных сервисов.

В этом контексте важно провести глубокий анализ существующих угроз и разработать эффективные стратегии и технические решения, направленные на защиту данных в облачных хранилищах. Исследование, представленное в данной работе, направлено на выявление основных уязвимостей облачных систем и разработку рекомендаций по их устранению, чтобы укрепить безопасность данных и обеспечить устойчивость облачных информационных систем к потенциальным угрозам.

Обзор существующих уязвимостей

Конфиденциальность данных: конфиденциальность данных подразумевает возможность доступа к данным лишь уполномоченными пользователями. В облачных системах уязвимости могут возникать из-за неправильно настроенных политик доступа или слабых аутентификационных механизмов.

Целостность данных: поддержание целостности данных означает защиту от несанкционированных изменений. Атаки, направленные на нарушение целостности, могут включать в себя внедрение вредоносного кода или манипуляцию данными.

Доступность данных: доступность данных является критически важной для бизнес-процессов. Атаки типа отказ в обслуживании (DoS) могут привести к временной недоступности сервисов, что влечет за собой прямые убытки.

Конфиденциальность данных

Конфиденциальность данных – это один из основных аспектов безопасности, который обеспечивает доступ к информации исключительно уполномоченным лицам. В контексте облачных систем этот аспект становится особенно важен из-за централизованного хранения и обработки данных. Основными угрозами конфиденциальности в облачных хранилищах являются неправильно сконфигурированные политики доступа, уязвимости в методах аутентификации, а также возможные пробелы в шифровании данных. Некорректно настроенные политики доступа могут привести к тому, что чувствительные данные становятся доступны для неуполномоченных пользователей, в то время как слабые аутентификационные механизмы могут облегчить злоумышленникам процесс получения доступа к аккаунтам.

Целостность данных

Целостность данных означает сохранение и защиту данных от несанкционированных изменений, которые могут быть вызваны как внешними атаками, так и внутренними ошибками. Нарушение целостности может включать в себя всё от случайной ошибки пользователя до умышленных действий по манипуляции или порче данных. В облачных системах, где данные обрабатываются и передаются через сеть, вредоносное ПО и различные сценарии атак могут привести к модификации данных в целях мошенничества или вандализма. Использование методов криптографического хеширования и цифровых подписей является ключевым подходом к защите целостности данных.

Доступность данных

Доступность данных критически важна для обеспечения непрерывности бизнес-процессов, особенно в высоконагруженных секторах, таких как финансы, здравоохранение и ритейл. Облачные системы, хотя и предлагают высокую степень избыточности и восстановления после сбоев, подвержены атакам, направленным на

нарушение доступности сервисов, таким как распределенные атаки типа «отказ в обслуживании» (DDoS). Эти атаки могут загружать ресурсы системы до такой степени, что легитимные пользователи не могут получить доступ к нужным данным или сервисам. Разработка стратегий мониторинга, управления трафиком и отказоустойчивости является критической задачей для обеспечения доступности данных в облачных условиях.

Эти уязвимости требуют комплексного подхода к безопасности, который должен включать технические, процедурные и организационные меры для их устранения. Продолжительное внимание к каждому из этих аспектов позволит обеспечить высокий уровень безопасности данных в облачной среде.

Методы защиты данных

Шифрование данных

Шифрование представляет собой один из самых эффективных способов защиты конфиденциальности данных, препятствуя несанкционированному доступу к информации даже в случае её утечки. Оно может быть реализовано с использованием различных алгоритмов, включая симметричные (AES, DES) и асимметричные методы (RSA, ECC). Симметричные алгоритмы используют один и тот же ключ для шифрования и расшифрования данных, что обеспечивает высокую скорость обработки данных, но требует безопасной передачи ключа. Асимметричное шифрование использует пару ключей – публичный и приватный – что решает проблему безопасной передачи ключей, но за счет снижения скорости операций. Дополнительные механизмы, такие как гибридное шифрование, комбинируют эти методы, используя асимметричное шифрование для безопасной передачи симметричного ключа, который затем используется для шифрования данных.

Аутентификация и управление доступом

Эффективные аутентификационные процессы и строгие политики управления доступом являются критически важными для обеспечения того, что доступ к облачным данным предоставляется только уполномоченным пользователям. Многофакторная аутентификация (MFA) значительно увеличивает безопасность, требуя более одного подтверждения идентичности пользователя, что может включать что-то, что пользователь знает (пароль), что-то, что у него есть (токен или смарт-карта), и что-то, что является частью пользователя

(биометрия). Эти методы могут быть дополнены динамическими политиками доступа, которые оценивают контекст запроса доступа, такой как время, местоположение и устройство, чтобы принять решение о предоставлении доступа к ресурсам.

Обеспечение целостности данных

Защита целостности данных обеспечивает защиту от несанкционированных изменений и важна не только для предотвращения манипуляций, но и для обеспечения точности и полноты данных в процессах принятия решений. Технологии, такие как хеширование и цифровые подписи, играют ключевую роль в этом процессе. Хеширование преобразует данные в короткую, фиксированную длину хеш-сумму, которая уникально представляет данные и изменяется при любом изменении данных, что позволяет легко обнаружить модификации. Цифровые подписи дополнительно позволяют подтвердить источник данных, предоставляя уверенность в том, что данные не были изменены после подписания уполномоченным лицом. Эти механизмы часто дополняются системами контроля версий и резервного копирования, которые могут восстанавливать данные в исходное состояние в случае их изменения или утраты.

Рекомендации по стратегии защиты данных

Для обеспечения комплексной защиты данных в облачных хранилищах предлагается многоуровневая стратегия, которая охватывает как технические, так и организационные аспекты безопасности. Эффективность такой стратегии зависит от её способности адаптироваться к изменяющимся угрозам и технологическим условиям.

Регулярный аудит и мониторинг

Регулярное проведение аудитов безопасности и непрерывный мониторинг сетевой активности и операций с данными помогают своевременно обнаруживать и реагировать на потенциальные угрозы. Аудит должен включать проверку на соответствие стандартам безопасности, анализ конфигураций системы и оценку политик управления доступом.

Обучение персонала

Повышение уровня осведомлённости и компетенций сотрудников в области кибербезопасности является ключевым элементом защиты данных. Регулярное обучение персонала должно включать информирование о последних киберугрозах, обучение методам

предотвращения фишинговых атак и правильному обращению с конфиденциальной информацией.

Применение современных технологий защиты

Использование передовых технологических решений, таких как шифрование данных, многофакторная аутентификация, и интеллектуальные системы обнаружения и предотвращения вторжений, обеспечивает эффективную защиту данных. Важно регулярно обновлять программное обеспечение и использовать автоматизированные инструменты для выявления уязвимостей.

Разработка планов реагирования на инциденты

Определение чётких процедур реагирования на инциденты кибербезопасности позволяет быстро восстановить работоспособность системы и минимизировать ущерб от возможных атак. Планы должны включать шаги по идентификации, оценке, устранению последствий нарушений и уведомлению заинтересованных сторон.

Интеграция правовых и организационных мер

Соблюдение законодательства о защите данных и внедрение строгих организационных мер также играют важную роль в обеспечении безопасности данных. Это включает разработку внутренних политик, ограничение доступа к критически важной информации и регулярное проведение юридических проверок для соответствия нормативным требованиям.

Заключение

В заключение наше исследование подчеркивает необходимость комплексного подхода к защите данных в облачных хранилищах. Многоуровневая стратегия, включающая как технические, так и организационные меры, может значительно повысить уровень безопасности информационных систем, работающих в облачной среде, и снизить риски, связанные с утечкой и потерей данных. Такой подход не только укрепляет защиту данных, но и способствует устойчивому развитию организаций в условиях постоянно изменяющегося ландшафта угроз и технологий.

Литература

1. Беспалова Н.В., Нечаев С.В. Обеспечение информационной безопасности облачных хранилищ // Вопросы безопасности. – 2023. – №. 2. – С. 19-26.

2. Афанасьева А.В., Морозова П.Е., Севрюк Д.Е. Исследование технологий безопасности в облачных системах // ББК 65.050: 32.97 В92 Редакционная коллегия: Глав. ред. д. э. н., проф. Кулагина НА, отв. ред. к. э. н., доц.

Азаренко НЮ, техн. ред. к. э. н., доц. Чепикова. – 2023. – С. 40.

3. Зонова Д.Ю. Способы защиты облачных хранилищ // Colloquium-journal. – Голопристанський міськрайонний центр зайнятості, 2024. – №. 2 (195). – С. 10-14.

SAFONOV Vladislav Anatolievich

Sevastopol State University, Russia, Sevastopol

*Scientific Advisor – Associate Professor of Sevastopol State University,
Candidate of Technical Sciences Devitsyna Svetlana Nikolaevna*

INVESTIGATION OF VULNERABILITIES AND METHODS OF DATA PROTECTION IN CLOUD INFORMATION STORAGE

Abstract. *The article discusses the main vulnerabilities and methods of data protection in cloud information storage. In recent years, cloud technologies have become an integral part of corporate and private information systems, but data security issues continue to be relevant. The paper analyzes the existing threats to cloud storage, including privacy violations, data loss and attacks on the availability of services. The main focus is on modern methods of encryption, authentication and data integrity. Recommendations are also proposed for the development of a comprehensive data protection strategy based on multi-level security, which takes into account both technical and organizational aspects. The results of the study can be used to improve the efficiency of information security systems in cloud environments.*

Keywords: *cloud data warehouses, vulnerabilities in cloud systems, data protection, cybersecurity, data encryption, authentication, multi-level security, information security.*

АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО



10.5281/zenodo.11391883

МАМАЕВ Олег Александрович

Россия, г. Санкт-Петербург

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРЕДПРОЕКТНОЙ ПРОРАБОТКИ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ ВЫСОТ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ МЕСТ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ

Аннотация. В статье рассматривается возможность оптимизации работ по определению мест расположения объектов, снижения затрат и сокращения сроков выполнения предпроектной проработки крупных площадных и линейных объектов, расположенных на удалённых малоосвоенных территориях, за счет использования информации цифровых моделей высот земной поверхности, созданных при помощи космических аппаратов.

Ключевые слова: предпроектная проработка, определение мест расположения объектов, цифровая модель высот, геопространственная информация, SRTM, ASTER GDEM, ALOS AW3D, MERIT DEM, GeoTIFF.

Реализация строительного проекта представляет собой длительный жизненный цикл, включающий в себя несколько неразрывно взаимосвязанных этапов: разработка концепции проекта, проектирование, строительство объектов проекта, пусконаладочные работы, эксплуатация и, как финал, реконструкция или демонтаж объектов с последующей рекультивацией. Каждый из этих этапов имеет свои специфические требования и задачи.

Разработка концепции проекта также именуется как предпроектная проработка и является самым первым из начальных шагов реализации строительного проекта.

В ходе предпроектной проработки определяется общая концепция будущего объекта и его основные технико-экономические характеристики.

Корректность и достоверность результатов предпроектной проработки исключительно важны, так как именно на рассмотрении данной информации будет приниматься решение о целесообразности и реализуемости проекта, об объёме необходимого бюджета и прочие ключевые решения по реализации проекта.

На этой стадии решаются следующие задачи:

- Определение возможных мест расположения объектов проекта и трассировки линейных коммуникаций (далее – Определение мест расположения объектов), с учетом возможностей и ограничений земельных участков.
- Разработка эскизного проекта, основных технических, технологических и объёмно-пространственных решений по объектам проекта.
- Выявление потенциальных угроз и проблем, с которыми возможно столкнуться при реализации проекта.
- Расчет технико-экономических показателей проекта, с доступной на данном этапе точностью.
- Определение сроков реализации проекта, требуемых ресурсов и бюджетных затрат.

Необходимо отметить, что корректность Определения мест расположения объектов, также именуемое в иностранной литературе как «Site selection», является ключевым аспектом для всей предпроектной проработки.

Недостаточная проработка на данном этапе может повлечь, как минимум, увеличение сроков и удорожание реализации проекта в целом. Одним из известных примеров является перетрассировка расположения магистрального нефтепровода трубопроводной системы «Восточная Сибирь – Тихий океан» в 2006 году более чем на 40 км на север [1] по причине экологических рисков [2], что повлекло увеличение протяженности нефтепровода примерно на 400 км [3].

Критическая важность корректного Определения мест расположения объектов подтверждается тем, что данные вопросы отдельно регламентированы в стандартах многих ведущих промышленных организаций Российской Федерации. Например, требования к Определению мест расположения объектов отражены в инструкции по организации и проведению сбора исходных данных для строительства и реконструкции объектов ПАО «Газпром» [4, с. 19], Инструкции о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство зданий и сооружений ОАО «Газпром» [5, с. 28] и ряде других.

Важность корректного Определения мест расположения объектов отражена также в трудах зарубежных исследователей стран Европы [6], Северной Америки [7] и иных, а также в нормативно-технической документации некоторых стран [8, с. 6].

Корректное Определение мест расположения объектов невозможно без исчерпывающей подробной геопространственной информации [19] о рассматриваемой территории и расположенных на ней объектах.

В то же время вновь возводимые крупные энергетические, нефтегазовые, горнодобывающие предприятия, линии связи, а также дальние межсистемные и магистральные линии электропередач, магистральные газопроводы и

нефтепроводы зачастую предполагаются к расположению на удалённых малоосвоенных территориях, на которых материалы с геопространственной информацией либо недостаточно подробные, устаревшие, либо в целом отсутствуют.

Выходом могло бы являться выполнение топографической съёмки предполагаемых мест расположения объектов. Но данные работы продолжительны, требовательны к погодным и сезонным условиям, и требуют больших финансовых затрат. В то же время на этапе предпроектной проработки бюджет доступных финансовых средств, как правило, незначителен. Ведь именно по результатам рассмотрения итогов предпроектной проработки будет приниматься решение о выделении основных средств на реализацию проекта.

Одним из возможных вариантов, а в некоторых случаях (например, при сжатых сроках предпроектных работ) единственно возможным вариантом, является использование в качестве геопространственной информации цифровых моделей высот (Digital Elevation Model – DEM), полученных на основе данных дистанционного зондирования Земли с космических аппаратов.

Цифровые модели высот делятся на 2 категории:

- цифровая модель местности (ЦММ);
- цифровая модель рельефа (ЦМР).

ЦММ отображает рельеф с учетом всех объектов, расположенных на поверхности (здания, лес и прочее). ЦМР, напротив, отображает исключительно рельеф поверхности земли, без строений, лесов и прочих объектов [9, с. 1-33].

В целом, ЦМР и ЦММ – это цифровое представление топографической поверхности и расположенных на ней трёхмерных объектов (для ЦММ) в виде растра или регулярной сети ячеек заданного размера (рис. 1).

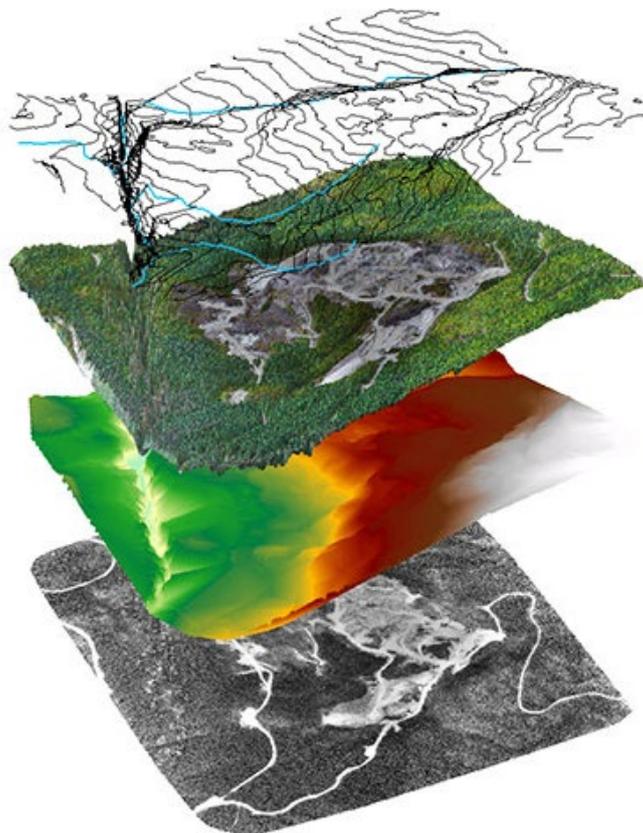


Рис. 1. Пример цифровой модели высот [10]

Первоначально для построения ЦМР и ЦММ использовали данные классической топографической съёмки, а также материалы аэрофотосъёмки и лазерного сканирования рельефа земельных участков.

Но в конце XX века, благодаря научным достижениям в области космонавтики,

глобальных систем навигации, оптики высокого разрешения, высокоточной радиолокации и цифровых систем хранения и обработки информации, появилась возможность выполнить построение ЦМР и ЦММ при помощи съёмки земной поверхности с борта космических аппаратов (рис. 2).



Рис. 2. Радарная интерферометрическая съёмка земной поверхности с борта космических аппаратов высот [11]

Первый, и наиболее известный проект по созданию цифровой модели высот Земли с помощью радарной топографической съёмки её поверхности – это международный исследовательский проект, известный под названием

«Радиолокационная топографическая миссия шаттла» или SRTM (англ. Shuttle Radar Topography Mission), выполнивший в феврале 2000 года съёмку с борта шаттла «Индевор» (рис. 3).

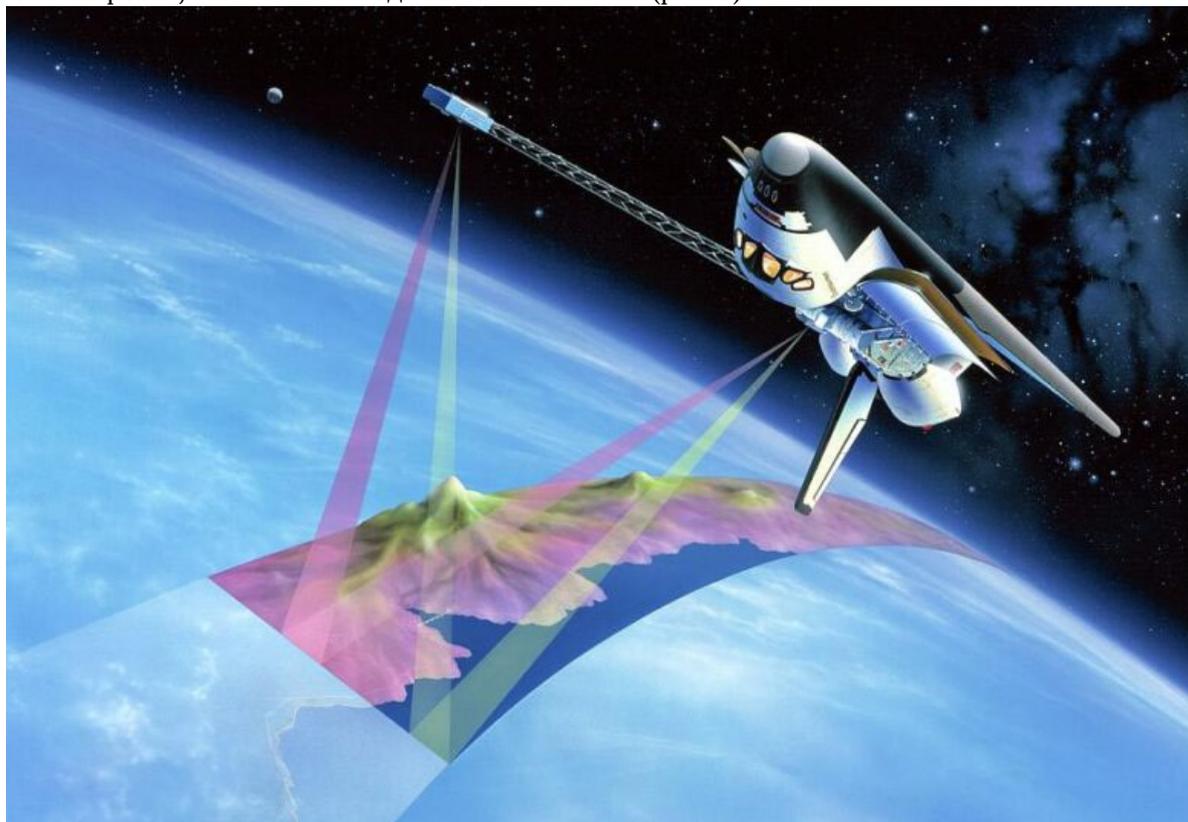


Рис. 3. Shuttle Radar Topography Mission [12]

Полученная цифровая модель охватила 80% земной суши, в диапазоне от 56° южной

широты до 60° северной широты (рис. 4).

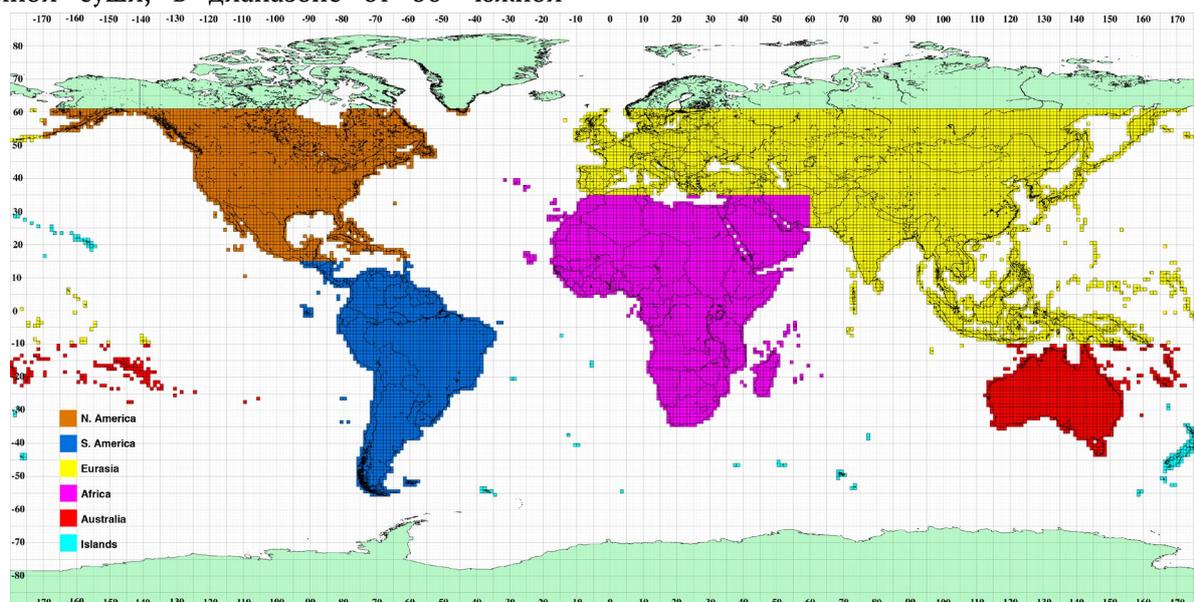


Рис. 4. Снятая в ходе Проекта SRTM поверхность Земли [13]

SRTM первый, но не единственный проект по созданию глобальной цифровой модели высот земной поверхности при помощи

космических аппаратов. Наиболее известны следующие проекты:

- ASTER GDEM, год создания – 2009;

- ALOS AW3D, год создания – 2016;
- MERIT DEM, год создания – 2018.

При рассмотрении возможности использования цифровых моделей высот земной поверхности одними из важнейших вопросов можно назвать следующие:

- Доступность;
- Достоверность (Актуальность);
- Точность;

- Технические требования к программному обеспечению для обработки информации.

Все вышеуказанные цифровые модели высот являются общедоступными, информация данных моделей высот может быть получена с соответствующих сайтов сети Интернет (табл. 1). Некоторые цифровые модели высот имеют определённые лицензионные ограничения.

Таблица 1

Расположение информации цифровых моделей высот

Цифровая модель высот	Доступ к информации
SRTM	https://srtm.csi.cgiar.org/srtmdata/
ASTER GDEM	https://asterweb.jpl.nasa.gov/data.asp
ALOS AW3D	https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/index_e.htm
MERIT DEM	https://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamada/MERIT_DEM/

Вопрос актуальности (достоверности) используемой геопространственной информации является одним из важных. Нельзя формировать заключение по предпроектной проработке проекта основываясь на не соответствующей реальной ситуации информации.

Наиболее актуальная цифровая модель высот MERIT DEM создана четыре года назад, SRTM создана почти четверть века назад. Но в рассматриваемом случае, когда проводится предпроектная проработка по объектам, предполагаемым к расположению на удалённых

малоосвоенных территориях, год создания цифровой модели высот не является критичным, так как изменения в рельефе в краткосрочном периоде при отсутствии антропогенного воздействия, как правило, незначительны и могут быть уточнены либо локальной топографической съёмкой (например, в местах береговых и русловых процессов), либо на последующих этапах реализации проекта.

Второй важный вопрос – точность информации. Различные цифровые модели высот имеют различную точность (табл. 2) [14].

Таблица 2

Точность информации цифровых моделей высот

Параметр	SRTM	ASTER GDEM	ALOS AW3D	MERIT DEM
Пространственное разрешение	1" x 1"	1" x 1"	от 1" x 1" (30x30 м) – открытые данные; до 0,1" x 0,1" (2,5x2,5 м) – коммерческая версия.	3" x 3"
Охват	60°с.ш. 56°ю.ш.	83°с.ш. 83°ю.ш.	Весь мир	90°с.ш. 60°ю.ш.
Оценка точности по высоте	16 м	20 м	5 м	9 м
Оценка точности в плане	20 м	30 м	5 м	12–14 м

Имеется ряд исследовательских работ, посвященных оценке фактической точности цифровых моделей высот за счет сравнения с результатами классической топографической съёмки. В частности, в работе «Сравнение цифровых моделей рельефа» [15, с. 65-86]

выполнено подробное взаимное статистическое сравнение различных цифровых моделей высот с изложением полученных результатов в виде таблицы (табл. 3) [15, с. 79] и графика (рис. 5) [15, с. 80].

Таблица 3

Результаты математического анализа сравниваемых моделей местности

Параметр	Топоплан	ALOS AW3D	SRTM	ASTER GDEM
Среднее	157,96	156,62	156,14	157,40
Дисперсия выборки	1 397,54	1 406,24	1 401,24	1 445,96
Стандартная ошибка	0,51	0,51	0,51	0,52
Мода	134,00	130,00	147,00	139,00
Стандартное отклонение	37,38	37,50	37,50	38,03
Экссесс	-0,61	-0,59	-0,60	-0,57
Асимметрия	0,15	0,15	0,14	0,13

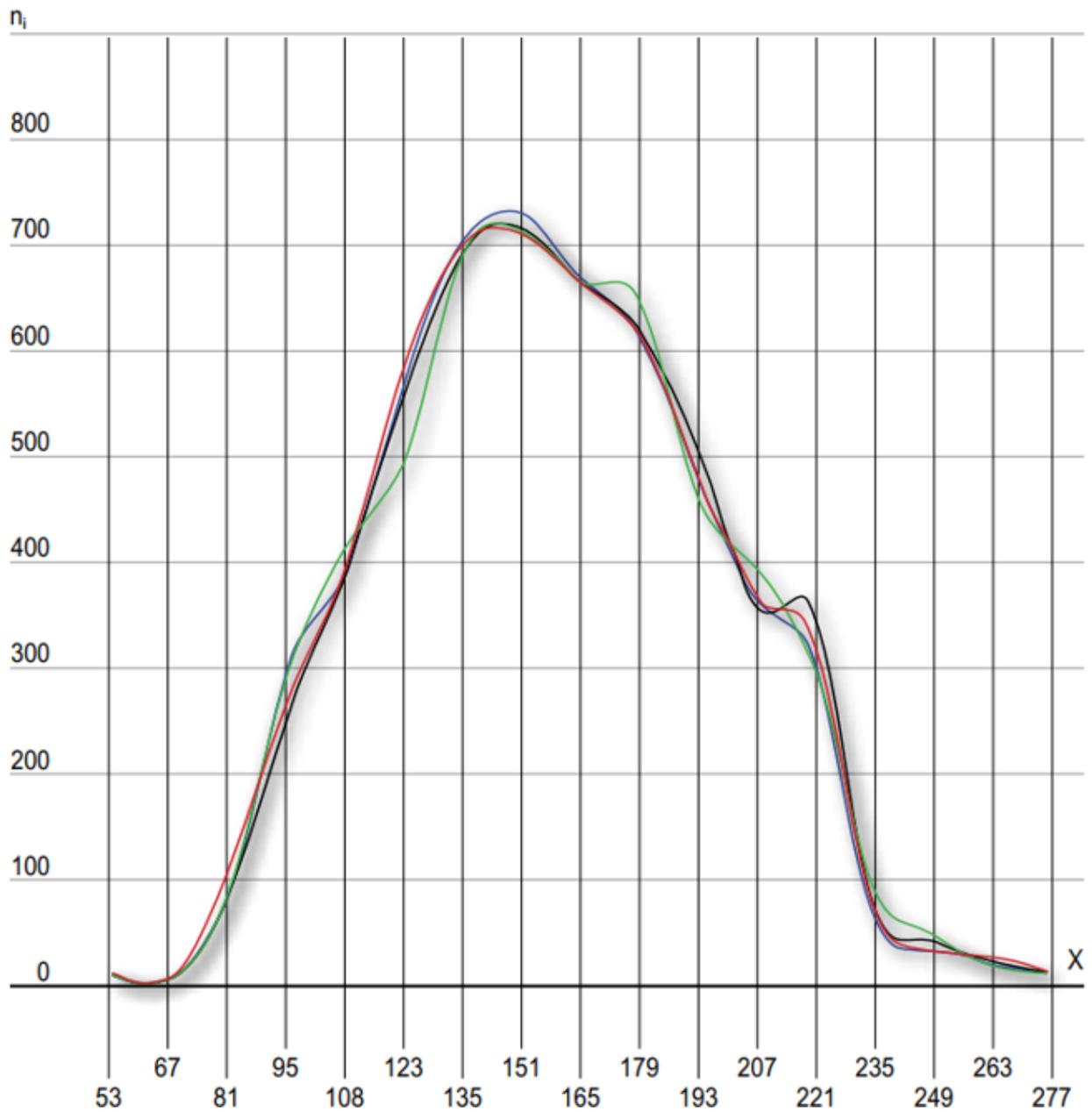


Рис. 5. Распределение частот выборки по формуле Стерджесса: n_i – частота встречаемости, X – середина интервала высот

В работе «Оценка точности матрицы высот SRTM по материалам топографических съёмок» [16, с. 13-17] было выполнено сравнение сформированного по данным SRTM профиля трассы линейного протяженного объекта в

Северо-Западном регионе РФ с профилем, построенным по материалам классической топографической съёмки (рис. 6) [16, с. 16]. Общая длина трассы 82 км.

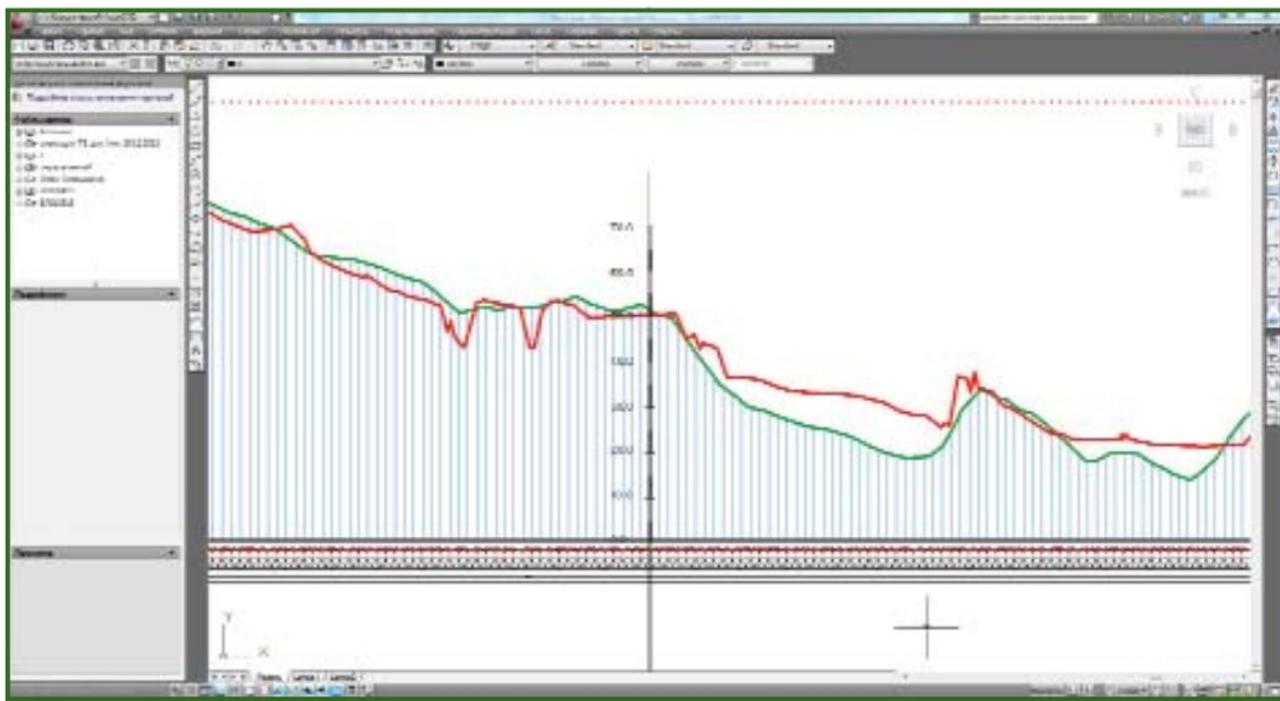


Рис. 6. Фрагмент участка с совмещенными в плане профилями после исключения систематической погрешности

Одним из выводов данной работы указано, что среднее отклонение (СО) и среднее квадратическое отклонение (СКО) на всех участках трассы отличаются не более чем на 10% от своей абсолютной величины. Таким образом, с некоторым приближением можно считать, что СО, равное 12,8 м, и СКО, равное 4,0 м, могут быть приняты для всей трассы. Для исключения систематической погрешности в разнице высот абсолютные значения ортометрических высот были уменьшены на 12,8 м. После процедуры исключения вновь вычисленное СО стало равным 1,0 м, а СКО не изменилось [16, с. 16-17], что можно считать хорошим результатом.

Точность цифровой модели высот SRTM, применительно для площадных объектов, рассмотрена в работе «Оценка точности высот SRTM для целей ортотрансформирования космических снимков высокого разрешения» [17, с. 40-46]. В результате подробных расчетов был сделан вывод о том, что для участков открытой местности и малоэтажной застройки территории сельских населенных пунктов исследованного в работе земельного участка точность

материалов не хуже ортофотопланов масштаба 1:2000 [17, с. 46].

Таким образом, основываясь на результатах сравнения цифровых моделей высот земной поверхности, созданных при помощи космических аппаратов, с реальными профилями земельных участков площадных и линейных объектов можно сделать вывод о достаточной точности геопространственной информации данных моделей высот для использования на этапе предпроектной проработки в рамках Определения мест расположения объектов на удалённых малоосвоенных территориях.

Отдельно необходимо затронуть технические требования к программному обеспечению для обработки информации цифровых моделей высот.

Информация цифровых моделей высот земной поверхности, созданных при помощи космических аппаратов, сформирована, как правило, в формате GeoTIFF.

GeoTIFF это, по сути, обычный графический файл формата TIFF, но с дополнительными метаданными о картографической проекции,

системе географических координат, модели геоида и иной необходимой информации. Таким образом, если говорить упрощённо, каждый пиксель файла GeoTIFF имеет точную

привязку к широте и долготе, а яркость пикселя отражает высотную отметку (рис. 7). Спецификация формата GeoTIFF является открытой и общедоступной.

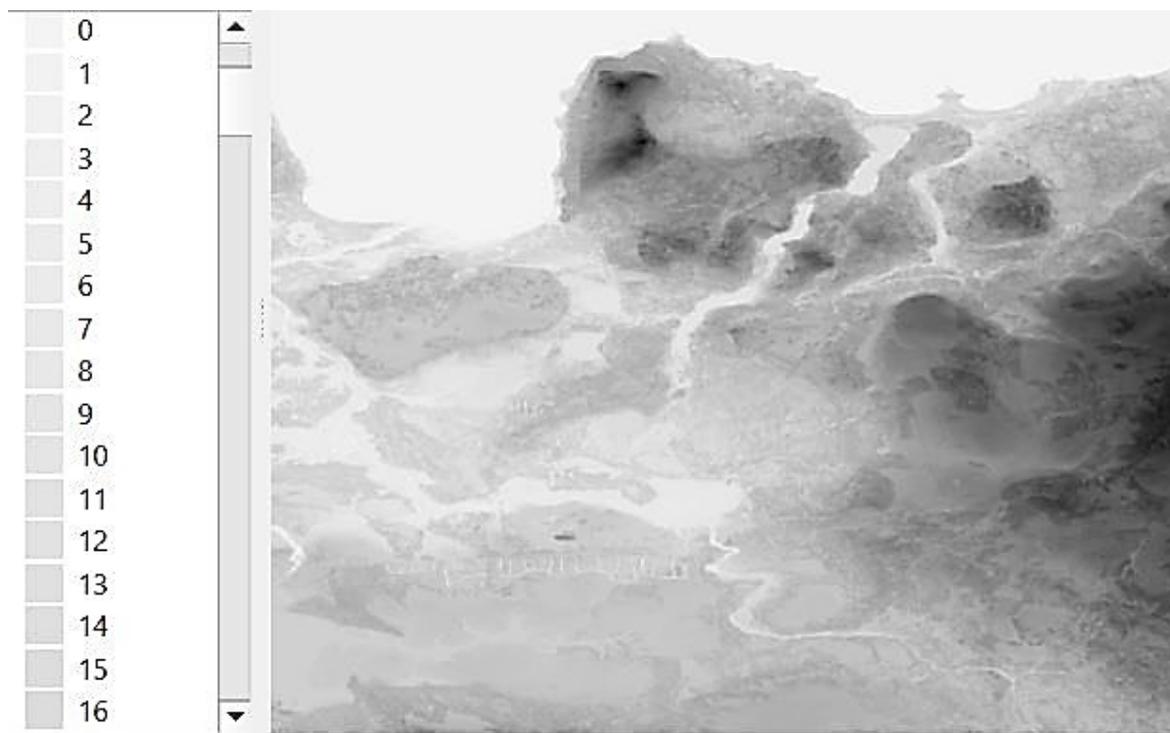


Рис. 7. Отображение рельефа земной поверхности в файле GeoTIFF

Практически всё современное программное обеспечение, специализированное для работы с геопространственной информацией (так называемые геоинформационные системы), позволяет обрабатывать файлы GeoTIFF.

Отдельно стоит упомянуть широко известную геоинформационную систему QGIS, также известную как Quantum GIS.

QGIS это свободно распространяемая бесплатная геоинформационная система, имеющая версии для работы в операционной системе Windows и на большинстве платформ семейства Unix (включая Mac OS).

QGIS поддерживает множество векторных и растровых форматов и баз данных, а также имеет богатый набор встроенных инструментов.

В сети Интернет имеется большое количество справочной информации, посвященной как азам работы с QGIS, так и решению

сложных узкоспециализированных задач, например, ресурс общего доступа «QGIS project» [18].

Это мощное программное обеспечение, с большой библиотекой дополнительных модулей и со встроенным специализированным алгоритмическим языком, что позволяет с успехом использовать QGIS практически для любых задач обработки геопространственной информации.

Применительно к Определению мест расположения объектов, QGIS можно использовать, в том числе, для обработки информации цифровых моделей высот земной поверхности, созданных при помощи космических аппаратов.

В частности, на основе цифровых моделей высот земной поверхности данных возможно построить виртуальную 3D-модель исследуемого участка земной поверхности (рис. 8) и визуально оценить рельеф участка земли.

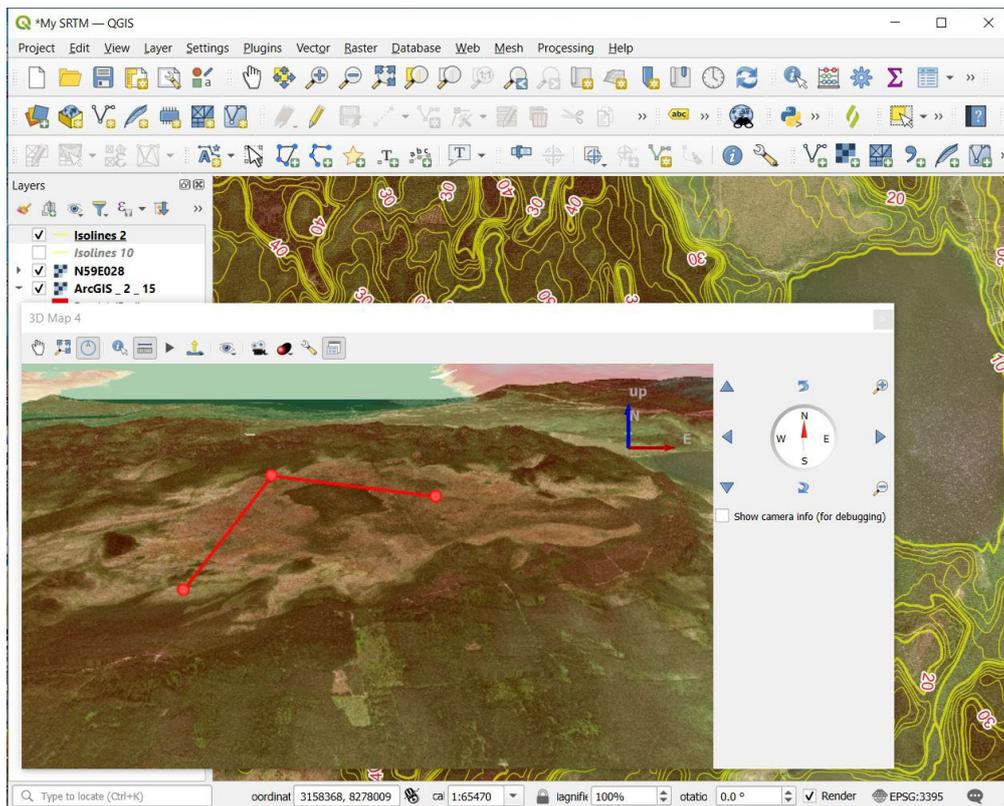


Рис. 8. Построение в QGIS 3D-модели участка земной поверхности

Также в QGIS возможно построение горизонталей и профилей высот исследуемого участка земной поверхности. До 2022 года основным инструментом для построения профилей высот в QGIS были плагины, но с выходом QGIS версии 3.26 широкий набор функций для этого появился прямо в программе (рис. 9).

При этом QGIS позволяет одновременно отображать информацию различных источников в виде взаимно совмещенных слоёв с различной степенью прозрачности, что значительно упрощает анализ информации в целом.

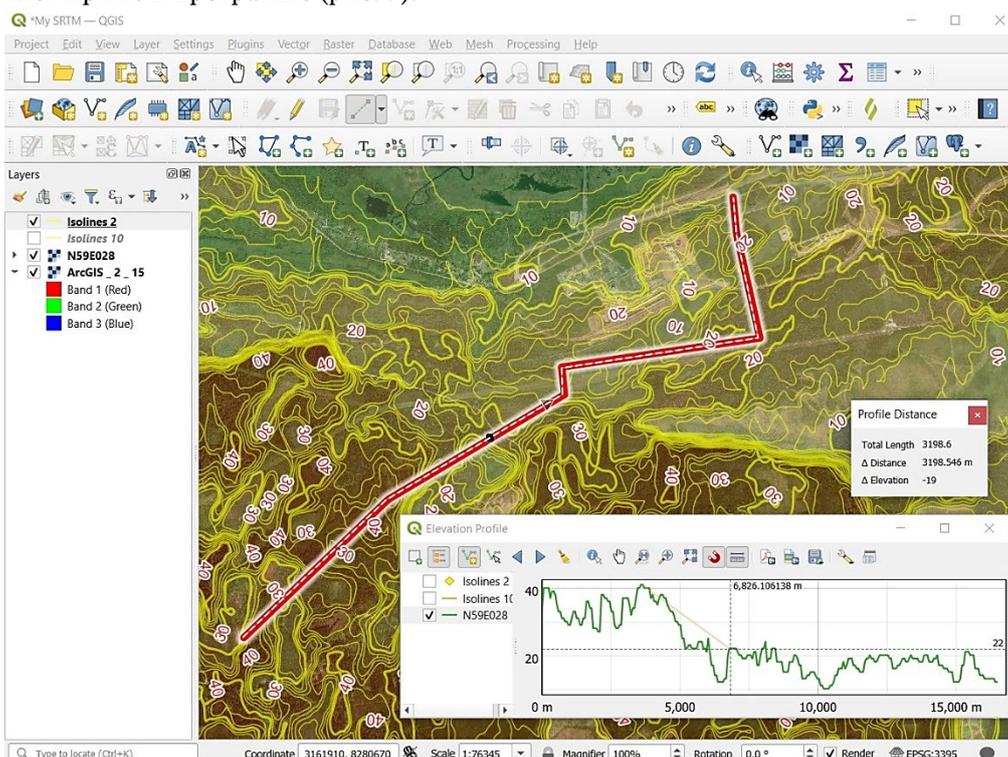


Рис. 9. Построение в QGIS профилей высот земной поверхности

Как построение 3D-модели исследуемого участка, так и построение горизонталей и профилей высот в QGIS осуществляются в режиме on-line, что снижает затраты времени на изучение рельефа земельного участка и Определение мест расположения объектов.

Таким образом, можно сделать общее заключение, что информация цифровых моделей высот земной поверхности, созданных при помощи космических аппаратов:

- является общедоступной с открытой структурой данных;
- применительно к удалённым малоосвоенным территориям и при отсутствии антропогенного воздействия является достоверной и актуальной;
- имеет достаточную точность для целей Определения мест расположения объектов на предпроектной стадии реализации проектов;
- может быть обработана на бесплатном, легальном и широкодоступном программном обеспечении.

Соответственно, использование информации цифровых моделей высот земной поверхности, созданных при помощи космических аппаратов, в качестве источника геопространственной информации открывает широкие возможности для оптимизации Определения мест расположения объектов, а также снижения затрат и сокращения сроков выполнения предпроектной проработки крупных площадных и линейных объектов, расположенных на удалённых малоосвоенных территориях.

Литература

1. Трубопроводная система «Восточная Сибирь – Тихий океан», 1-я очередь // Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации (Минэнерго России). URL: <https://minenergo.gov.ru/vsto-1> (дата обращения: 23.05.2024).
2. Линия нефтепровода Восточная Сибирь – Тихий океан (ВСТО) должна пройти севернее водосборного бассейна Байкала // Официальный сайт Администрации Президента России. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/35451> (дата обращения: 23.05.2024).
3. Трубопроводная система «Восточная Сибирь – Тихий океан» // Официальный сайт ПАО «Транснефть». URL: <https://www.transneft.ru/about/projects/truboprovodnaya-sistema-vostochnaya-sibir-tikhiy-okean> (дата обращения: 23.05.2024).

4. Инструкция по организации и проведению сбора исходных данных для строительства и реконструкции объектов ПАО «Газпром». Введ. с 22.05.2018 / Москва: ПАО «Газпром», 2018. 54 с.

5. СТО Газпром 2-1.12-434-2010 «Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство зданий и сооружений ОАО «Газпром» / Введ. с 18.03.2010 / Москва: ОАО «Газпром», 2010. 164с.

6. Glatte Thomas, Industrial Production Site Selection Expert Verlag, Renningen, Germany, 2013.

7. James Nearhood, Industrial Site Selection: Existing Institutions and Proposals for Reform, 55 Neb. L. Rev. 440, 1976. Режим доступа: <https://digitalcommons.unl.edu/nlr/vol55/iss3/5>.

8. The Site Selection Guide / U.S. General Services Administration, USA, 2011. Режим доступа: https://www.gsa.gov/system/files/Site_Selection_Guide.pdf.

9. Farr T.G., Rosen P.A., Caro E., Crippen R., Duren R., Hensley S., Kobrick M., Paller M., Rodriguez E., Roth L. The shuttle radar topography mission. Reviews Geophysics. 2007. №. 2 (45). P. 1-33.

10. Sistema SIG en topografía / 4D Metric Topografía, Laser Scanner y Digitalización 3D, 2015 Todos los derechos reservados URL: <https://www.4dmetric.com/wp-content/uploads/2017/08/sistema-sig-en-topografia-capas.jpg> (дата обращения: 23.05.2024).

11. Satelitní byznys měl celosvětový obrat 261 miliard dolarů / Vydává Springwinter, s.r.o. – DIČ CZ27649601 URL: <https://www.geobusiness.cz/wp-content/uploads/2018/01/zpravastav-satelitni-prumysl-celosvetove-1024x683.jpg> (дата обращения: 23.05.2024).

12. Modelo Digital de Elevação / Adenilson Giovanini URL: <https://adenilsongiovanini.com.br/blog/wp-content/uploads/2019/12/modelo-digital-de-superficie-com-sensor-SRTM.jpg> (дата обращения: 23.05.2024).

13. Farr T.G., Rosen P.A., et al. The Shuttle Radar Topography Mission // Reviews of Geophysics. – Vol. 45, 2007.

14. СТО ГИ 52.08.48–2020 «Выбор цифровой картографической основы для определения гидрографических характеристик» / Введ. с 01.12.2020 / СПб: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), 2020. 83с.

15. Антонов С.А., Перегудов С.В. Сравнение цифровых моделей рельефа // Наука. Инновации. Технологии, № 3, 2023. – С. 65-86.

16. Трофимов А.А., Филиппова А.В. Оценка точности матрицы высот SRTM по материалам топографических съемок // Геопрофи, № 6, 2014. – С. 13-17.

17. Огоньков И.В. Оценка точности высот SRTM для целей ортотрансформирования

космических снимков высокого разрешения // Геоматика, № 3, 2011. – С. 40-46.

18. QGIS Documentation / QGIS project URL: <https://www.qgis.org/ru/docs/index.html> (дата обращения: 23.05.2024).

19. В трактовке ГОСТ Р 52438-2005. Географические информационные системы. Термины и определения. Введ. с 01.07.2006, М., 2006. 12 с.

MAMAEV Oleg Aleksandrovich

Russia, Saint-Petersburg

OPTIMIZATION OF PRE-FEED STUDY THROUGH THE USE OF DIGITAL ELEVATION MODELS IN DETERMINING THE LOCATIONS OF OBJECTS

Abstract. *In the article observed the possibility of optimizing of site selection, reducing costs and timeline of pre-FEED stage of area facilities and linear objects which have been located in remote, underdeveloped territories, through the use of digital models of the heights of earth surface from spacecraft missions.*

Keywords: *pre-FEED study, site selection, digital elevation model, geospatial information, SRTM, ASTER GDEM, ALOS AW3D, MERIT DEM, GeoTIFF.*

ТКАЧЕНКО Екатерина Константиновна

магистрантка,

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Россия, г. Санкт-Петербург

*Научный руководитель – доцент кафедры теплогаснабжения и вентиляции
Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета,
канд. техн. наук Суханов Кирилл Олегович*

ОБЗОР ВИДОВ ПОДКЛЮЧЕНИЯ РАДИАТОРОВ ОТОПЛЕНИЯ

Аннотация. В статье представлен обзор на виды подключений отопительных приборов, их ключевые характеристики, плюсы и минусы каждого типа присоединения радиаторов отопления.

Ключевые слова: отопительный прибор, теплоноситель, трубопровод, схема подключения.

В современном мире системы отопления выступают важным элементом обеспечения комфорта в зданиях, и одним из ключевых элементов этой системы является радиатор отопления. Существует ряд параметров, которым должны отвечать отопительные приборы в современных системах, где немаловажную роль играет способ подключения радиаторов к системе. В данной работе рассматриваются разновидности подключений радиаторов отопления.

При выборе вида и типа отопительного прибора учитывают ряд факторов: назначение, архитектурно-технологическую планировку, особенности теплового режима помещения, место и продолжительность пребывания людей, вид системы отопления. Помимо перечисленных факторов все отопительные приборы, когда-либо установленные и планируемые к установке, подбираются согласно требованиям [1, с. 124]: санитарно-гигиенические, экономические, архитектурно-строительные, производственно-монтажные, эксплуатационные, теплотехнические.

Всем вышеупомянутым требованиям одновременно не соответствует ни один из существующих ныне отопительных приборов и этим объясняется разнообразие радиаторов, в том числе видов подключений к радиаторам, представленное сейчас на рынке и всё большее появление различных модификаций.

При выборе схемы системы подключения инженерам следует отдавать предпочтение той

схеме, которая эргономично впишется в дизайн помещения и будет экономически целесообразной. В статье рассматриваются следующие существующие виды подключений: диагональное, боковое присоединение, седельная схема, нижняя схема подключения сбоку, центральная схема подключения.

Самым эффективным вариантом подключения является диагональное подключение (рис. 1), характеризующееся минимальными теплотерьями. Оно позволяет максимально использовать тепло, равномерно распределяя его по всем отопительным приборам. Суть подключения заключается в том, что тепло подается с одной стороны прибора, проходит по всем секциям и выходит через отверстие обратного трубопровода с другой стороны. Диагональная схема подключения может использоваться и в одно-, и в двухтрубных системах. Данная схема может быть реализована двумя способами: когда теплоноситель поступает через верхнее отверстие прибора, циркулирует по нему и вытекает из нижнего бокового отверстия с другой стороны; когда теплоноситель поступает через нижнее отверстие и, пройдя по всему радиатору выходит из верхнего противоположного отверстия. Диагональную схему подключения целесообразно использовать при подключении радиаторов большой длины, у которых общее количество секций превышает 12 штук и более. Помимо этого, преимуществом данной схемы является устойчивая работа даже в нестабильных системах.

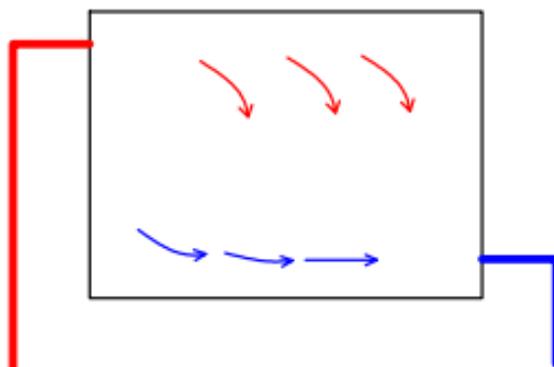


Рис. 1. Диагональная схема подключения радиатора

Боковое присоединение (рис. 2) используется в двух- и однотрубных системах. Основной особенностью данного вида подключения является местонахождение трубопроводов подачи и обратки: они монтируются с одной стороны отопительного прибора. Данную систему применяют в многоэтажных домах при вертикальной подаче теплоносителя. Протяженность подключений в данной системе является самой маленькой, что позволяет сэкономить на трубопроводах. Эффективнее всего одностороннее

подключение работает при сравнительно малой длине отопительных приборов – 5–6 секций. Если же подключать отопительные приборы большей протяженности, в системе будут наблюдаться большие теплотери, помимо этого, чем дальше находится часть корпуса, находящаяся вдалеке от труб, тем хуже она будет прогреваться. Также система с боковым присоединением не рекомендуется для работы в плохо отлаженных системах отопления.

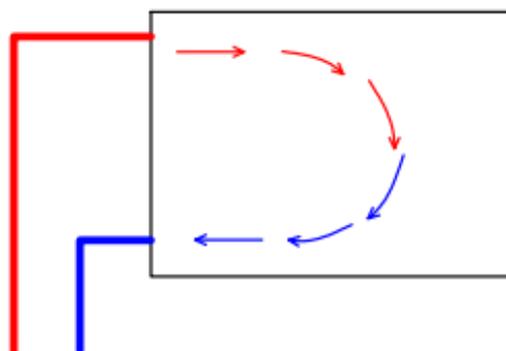


Рис. 2. Боковая схема подключения радиатора

Седельное подключение радиаторов (рис. 3) подразумевает расположение трубопроводов подачи и обратки снизу с противоположных сторон. Теплоноситель проходит по нижнему коллектору и, за счет естественной конвекции, смешивается с уже находящимся теплоносителем в секциях радиатора. Преимуществом

данного типа подключения является равномерный прогрев по всей длине, однако при этом прибор будет отдавать тепло не в полную силу. Также этот вариант подключения будет наиболее выигрышным, если есть задача скрыть трубопроводы.

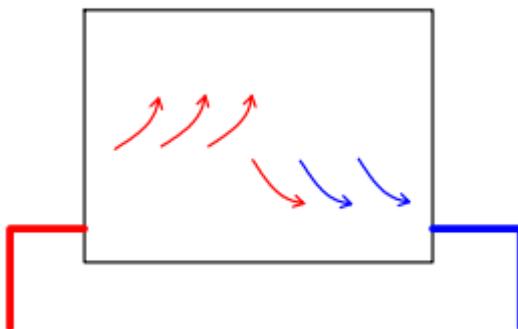


Рис. 3. Седельное подключение радиатора

Нижняя схема подключения используется чаще всего в ситуациях, когда повышенную роль в проекте играют дизайнерские решения. Например, когда необходимо скрыть трубопроводы, вмонтировав их в стену или пол. Также такой способ подключения может быть разновидностью системы «теплый пол». Принципиальной особенностью нижнего подключения является местонахождение подводящего и отводящего трубопроводов: оба подключаются к нижним патрубкам радиатора и, в зависимости от того, где располагаются патрубки относительно наблюдателя, различают нижнее правое (рис. 4), нижнее левое и подключение по

центру. Во многих современных моделях радиаторов схема подключения снизу предполагает циркуляцию воды как при диагональном присоединении. В свою очередь, нижнее подключение не рекомендуется использовать при естественной циркуляции воды. При нижнем подключении возможны высокие потери тепла, которые могут достигать 15%, а верхняя часть корпуса прогревается хуже нижней, однако это компенсируется за счет большей мощности радиаторов. Так же, как и для систем с боковым подключением, данный вид требует точно настроенной системы отопления.

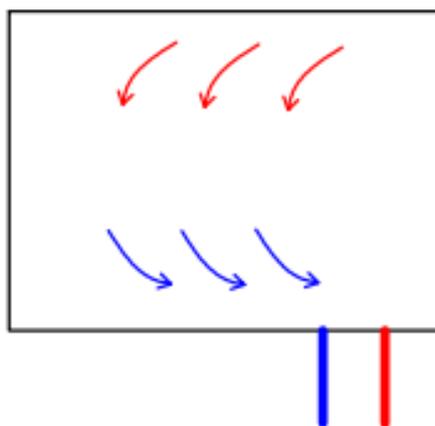


Рис. 4. Нижнее правое подключение радиатора

Центральная схема подключения (рис. 5) является одной из разновидностей нижней схемы подключения, используется реже остальных вариантов подключений, но обладает неоспоримыми эстетическими преимуществами.

Относительно нижнего правого и нижнего левого подключений данный вариант предполагает более равномерное распределение теплоносителя по отопительному прибору.

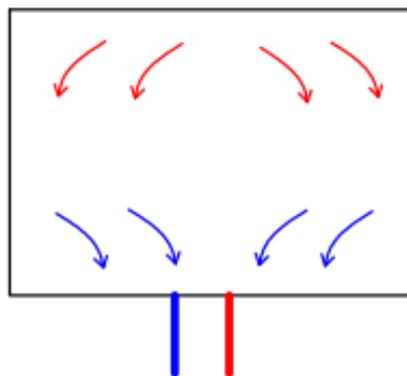


Рис. 5. Нижнее центральное подключение радиатора

В статье были рассмотрены основные виды подключений отопительных приборов. Были представлены краткая характеристика каждого варианта, перечислены условия применения, наиболее выгодные условия и преимущества, а

также возможные недостатки. Проведенный обзор может поспособствовать в будущем более осознанному и аргументированному выбору вариантов подключений радиаторов к системе отопления при проектировании.

Литература

1. Богословский В.Н. Отопление: Учебник

для вузов / В.Н. Богословский, А.Н. Сканава –
М.: Стройиздат, 1991. – 735 с.

TKACHENKO Ekaterina Konstantinovna

Graduate student,

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,
Russia, St. Petersburg

*Scientific Advisor – Associate Professor of the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation of
St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,
Candidate of Technical Sciences Sukhanov Kirill Olegovich*

OVERVIEW OF THE TYPES OF CONNECTION OF RADIATORS

Abstract. *The article provides an overview of the types of connections of heating devices, their key characteristics, pros and cons of each type of connection of radiators.*

Keywords: *heating device, coolant, pipeline, connection scheme.*

ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

СИМБИРЕВА Ирина Дмитриевна

студентка, МИРЭА – Российский технологический университет, Россия, г. Москва

ШМАТОВА Вера Михайловна

студентка, МИРЭА – Российский технологический университет, Россия, г. Москва

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СРЕЗАННЫХ ЦВЕТОВ

Аннотация. Данная статья посвящена изучению и анализу экологических проблем, связанных с использованием срезанных цветов. В ней будут рассмотрены такие аспекты, как влияние выбросов парниковых газов на климат, экологические последствия использования пластиковых упаковок, угрозы для водных ресурсов, углеродный след цветочной промышленности, роль цветов в урбанистической экосистеме, а также инновационные технологии для снижения экологического вреда.

Ключевые слова: экологические проблемы, срезанные цветы, выбросы парниковых газов, углеродный след, водные ресурсы, инновации, пластиковые упаковки.

В современном мире экологические проблемы становятся все более актуальными и требуют немедленного вмешательства. Одной из таких проблем является использование срезанных цветов, что приводит к серьезным негативным последствиям для окружающей среды. Экологические проблемы, связанные с цветочной промышленностью, включают в себя выбросы парниковых газов при транспортировке, использование пластиковых упаковок и негативное воздействие на водные ресурсы.

Выбросы парниковых газов (ПГ) являются одной из основных проблем, связанных с использованием срезанных цветов. ПГ оказывают серьезное воздействие на окружающую среду, внося изменения в климат и экосистемы: задерживают солнечное тепло в атмосфере, что приводит к глобальному потеплению и изменению климатических условий.

Деятельность человека, включая транспортировку цветов, также способствует увеличению выбросов ПГ. К тому же, стоит отметить, что транспортировка цветов на длительные расстояния приводит к увеличению углеродного следа от цветочной промышленности.

Для сохранения свежести живых цветов при транспортировке на дальние расстояния необходимы специальные подходы. Экологически безопасные методы транспортировки цветов могут включать в себя использование упаковок из биоразлагаемых материалов, а также минимизацию использования пластика и других вредных веществ.

Следующей проблемой является переработка пластиковой упаковки. На практике пластиковую упаковку от цветов сложно переработать, что приводит к ее накоплению на свалках. Это свидетельствует о необходимости разработки более эффективных методов утилизации и переработки пластиковых материалов, что позволит снизить их негативное воздействие на окружающую среду. К тому же, бумажная и картонная упаковка оказывает влияние на образование углеродного следа в нашей экосистеме [1].

Для решения проблемы использования пластиковой упаковки необходимо принятие комплексных мер, включающих в себя как изменения в производственных процессах, так и в потребительском поведении. Ограничение использования одноразового пластика,

разработка биоразлагаемых альтернатив в цветочной индустрии могут способствовать снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Еще одним важным аспектом является негативное воздействие цветочной промышленности на водные ресурсы. Интенсивное использование удобрений и пестицидов может привести к загрязнению водных источников, вызывая эвтрофикацию и загрязнение воды, что негативно сказывается на экосистеме водных ресурсов и здоровье людей, проживающих вблизи этих водоемов. Это требует разработки и внедрения экологически безопасных методов обработки почвы и ухода за растениями, чтобы минимизировать отрицательное воздействие на водные экосистемы.

Помимо всего вышесказанного, хотелось бы отметить, что в урбанистической среде цветы играют значительную роль, внося важный вклад не только в эстетику, но и в экологию городской среды. Недавние исследования показывают, что цветы и растения, выращиваемые на основе государственных программ озеленения, способствуют адаптации к городским условиям и являются неотъемлемой частью урбанистической экосистемы [2].

Живописные композиции из цветов и растений не только украшают городские пространства, но и выполняют важные функции в экосистеме. Они способствуют созданию благоприятной среды для жизни горожан, а также оказывают положительное воздействие на качество воздуха и общую экологическую обстановку в городе.

Таким образом, цветы не только приносят красоту и радость жителям городов, но также играют ключевую роль в поддержании урбанистической экосистемы, способствуя улучшению качества окружающей среды и созданию комфортных условий для жизни.

Инновации в мире цветоводства играют ключевую роль в снижении экологического вреда от использования срезанных цветов. Например, развитие технологий автополива для кашпо позволяет эффективно использовать воду и снизить расходы на ее использование [3]. Такие инновации способствуют улучшению экологической устойчивости цветоводства и снижению его негативного воздействия на окружающую среду.

Умные дома в цветоводстве также представляют собой инновационное решение, которое способствует оптимизации процессов ухода за

растениями и снижению потребления ресурсов. Применение современных технологий в цветоводстве позволяет создавать более эффективные и экологически безопасные условия для выращивания цветов, что в конечном итоге способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Таким образом, развитие инновационных технологий в цветоводстве играет важную роль в снижении экологического вреда от использования срезанных цветов. Внедрение устойчивых и экологически безопасных решений в производственные процессы цветочной промышленности позволит минимизировать негативное воздействие на окружающую среду и способствовать созданию более устойчивой экосистемы.

Подводя итог, можно сделать вывод, что в ходе исследования экологических проблем, связанных с использованием срезанных цветов, были выявлены значительные вызовы, стоящие перед цветочной промышленностью. Влияние выбросов парниковых газов оказывает на климат серьезное воздействие, требуя принятия срочных мер для снижения углеродного следа от цветочной промышленности. Экологические аспекты использования пластиковых упаковок для цветов также представляют собой серьезную проблему, вносящую свой вклад в загрязнение окружающей среды и увеличивая объемы отходов. Особое внимание следует уделить водным ресурсам, которые подвергаются угрозам со стороны цветочной промышленности из-за интенсивного использования удобрений и пестицидов.

Необходимо активно развивать экологически безопасные методы транспортировки цветов, чтобы уменьшить выбросы парниковых газов и снизить негативное воздействие на окружающую среду. Роль цветов в урбанистической экосистеме также требует дальнейшего изучения и внедрения устойчивых практик цветоводства.

Инновационные технологии в цветоводстве играют ключевую роль в снижении экологического вреда, поэтому необходимо инвестировать в разработку и внедрение новых методов производства.

В целом, решение экологических проблем, связанных с использованием срезанных цветов, требует комплексного подхода, включающего в себя сотрудничество всех заинтересованных сторон – от производителей и потребителей до государственных органов и научного

сообщества. Только совместными усилиями можно создать устойчивую и экологически безопасную цветочную индустрию, способную сохранить красоту природы для будущих поколений.

Литература

1. Борьба с загрязнением пластиковыми материалами. [Электронный ресурс] // URL: <https://susumanskiy-rayon.ru/govinfo/maditsinskie-organizatsii/media/2021/3/30/borba-s->

zagryazneniem-plastikovymi-materialami-plastikovo-zagryaznenie-planetyi-est-li-zhizn-bez/ (дата обращения: 25.05.2024).

2. ЭКОПРОСТРАНСТВО [Электронный ресурс] // URL: <https://hsedays.ru/841-jekoprostranstvo-vlijanie-na-klimat-planety-parnikovye-gazy.html> (25.05.2024).

3. Инновации в мире кашпо с автополивом: будущее [Электронный ресурс] // URL: <https://dzen.ru/a/zqwx-wtu0h4o3sk5> (25.05.2024).

SIMBIREVA Irina Dmitrievna

students, MIREA – Russian University of Technology, Russia, Moscow

SHMATOVA Vera Michaylovna

students, MIREA – Russian University of Technology, Russia, Moscow

ENVIRONMENTAL PROBLEMS WHEN USING CUT FLOWERS

Abstract. *This article is devoted to the study and analysis of environmental problems associated with the use of cut flowers. It will address aspects such as the impact of greenhouse gas emissions on the climate, the environmental consequences of the use of plastic packaging, threats to water resources, the carbon footprint of the flower industry, the role of flowers in the urban ecosystem, as well as innovative technologies to reduce environmental harm.*

Keywords: *environmental problems, cut flowers, greenhouse gas emissions, carbon footprint, water resources, innovations, plastic packaging.*

Актуальные исследования

Международный научный журнал

2024 • № 22 (204)

Часть I

ISSN 2713-1513

Подготовка оригинал-макета: Орлова М.Г.

Подготовка обложки: Ткачева Е.П.

Учредитель и издатель: ООО «Агентство перспективных научных исследований»

Адрес редакции: 308000, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135

Email: info@apni.ru

Сайт: <https://apni.ru/>

Отпечатано в ООО «ЭПИЦЕНТР».

Номер подписан в печать 04.06.2024г. Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

308010, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135, офис 40