

ТОЧНАЯ НАУКА

естественнонаучный журнал

Публикации для студентов, молодых ученых и научно-преподавательского состава на www.t-nauka.ru

ISSN 2500-1132 Издательский дом "Плутон" www.idpluton.ru

Выпуск № 153

Кемерово 2024

16 сентября 2024 г.
ББК Ч 214(2Рос-4Ке)73я431
ISSN 2500-1132
УДК 378.001
Кемерово

Журнал выпускается ежемесячно, публикует статьи по естественным наукам. Подробнее на www.idpluton.ru

За точность приведенных сведений и содержание данных, не подлежащих открытой публикации, несут ответственность авторы.

Редкол.:

Никитин Павел Игоревич - главный редактор, ответственный за выпуск журнала

Баянов Игорь Вадимович - математик, специалист по построению информационно-аналитических систем, ответственный за первичную модерацию, редактирование и рецензирование статей

Артемасов Валерий Валерьевич - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей

Зими́на Мария Игоревна - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей

Нормирзаев Абдукаюм Рахимбердиеви - кандидат технических наук, Наманганский инженерно-строительный институт (НамМПИ)

Безуглов Александр Михайлович - доктор технических наук, профессор кафедры математики и математического моделирования, Южно-российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) им. М.И. Платова,

Наджарян Микаел Товмасович - кандидат технических наук, доцент, Национальный политехнический университет Армении

Шушлебін Игорь Михайлович - кандидат физико-математических наук, кафедра физики твёрдого тела Воронежского государственного технического университета

Равшанов Дилшод Чоршанбиевич - кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технология, машины и оборудования полиграфического производства», Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

Крутякова Маргарита Викторовна – доцент, кандидат технических наук, Московский политехнический университет

Гладков Роман Викторович - кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации вооружения и военной техники Рязанского гвардейского высшего воздушно-десантного командного училища

Моногаров Сергей Иванович - кандидат технических наук доцент Армавирского механико-технологического института (филиал) ФГОУ ВО КубГТУ

Шевченко Сергей Николаевич - кандидат технических наук, доцент кафедры СЭУ, Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота РФ

Отакулов Салим - Доктор физико-математических наук, профессор кафедры высшей математики Джизакского политехнического института

А.О. Сергеева (ответственный администратор)[и др.];

Естественнонаучный журнал «Точная наука», входящий в состав «Издательского дома «Плутон», был создан с целью популяризации естественных наук. Мы рады приветствовать студентов, аспирантов, преподавателей и научных сотрудников. Надеемся подарить Вам множество полезной информации, вдохновить на новые научные исследования.

Издательский дом «Плутон» www.idpluton.ru e-mail: admin@idpluton.ru

Подписано в печать 16.09.2024 г. Формат 14,8×21 1/4. | Усл. печ. л. 2.2. | Тираж 500.

Все статьи проходят рецензирование (экспертную оценку).

Точка зрения редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых статей.

Авторы статей несут полную ответственность за содержание статей и за сам факт их публикации.

Редакция не несет ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи.

При использовании и заимствовании материалов ссылка обязательна.

Содержание

1. ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РЕНТГЕНОВСКОЙ ЛИТОГРАФИИ	2
Крюкова А.К., Денисов В.А., Жалнин В.П.	
2. ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ В УНИВЕРСИТЕТСКОМ КАМПУСЕ.....	9
Ясаков В.И., Амиров А.А., Муллагулов А.А.	
3. ИНТЕГРАЦИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И EVENT-DRIVEN АРХИТЕКТУРЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ АВТОПАРКОМ В ЛОГИСТИЧЕСКИХ КОМПАНИЯХ.....	12
Шишков Н.В.	
4. PRACTICAL EXPERIENCE IN THE USE OF GYPSUM-LIME DRILLING MUD ON A FORMATE BASIS (GIBR-3).....	15
Askarov R.F.	
5. ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВОВ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ.....	18
Самарский А.А.	
6. ВЛИЯНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ОПЫТА И ОБРАТНОЙ СВЯЗИ НА ПРОЦЕССЫ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА КОНЕЧНОГО ПРОДУКТА.....	22
Русов А.В.	
7. ПРИРОДА СПЕКТРА ФОНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КОСМОСА	26
Ломашевич С.А.	
8. АВТОМОДЕЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В НЕЛИНЕЙНЫХ СРЕДАХ С ПОГЛОЩЕНИЕМ ПРИ КРИТИЧЕСКОМ ПАРАМЕТРЕ	35
Мукимов А.Ш.	
9. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СРЕДСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В ОРГАНИЗАЦИИ.....	42
Петровский В.П.	
10. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ.....	47
Андреева Н.Н.	

Крюкова А.К., Денисов В.А.
Kryukova A.K., Denisov V.A.

Россия, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана (НИУ)

Жалнин В.П.
Zhalnin V.P.

Научный руководитель
Россия, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана (НИУ)

УДК 535-3

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РЕНТГЕНОВСКОЙ ЛИТОГРАФИИ

MAIN PROBLEMS OF X-RAY LITHOGRAPHY

«Микролитография – это совокупность методов формообразования в слоях интегральных схем, именно её можно считать ключевой во всей микроэлектронной технологии».

- *К.А. Валиев, советский и российский конструктор и учёный.*

Аннотация. В течение последних десятилетий прогресс в области науки и техники заметно ускорился. Не стало исключением и развитие технологий переноса изображения, в частности литографии. Постепенное уменьшение топологических норм технологического процесса привело к тому, что существующие на тот момент методы не смогли удовлетворить предъявляемые требования в силу своей конструкции и используемых в них законов физики. В связи с этим был предложен принципиально новый метод литографии, позволяющий работать с длинами волн порядка нескольких десятков нанометров, он получил название “рентгеновская литография”. Введение нового метода в эксплуатацию не обошлось без сложностей, связанных с использованием излучения рентгеновского диапазона. Основные трудности, с которыми столкнулись ученые, а также предложенные методы их решения описаны в этой статье.

Abstract. In the last few decades, progress in science and technology has accelerated markedly. The development of image transfer technologies, in particular lithography, was no exception. The gradual decrease in the norms of the technological process led to the fact that the existing methods at that time simply could not meet the requirements due to their design and the laws of physics used in them. In this regard, a fundamentally new lithography method was proposed that allows working with wavelengths of the order of several tens of nanometers, it was called “X-ray lithography”. The introduction of the new method into operation was not without difficulties associated with the use of X-ray radiation. The main difficulties faced by scientists, as well as the proposed methods of solving them, are described in this article.

Ключевые слова: рентген, литография, перенос изображения, длина волны, ультрафиолет

Keywords: X-ray, lithography, image transfer, wavelength, ultraviolet

1. Введение

Большинство новых методов во всех отраслях науки и техники разрабатываются и вводятся в постоянное использование из-за необходимости соответствовать прогрессу. Рентгеновская литография обязана своим появлением необходимости в уменьшении длины волны излучения в связи с постоянным стремлением разработчиков к уменьшению размеров топологии микросхем. Исследования в этой области показали, что максимальный коэффициент отражения многослойных зеркал нормального падения в спектральном диапазоне 1–50 нм достигался вблизи длины волны 1-13 нм [1]. Такое излучение изначально классифицировалось как “мягкий рентген”, но известность обрело под названием “глубокий ультрафиолет”, (Extreme Ultraviolet, EUV). Как известно, стекло и воздух поглощают рентгеновское излучение, поэтому использование оптических линз оказалось недопустимым, был разработан метод отражения изображения с применением системы, состоящей из нескольких специально спроектированных зеркал, применяемый по сей день. Сегодня технология рентгеновской литографии является одной из ключевых во многих инженерных областях, включая и микроэлектронику, причем развитие EUV-литографии будет оставаться актуальным, пока запрос на развитие вычислительной техники и уменьшение топологических норм в микроэлектронике будет как

минимум таким же высоким, как сейчас.

Технологический процесс рентгеновской литографии имеет ощутимые различия с аналогичным техпроцессом для ультрафиолета. Это связано с разной природой взаимодействия излучений рентгеновского и ультрафиолетового спектров с материалом. Одним из самых существенных отличий является то, что для получения качественного изображения в рентгеновском спектре необходимо использовать отражающие оптические средства, поскольку стекло и воздух поглощают EUV. Различия технологий повлекли за собой создание дополнительного оснащения, которое бы помогло максимально эффективно применять рентгеновское излучение для литографии.

Сегодня стандартный объектив для рентгеновской литографии состоит из 5 асферических зеркал, отражающих лучи EUV и контролирующих путь света до полупроводниковой пластины. Зеркала представляют собой сверхгладкие ситалловые подложки, выполненные с точностью порядка десятых долей нанометра, покрытые несколькими слоями молибдена и кремния, обеспечивающих наилучшее отражение.

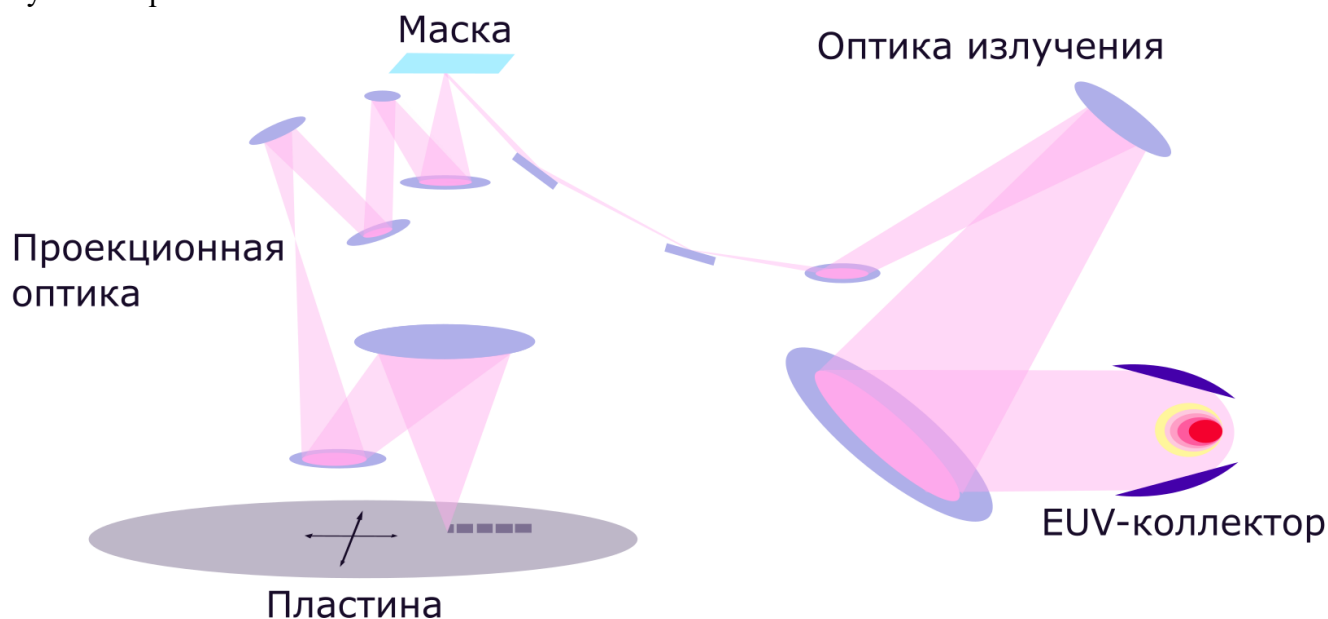


Рис 1. Схема стандартной EUV установки

Типичная EUV-установка содержит минимум 5 зеркал в зоне излучения (до маски) и 6 зеркал в проекционной области рис.1. Общая пропускная способность такой оптической системы примерно в 100 раз ниже, чем при использовании одного зеркала. Увеличение коэффициента отражения каждого зеркала, например, с 53% до 65% увеличивает суммарную пропускную способность системы примерно в 7 раз. Таким образом, улучшение отражающей способности каждого отдельно взятого зеркала позволяет значительно увеличить эффективность установки.

II. История развития рентгеновской литографии

Ответом науки на запрос общества на повышение производительности труда при помощи автоматизации стало начало эпохи микроэлектроники и лазеров. Синхронность развития этих двух направлений науки поспособствовала их тесному переплетению и взаимодополнению.

История началась в начале 80-х годов прошлого века, когда в лабораториях США ученые впервые обратили внимание на методы проекционной рентгеновской литографии [2]. Исследования проводились в ходе поиска решений для военных систем наведения. Во второй половине десятилетия концепция проекционной рентгеновской литографии развивалась уже не только в национальных лабораториях США, начали появляться соответствующие запросам напылительные установки, что позволяло создать зеркала для корректного отражения излучения рентгеновского диапазона [2]. В 1984 г. в Японии был изготовлен первый зеркальный объектив для получения уменьшенных изображений шаблона с помощью мягкого рентгеновского излучения синхротронного источника [3].

Стоит отметить, что прогресс в данной сфере наблюдался не только за рубежом. В 1988 г. в журнале «Доклады Академии наук СССР» по представлению Н.Г. Басова была опубликована статья А.В. Виноградова и Н.Н. Зорева «О возможности реализации проекционной рентгеновской литографии», которая содержала теоретическое обоснование перспективности применения многослойной рентгеновской оптики для получения уменьшенных изображений шаблонов с

разрешением до 30 нм при использовании точечных источников излучения [4]. Именно это исследование стало фундаментом для создания современного метода EUV-литографии, используемого во всем мире.

В мае 1993 г. американцы меняют название технологии «проекционная литография мягкого рентгеновского диапазона» (Soft X-ray Projection Lithography) на название «литография экстремального ультрафиолетового диапазона» (Extreme Ultraviolet Lithography, EUVL). Сделано это было для создания новой, не связанной с прошлыми неудачами технологии. Определение спектрального диапазона мягкого рентгеновского излучения меняется с 1 – 30 нм на диапазон 1 – 10 нм.

На рабочем совещании в 2000 г. консорциум SEMATECH предсказывал полный переход от DUV-литографии к EUV-литографии уже в 2003-2005 гг [2].

В 2001 г. в Ливерморской национальной лаборатории консорциум EUVL LLC демонстрирует прототип установки для проекционной рентгеновской литографии под названием Engineering Test Stand (ETS) [5]. В Европе, вдохновленной новинкой, стартует 5 проектов, посвященных проекционной рентгеновской литографии: EXTATIC, EXTUMASK и EUV Sources (2001 –2004 гг.), ExCITE (2003 – 2005 гг.) и EAGLE (2006 –2008 гг.). В Японии в 2002 г. был сформирован консорциум Extreme Ultraviolet Lithography System Development Association (EUVA) [2].

В 2017 году компания ASML представила миру результат 19-летнего труда: готовый к серийному производству полупроводниковый фотолитограф, главным рабочим инструментом которого стал пучок излучения с длиной волны 13,5 нм [6]. В настоящее время рентгеновские зеркала, удовлетворяющие требованиям ASML, изготавливаются только на заводах Carl Zeiss AG (Германия) [7]. В 2019 году На Международной конференции по электронным устройствам (IEDM) компания TSMC сообщила об использовании EUV для своих 5-нм чипов [8].

III. Основные проблемы рентгеновской литографии

Внедрение EUV-литографии в серийное производство породило новые проблемы, прежде всего связанные с особенностями рентгеновской длины волны: проблема отклонения излучения, обусловленная поведением фотонов используемой длины волны, проблема аббераций, возникающая при попытке решения первой проблемы, и появление дефектов, обусловленные стохастически [9].

Стоит также упомянуть проблему, возникающую при использовании любого метода в любой сфере, а именно проблему дальнейшего развития метода. В данном случае это проблема повышения точности разрешения литографии.

Проблема отклонения излучения

Рентгенооптические свойства отражающих материалов определяются, в основном, показателем преломления вещества. Создание оптических приборов для

рентгеновских лучей осложняется тем, что все материалы для данного диапазона являются поглощающими. Для того, чтобы подчеркнуть это обстоятельство, коэффициент преломления обычно записывают в комплексной форме:

$$n = 1 - \delta - i\beta,$$

Где β – показатель преломления вещества, причем $\beta, \delta \ll 1$ для всех материалов. Следовательно, действительная часть выражения практически равна 1:

$$1 - \delta \approx 1$$

Другими словами, это означает, что для рентгеновского диапазона волн вакуум является оптической более плотной средой, чем любое вещество.

Когда рентгеновские лучи входят из вакуума в среду, угол скольжения между лучом и поверхностью раздела уменьшается. Поэтому рентгеновском диапазоне длин волн не работает традиционная преломляющая оптика и даже зеркала нормального падения. Коэффициент отражения электромагнитной волны от плоской поверхности определяется формулой Френеля:

$$R(\theta) = \left| \frac{\sin \theta - \sqrt{n^2 - \cos^2 \theta}}{\sin \theta + \sqrt{n^2 - \cos^2 \theta}} \right|,$$

где θ – угол скольжения падающего и отраженного луча.

Для нормального падения формула принимает вид:

$$R(\theta) \approx \frac{\delta^2 - \beta^2}{4}$$

Учитывая, что δ и β малы, можно сделать вывод, что отражение рентгеновских лучей от

поверхности при больших углах крайне незначительно [10].

Аберрации в зеркалах

Использование оптических элементов со скольльзящим падением для решения первой проблемы привело к аберрациям, в частности, к астигматизму (при нормальном падении вогнутые сферические зеркала позволяют получить качественное изображение, но по мере удаления объекта от оси изображение начинает растягиваться).

Дефекты, обусловленные стохастически

Чем меньше становится размер структур на поверхности микросхемы, тем большее влияние на качество оказывает стохастика (случайность). Проявляется она в неравномерном распределении молекул фоторезиста и появлении порожденных фотонами частиц. Такая проблема приводит к уменьшению количества пригодных пластин на выходе пропорционально уменьшению производственных норм.

Особенность таких дефектов заключается в том, что причину нельзя исправить совершенствованием технологического процесса, а случайная и непредсказуемая природа их возникновения буквально сводит на нет все усилия по борьбе с ними.

На рис. 2 представлены примеры таких дефектов.

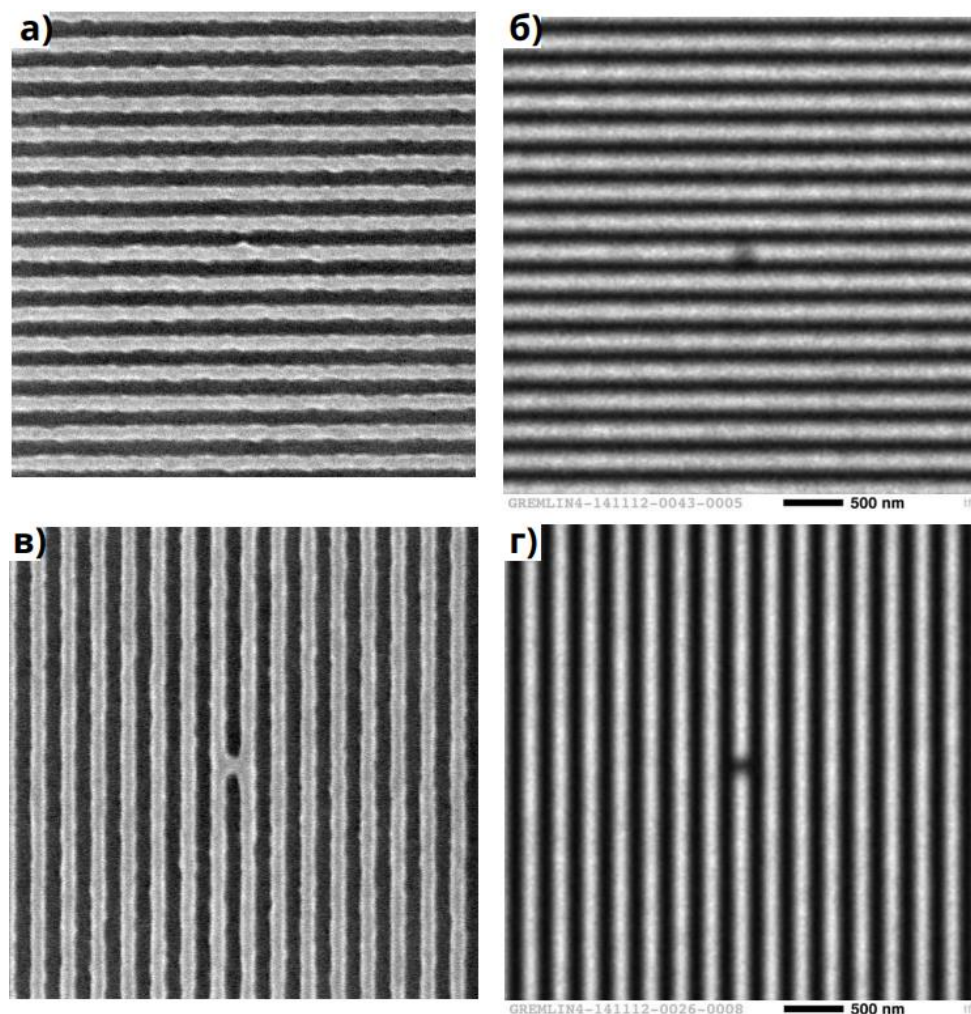


Рис. 2. Немостовые (а, б) и мостовые (в, г) дефекты, сравнение отпечатков пластин (а, в) с актиничными изображениями (б, г) соответственно [11]

Увеличение точности разрешения

Точностью разрешения литографической системы называют ее способность

воспроизводить мелкие элементы рисунка. Этот параметр является важнейшей характеристикой литографического процесса.

На сегодняшний день, в основном, применяется EUV-литография с длиной волны 13,5 нм. Проблема состоит в сложности дальнейшего развития литографии и повышении разрешения, как того требует прогресс.

Разрешающая способность, как параметр, выражающий минимальную возможную для получения толщину линии, можно охарактеризовать критерием Релея:

$$RES = \frac{k_1}{(\lambda/N_A)},$$

где λ – длина волны источника излучения, N_A – числовая апертура, k_1 – коэффициент пропорциональности, зависящий от типа фоторезиста и самого технологического процесса [12].

Соответственно, решением проблемы повышения разрешения должно выступать изменение одного из трех параметров в сторону повышения разрешения.

IV. Современные подходы к решению проблем

Решение проблемы поглощения

Отражение рентгеновских лучей при скользющем падении было впервые продемонстрировано Артуром Комптоном (А.Н. Compton) в 1923 году [13]. Совсем скоро стало ясно, что это явление предоставляет возможность использования изогнутых зеркал для фокусировки рентгеновского излучения.

Для решения проблемы было предложено использование в установках литографии искусственных дифракционных структур вместо природных кристаллов. Они называются брэгговскими отражателями — многослойные зеркала, собирающие несколько отражений в одно достаточно сильное. Сегодня такой метод обширно применяется: используют чередуемые тонкие слои, усиливающие способность отражать фотоны. Такие структуры называются многослойными периодическими рентгеновскими зеркалами (англ. periodical multilayer X-ray mirrors - PMMS). Типовая структура показана на рисунке 3.

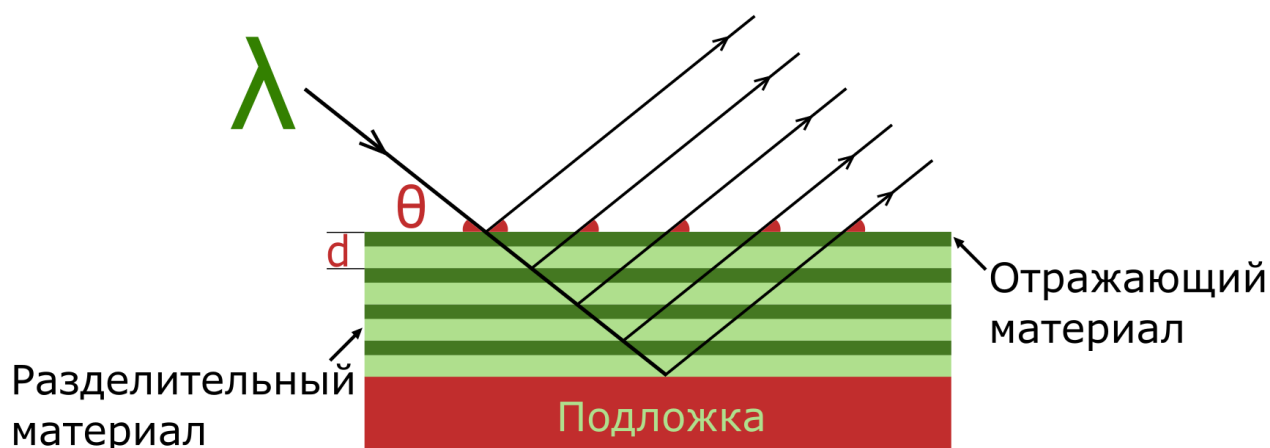


Рис. 3 Схема многослойного рентгеновского зеркала

Решение проблемы aberrаций

В 1948 году Поль Киркпатрик и Альберт Баец из Стэнфордского университета построили первую оптическую систему для получения изображения в рентгеновских лучах – рентгеновский микроскоп, использующий пару сферических вогнутых зеркал с взаимно перпендикулярными осями [14]. Результат был феноменален: зеркала, размещенные под прямым углом, исправляли астигматизм друг друга. Сегодня этот метод активно применяется в EUV-литографии.

Существует также альтернативный метод решения проблемы: использование зеркала, радиус кривизны которого значительно больше в одном направлении, чем в другом [10].

Решение проблемы стохастики

Единственный ныне существующий способ противодействия стохастике - возвращение от единичных событий к большим числам, чтобы непредсказуемое поведение отдельных фотонов усреднялось и сглаживалось. Здесь возникает новая проблема: фотон рентгеновского излучения с длиной волны 13.5 нм обладает в 14 раз большей энергией, чем 193-нанометровый фотон, поэтому при EUV-литографии для получения нужного эффекта требуется примерно в 14 раз меньшее количество фотонов.

Это влечет за собой следующий факт: отношение относительных неопределенностей измерения для большого числа частиц и для малого (EUV) пропорциональна квадратному корню из обратного отношения числа событий, то есть:

$$\frac{u_{193}}{u_{13,5}} = \sqrt{14} \approx 3,74$$

Получается, что относительная неопределенность измерения для EUV-литографии почти в 4 раза выше, чем при литографии с длиной волны 193 нм.

Решить эту проблему можно увеличением дозы экспонирования - путем повторного засвечивания, но это значительно увеличивает время обработки каждой пластины и повышает износ фотолитографа.

Вторым решением является повышение мощности источника излучения. Однако LPP-узел (LPP - laser-produced plasma, узел генерации фотонов) плохо поддается масштабированию мощности. Если первые EUV-установки имели мощность генератора 250-Вт, то современные установки имеют мощность порядка 600 Вт — и это можно назвать пределом, поскольку при дальнейшем повышении мощности установки станут очень быстро изнашиваться, что сильно ударит по материальной составляющей.

Решение проблемы увеличения точности разрешения

Проблема тесно связана с предыдущей, именно из-за проявлений стохастики сегодня так сложно найти способ для увеличения точности разрешения. Новые методы должны решать все описанные выше проблемы.

Масштабирование топологических размеров интегральных схем уже на протяжении многих лет осуществляется, в основном, за счет уменьшения коэффициента k . Однако применение такого подхода для масштабирования менее 10 нм упирается в проблему стоимости. Вследствие этого, интенсивно развиваются методы NLG (Next Generation Lithography), EUVL (Extreme Ultraviolet Lithography), ML (многолучевая электронная литография), DSA (Directed Self-Assembly, направленная самосборка) и наноимпринт (nanoimprint lithography, NIL) [15].

V. Заключение

В своем развитии рентгеновская литография столкнулась со многими проблемами, со многими из которых уже удалось справиться научному миру.

В своем дальнейшем пути EUV-литография не сможет развиваться в сторону уменьшения длины волны, пока проблема стохастики не будет решена. На данном момент существует два пути дальнейшего развития: либо создание более износостойких установок, либо частая их замена, и в обоих случаях это ведёт к обострению проблемы финансирования.

Путем развития литографии в целом также может стать разработка и внедрение новых методов, которые решат ряд проблем, однако они могут привести к новым трудностям.

Библиографический список:

1. Вишняков Е. А. и др. Аперриодические многослойные зеркала нормального падения на основе сурьмы для области спектра 8—13 нм //Квантовая электроника. – 2011. – Т. 41. – №. 1. – С. 75-80.
2. Артюков И. А. Оптическая и рентгеновская микролитография на рубеже веков //Квантовая электроника. – 2022. – Т. 52. – №. 12. – С. 1094-1101.
3. Kinoshita H., Kaneko T., Takei H., Takeuchi N., Ishihara S. Proc. 47th Autumn Meeting of the Japan Society of Applied Physics (1986, paper No. 28-ZF-15).
4. Виноградов А.В., Зорев Н.Н. ДАН СССР, 302, 82 (1988).

5. Tichenor D. A. et al. EUV engineering test stand //Emerging Lithographic Technologies IV. – SPIE, 2000. – Т. 3997. – С. 48-69.
6. Pirati A. et al. EUV lithography performance for manufacturing: status and outlook //Extreme Ultraviolet (EUV) Lithography VII. – 2016. – Т. 9776. – С. 78-92.
7. Levinson H. J. High-NA EUV lithography: current status and outlook for the future //Japanese Journal of Applied Physics. – 2022. – Т. 61. – №. SD. – С. SD0803.
8. G. Yeap et al., 36.7, IEDM 2019.
9. Потапкин О. Д., Трошин Б. В. Проекционная электронно-лучевая литография для нанотехнологий //Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2010. – Т. 74. – №. 7. – С. 1056-1060.
10. Мазурицкий М. И. Способы фокусировки и разложения в спектр рентгеновского излучения //Соросовский образовательный журнал. – 2001. – №. 10. – С. 95-101.
11. Mangat P. et al. Mask blank defect printability comparison using optical and SEM mask and wafer inspection and bright field actinic mask imaging //Photomask Japan 2015: Photomask and Next-Generation Lithography Mask Technology XXII. – SPIE, 2015. – Т. 9658. – С. 81-88.
12. Машкина Е. С., Бормонтов Е. Н. Литографические процессы в технологии твердотельной электроники /Учебно-методическое пособие для вузов. – 2013. – 37 с.
13. Compton A. H. A quantum theory of the scattering of X-rays by light elements //Physical review. – 1923. – Т. 21. – №. 5. – С. 483.
14. Kirkpatrick P., Baez A. V. Formation of optical images by X-rays //JOSA. – 1948. – Т. 38. – №. 9. – С. 766-774.
15. Красников Г. Я. и др. Комплементарные методы усиления разрешения оптической литографии //Наноиндустрия. – 2018. – №. S. – С. 236-237.

Ясаков Владислав Игоревич

магистрант, Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа

Амиров Артур Альбертович

бакалавр, Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа

Муллагулов Айгиз Азаматович

бакалавр, Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа

Yasakov Vladislav Igorevich

Master's student, Ufa University of Science and Technology, Ufa

E-mail: yasakov.vladislav@yandex.ru**Amirov Artur Albertovich**

Bachelor's student, Ufa University of Science and Technology, Ufa

E-mail: simle.ru@mail.ru**Mullagulov Aygiz Azamatovich**

Bachelor's student, Ufa University of Science and Technology, Ufa

E-mail: aygiz.mullagulov@mail.ru

УДК 528.93

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ В УНИВЕРСИТЕТСКОМ КАМПУСЕ**APPLICATION OF GIS TECHNOLOGIES FOR DESIGNING DIGITAL TWINS OF HEATING NETWORKS ON A UNIVERSITY CAMPUS**

Аннотация. В статье рассматривается применение геоинформационных технологий для проектирования цифровых двойников инженерных коммуникаций на примере тепловых сетей ВУЗ городка. Приводятся исследования и проекты успешного использования цифровых двойников теплосетей. Рассматриваются принципы и подходы к цифровизации теплосети университета с использованием ГИС–технологий. Предлагается технология создания цифрового двойника.

Abstract. The article discusses the application of geoinformation technologies for designing digital twins of engineering communications, using the example of heating networks in a university campus. It presents research and projects demonstrating the successful use of digital twins of heating networks. The principles and approaches to the digitalization of the university's heating network using GIS technologies are considered. A technology for creating a digital twin is proposed.

Ключевые слова: геоинформационные технологии; цифровой двойник; тепловая сеть; 3D модель; кампус.

Keywords: geoinformation technologies; digital twin; heating network; 3D model; campus.

Введение

В современном мире от использования и внедрение инновационных технологий зависит развитие любого предприятия/организации, в том числе и высших учебных заведений (ВУЗ). Правительство РФ выделяет значительное внимание и средства для развития ВУЗов по всей стране. Так, например, успешно внедряется программа «Приоритет 2030». Одним из направлений развития ВУЗа в целом является цифровизация бизнес-процесса, ориентированная на улучшение управления и обслуживания инженерных коммуникаций, поэтому авторы предлагают автоматизировать одну из повседневных задач, решаемых в ВУЗе, а именно обслуживание инженерных коммуникаций с целью повышения эффективности обслуживания сложной инженерной инфраструктуры за счет создания цифровых двойников теплосети.

Большинство университетов России представляют собой учреждения с обширными территориями и Уфимский университет науки и технологий (далее университет или УУНиТ) не является исключением. Университет состоит из двадцати учебных и административных корпусов, а также, имеет свой уникальный кампус, который является не только местом обучения, но также представляет собой пространство, где «кипит» активность студентов, преподавателей и сотрудников университета.

Термин кампус раскрывает комплекс сооружений, находящихся на этой территории. К прилегающей территории университета можно отнести не только здания и сооружения, но обширную сложную инженерную инфраструктуру, которая в свою очередь, подразделяется на внутренние и наружные инженерные сети. При решении повседневных задач, специалисты в этой сфере деятельности обладают опытом и знаниями, но эти знания остаются на бумаге или в уме экспертов, не обеспечивая доступ к полной и наглядной информации, что в свою очередь, снижает эффективность обслуживания инженерных коммуникаций. Поэтому коллектив авторов предлагает современный подход – создание цифровых двойников инженерных коммуникаций на базе ГИС-технологий. Цифровой двойник – это виртуальная модель, которая предназначен для отображения реального физического объекта, системы или процесса. Такой подход позволит оптимизировать управление ресурсами, чтобы повысить общую эффективность работы.

Методы цифрового моделирования предлагают ценный подход к пониманию производительности и поведения тепловых сетей. Они позволяют осуществлять предиктивное обслуживание, обнаруживая аномалии, прогнозируя отказы и планируя ремонт или замену.

Существующий опыт применения цифровых моделей тепловых сетей

Практический опыт применения цифровых моделей тепловых сетей по всей стране подтверждает, что решаемые задачи являются актуальными. К примеру, в городе Екатеринбург создали цифрового двойника системы теплоснабжения. Проект охватывает сетевую инфраструктуру, генерирующие объекты, сбытовую и административную деятельность. В национальном исследовательском университете «МЭИ» в программе научных исследований «Цифровая энергетика» был создан проект "Цифровой двойник тепловой сети", который является основой цифровой трансформации тепловой энергетике. Применение «цифрового двойника» повысило качество поставляемых ресурсов, снизило число повреждений тепловых сетей на 10% и тепловые потери на 1,5%. Также, использование цифрового двойника и моделированной симуляции в качестве функции приспособленности для эволюционного алгоритма, направленного на оптимизацию промышленных процессов большого масштаба, было проведено на примере тепловой сети в городе Эспоо, Финляндия.

Принципы и подходы к созданию цифровых двойников

Создание цифрового двойника основывается на использовании векторных данных, которые содержат в себе точные и полные пространственно-распределенные данные. В ГИС-системах такой основой являются различные слои данных, включая векторные и растровые. Такие элементы являются фундаментальными для создания моделей, которые формируют основу тепловой сети. Основным источником данных для создания цифрового двойника тепловых сетей является проектная документация, инженерные чертежи, планы, схемы и генпланы. Эти документы содержат важную информацию о планировке, размерах тепловых сетей и используя эти данные, можно создать цифровое представление тепловой сети.

На первом этапе процесса создания цифровых двойников осуществляется сбор и обобщение исходных данных. Требуется разработка разнообразных проекций исследуемого объекта, способных передать как его внешний облик, так и внутреннюю структуру теплосети. Помимо этого, необходимо использовать визуальные представления теплосети и всех ее компонентов, включая схемы и диаграммы. Для успешного достижения поставленных задач незаменимыми источниками информации будут технические чертежи, технические паспорта и другие связанные материалы, содержащие подробную информацию о характеристиках и параметрах теплосети.

На следующем шаге необходимо векторизовать теплосеть и её составляющие. Процесс оцифровки, включает преобразование собранных растровых изображений в двухмерную цифровую модель с помощью ГИС-технологий. В ходе тщательного анализа тепловые камеры были изучены для выявления ошибок или несоответствий с целью достижения точного цифрового воплощения реальных тепловых камер.

Таким образом, полученный результат в 2D представлении позволяет решать такие задачи как планирование и разработка систем теплоснабжения, а также мониторинг теплосети, но она не может отражать всей сложности тепловой сети. И чтобы решить данную проблему, предлагается дополнить Z-координату у 2D карты, после чего получится 3D модель. Благодаря Z-составляющей 3D модель обеспечивает полное представление тепловой сети, включая информацию о высотах и вертикальных связях между различными компонентами.

Переход к 3D представлению позволил получить более реалистичное отображение тепловой сети. Кроме того, трубы в модели были отображены объемно, что улучшило их визуальный вид и

обеспечило более реалистичное изображение сети.

Вывод

Использование геоинформационных технологий и переход к трехмерному представлению тепловых сетей позволяют создать более точные и реалистичные цифровые двойники инженерных коммуникаций. Это предоставляет возможность более эффективно планировать, разрабатывать системы теплоснабжения. Эти инновации существенно способствуют оптимизации управления ресурсами и повышению общей эффективности работы инженерных коммуникаций, что важно для современных учебных заведений.

Библиографический список:

1. EANews.ru. В Екатеринбурге создали цифрового двойника системы теплоснабжения. https://eanews.ru/news/v-yekaterinburge-sozdali-tsifrovogo-dvoynika-sistemy-teplosnabzheniya_14-12-2020, дата обращения 08.06.2023.
2. Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (НИУ «МЭИ»). Программа "Цифровая энергетика" /2018-2020, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (НИУ «МЭИ»). <https://mpei.ru/Structure/managementpersonnel/cir/Documents/concept-pni.pdf>, дата обращения 08.06.2023.
3. Маттео Поцци, Ян Эрик Торсен, Одгейр Гудмундссон, Анна Маршал-Помяновска, Пер Гейзельберг, Стин Шелле Йенсен, Ард де Реус, Мишель де Конинг. Цифровизация в системах центрального отопления и охлаждения. <https://www.euroheat.org/static/b1707824-47b5-46c1-8acce5d236c04b2/DHC-Report-on-Digitalisation-in-DHC-systems.pdf>, дата обращения 08.06.2023.
4. Мирó Эклунд, Сеппо А. Сирла, Ханну Ниёмистё, Тимо Корвола, Юни Саволайнен, Томми А. Кархела. Использование цифрового двойника в качестве целевой функции для применения эволюционных алгоритмов в крупномасштабных промышленных процессах. <https://ieeexplore.ieee.org/document/10064259>, дата обращения 08.06.2023.
5. Кристофер Херманссон, Кристофер Кос. Построение и моделирование динамических моделей тепловых сетей с использованием Modelica и использование Matlab для обработки данных и автоматизации моделирования и симуляции. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1124448/FULLTEXT01.pdf>, дата обращения 08.06.2023.
6. Виктор Адетунджи Аровойя, Роберт Кристиан Молер, Йихай Фанг. Технология цифрового двойника для комфорта и энергоэффективности в зданиях: современное состояние и перспективы. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666123323000314>, дата обращения 08.06.2023.
7. Кузнецов О.В., Леонов А.Л., Наумов С.В. ГИС в городском планировании и моделировании. ArcReview, 2001, № 3, С. 12–20.

Шишков Никита Витальевич
магистрант, Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа

Shishkov Nikita Vitalyevich
Master's Student, Ufa University of Science and Technology, Ufa
E-mail: nikitashishkov2354083@yandex.ru

УДК 528.93

ИНТЕГРАЦИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И EVENT-DRIVEN АРХИТЕКТУРЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ АВТОПАРКОМ В ЛОГИСТИЧЕСКИХ КОМПАНИЯХ

INTEGRATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS AND EVENT-DRIVEN ARCHITECTURE TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF FLEET MANAGEMENT IN LOGISTICS COMPANIES

Аннотация. В условиях глобализации и усиления конкуренции на логистическом рынке компании стремятся внедрять инновационные решения для повышения эффективности своих операций. В данной статье исследуется использование геоинформационных систем (ГИС) и архитектуры, основанной на событиях (event-driven), для управления автопарком в логистических организациях. Рассматриваются методы интеграции ГИС с системами управления транспортом (TMS), а также особенности использования различных баз данных для оперативного и архивного хранения информации. Особое внимание уделяется реализации геофенсинга с использованием event-driven архитектуры и брокеров сообщений. Визуализация данных через платформы low-code позволяет в реальном времени отслеживать состояние автопарка и принимать обоснованные решения. Преимущества и перспективы развития данных технологий анализируются в контексте повышения эффективности логистических процессов.

Abstract. In the context of globalization and increasing competition in the logistics market, companies are forced to seek innovative ways to improve their operational efficiency. This article explores the use of Geographic Information Systems (GIS) and event-driven architecture for fleet management in logistics companies. It describes methods for integrating GIS with Transportation Management Systems (TMS), as well as the application of various databases for operational and archival data storage. Special attention is given to implementing geofencing using event-driven architecture and message brokers. Data visualization through low-code platforms enables real-time tracking of fleet status and informed decision-making. The advantages and future prospects of these technologies are discussed in terms of enhancing the efficiency of logistics processes.

Ключевые слова: геоинформационные системы, разработка информационных систем, геофенсинг

Keywords: geoinformation systems, development of information systems, geofencing

Введение

Логистическими процессами можно управлять и оптимизировать с помощью ГИС: в условиях глобализации и стремительного роста конкуренции логистических компаний поиск инновационных путей повышения эффективности транспортных компаний является насущной необходимостью. ГИС - это один из основных инструментов, который может значительно улучшить управление и оптимизацию логистических процессов. ГИС позволяет эффективно отслеживать транспортные средства в режиме реального времени, предоставляя актуальные данные о местоположении, маршрутах и состоянии транспортных средств. Такие системы предоставляют возможность отслеживать местоположение транспортных средств в режиме реального времени, управлять оптимизацией маршрутов, контролировать расход топлива и состояние автомобиля. В сочетании с архитектурой, основанной на событиях, ГИС может повысить оперативность реагирования на изменения и повысить эффективность управления автопарком в целом. Цель данной статьи – рассмотреть прикладное использование ГИС и событийно-ориентированной архитектуры для управления автопарком в компаниях, занимающихся логистикой, выявить их преимущества и

предложить практические рекомендации по внедрению.

Обзор литературы

Исследования показывают, что интеграция ГИС с TMS может значительно улучшить логистические процессы. Например, использование GPS-трекинга в логистике демонстрирует значительное улучшение управления транспортными средствами и оптимизации маршрутов. Анализ влияния ГИС на процесс управления автопарком показывает, что такие системы способствуют снижению эксплуатационных расходов и повышению эффективности логистических операций. Что еще более важно, событийно-ориентированная архитектура позволяет обрабатывать события в режиме реального времени, что значительно повышает оперативность реагирования и адаптивность систем управления. Также доказана возможность применения ГИС и больших данных для улучшения логистических процессов, а правильное использование защиты данных в таких системах определяет направление вопросов, связанных с их безопасностью.

Методология

Исследование основано на современных методах интеграции ГИС с системами управления транспортом (TMS). Основной задачей является сбор и анализ данных с транспортных средств с помощью GPS-устройств и датчиков. Информация о местоположении, расходе топлива и техническом состоянии транспортных средств передается на сервер, где данные обрабатываются и сохраняются в базе данных. Для интеграции геозоны и оперативной обработки событий реализована событийная архитектура с элементами посредников сообщений, таких как RabbitMQ

Получение данных от трекеров

Основная сложность в работе с трекерами заключается в разнообразии протоколов их передачи данных. Каждый производитель использует свой протокол, что значительно усложняет интеграцию различных устройств в единую систему. Решением этой проблемы, позволяющим обрабатывать любые протоколы через единую точку входа, является разработка общего API для сохранения данных. Модули для обработки конкретных протоколов преобразуют данные в общий формат и отправляют их через API в базу данных. Предлагаемая единая схема данных дает возможность преобразовывать информацию, делая ее единообразной, независимо от исходного протокола. Это значительно упрощает интеграцию новых устройств и протоколов в существующую систему и, в то же время, повышает масштабируемость и гибкость системы.

Обработка и хранение данных

Для эффективного управления автопарком существуют две основные базы данных: реляционная база данных содержит оперативные данные, а база данных NoSQL лежит в основе архивных данных. Ожидается, что в реляционных базах данных будет храниться актуальная информация, необходимая для использования или поиска, например, данные о местоположении транспортного средства, его состоянии и другая оперативная информация, которая должна быть быстро обработана. В случае больших объемов данных, базы данных NoSQL, заархивированные в них, могут хранить огромный объем исторической информации. Его реализация может осуществляться через базы данных PostgreSQL или MySQL для использования со строгими ограничениями на быстрые транзакции в реляционной базе данных для хранения структурированных данных. Это обеспечивает выполнение запросов на чтение и запись на высокой скорости, поддержку сложных запросов и аналитических операций. Базы данных NoSQL, такие как MongoDB или Cassandra, отвечают за хранение огромных неструктурированных или полуструктурированных объемов данных. Это позволило бы обрабатывать большие объемы входных данных с высокой масштабируемостью системы. Другие возможности предоставляются для горизонтального масштабирования и распределенной обработки данных с помощью баз данных NoSQL.

Архитектура геозоны, управляемая событиями

Одним из ключевых компонентов для внедрения геозоны и оперативного управления автопарком является архитектура, управляемая событиями. Таким образом, прибытие или отъезд транспортного средства в назначенный район или геозону, аварийные ситуации или отклонения от маршрута обнаруживаются в режиме реального времени, что позволяет системе мгновенно реагировать на изменения. Обработка событий может осуществляться в виде уведомлений операторам, запуска какого-либо автоматического действия или сохранения в базе данных для последующего анализа. Очень гибкая архитектура обеспечивает очень высокую масштабируемость системы, позволяющую обрабатывать большие объемы данных в режиме реального времени. Это повышает реактивность системы и позволяет быстро реагировать на изменения в транспортной сети. С другой

стороны, архитектура, управляемая событиями, повышает устойчивость к системным сбоям, поскольку события обрабатываются независимо в разных частях системы.

Визуализация данных

Данные визуализируются с использованием платформы с низким использованием кода, и вы можете быстро и эффективно отображать любую информацию. Данные берутся непосредственно из оперативной базы данных и отображаются на карте. Следовательно, это будет иметь большое значение для операторов и менеджеров автопарка, поскольку они смогут определять местоположение транспортных средств в режиме реального времени и анализировать маршруты и состояние транспортных средств. Использование визуальных инструментов позволяет очень быстро выявлять проблемы и принимать необходимые меры для их устранения. Визуализация данных является основным аспектом в управлении автопарком, поэтому она поможет оператору в режиме реального времени понять характеристики транспортных средств и маршрутов. Интерактивные карты и информационные панели позволят детально анализировать данные, выявлять тенденции и принимать обоснованные решения.

Вывод

В логистических компаниях технологии геоинформационных систем и событийно-ориентированной архитектуры действительно могут повысить эффективность управления автопарком. Оптимизация маршрутов, контроль за уровнем расхода топлива и техническим состоянием транспортных средств приводят к снижению эксплуатационных расходов и повышению качества обслуживания клиентов. Такие системы могут быть разработаны только при продуманном выборе технологий и архитектуры, но результаты этой работы действительно стоят затраченных усилий. Перспективы развития технологий откроют новые возможности для повышения эффективности процессов разработки в логистике, и это относится к актуальной области для дальнейших исследований и разработок.

Библиографический список:

1. Иванов П. Преимущества использования GPS-трекинга в логистике // Логистика сегодня. – 2021.
2. Смит Дж., Браун А. Влияние ГИС на управление автопарком // Журнал управления транспортом. – 2020.
3. Ли К., Ким Х. Оптимизация маршрутов с использованием ГИС: примеры и методологии // Международный журнал логистики. – 2019.
4. Йохансен К., Торватн Х. Роль больших данных в улучшении логистических показателей // Журнал управления цепями поставок. – 2018.
5. Мунир К., Шах Д. Вопросы безопасности данных в событийно-ориентированных архитектурах для логистики // Журнал информационной безопасности. – 2020.

Askarov Rail Falikhovich

Chief specialist in mortar service

LLC Tatburneft,

Postgraduate student of Almet'yevsk State Technological University "Higher School of Petroleum"

УДК 691.534

PRACTICAL EXPERIENCE IN THE USE OF GYPSUM-LIME DRILLING MUD ON A FORMATE BASIS (GIBR-3)

Abstract. The article considers the results of pilot tests of gypsum-lime drilling mud on a formate basis (GIBR-3). It is indicated that pilot tests were preceded by successful laboratory studies of this drilling mud formulation. Conclusions are drawn and recommendations for practical application are given.

Keywords: drilling of wells for oil and gas, clay-free inhibited drilling fluids, inhibited drilling fluids, gypsum lime drilling mud.

The success of the construction of oil and gas wells directly depends on the quality and inhibitory properties of the drilling mud. In order to reduce the cost, preserve the reservoir properties of the productive horizon and improve the quality of fastening, a gypsum-lime drilling mud based on sodium formate (GIBR-3) was successfully tested at the facilities of PJSC Tatneft. This type of drilling mud was proposed and tested instead of the previously planned hydrocarbon-based solution.

The formulation was approved for pilot tests after successful laboratory results in the laboratory of drilling fluids of the TatNIPIneft Institute of PJSC Tatneft.

According to the results of laboratory tests, it was found that the GIBR-3 water-based drilling mud is stable, its parameters correspond to regulated values, and its resistance to contamination with highly active clays is at a comparable level with hydrocarbon-based solutions. But unlike the latter, GIBR-3 does not distort the results of the analysis of the oil saturation of the selected core material due to the additional saturation of the porous space with light hydrocarbons contained in the drilling fluid of the ORE.

The scope of application of this drilling fluid includes drilling of vertical and horizontal sections, including those composed of unstable mudstones, as well as productive formations. The purpose of the tests was to determine the effectiveness of the highly inhibitory GIBR-3 drilling mud during pilot drilling of production horizontal wells on Devonian deposits.

Directly pilot tests of the GIBR-3 formulation were carried out at three wells of the Romashkinskoye field of the Almet'yevskaya area of the Republic of Tatarstan when drilling for Devonian deposits, in conditions of unstable rocks of the Kynovsky and Pashy horizons.

During the drilling process at all three wells in the intervals where GIBR-3 was used, no complications were recorded: the descent and lifting operations were carried out without delays, no collapse sludge was observed.

However, a significant increase in the concentration of calcium ions was noted, which may indirectly indicate the penetration of reservoir waters into the drilling mud. Nevertheless, this affected only the structural and rheological properties of the drilling mud, the remaining parameters remained within the framework of the planned flushing program.

The main technological properties of GIBR-3 prepared in the laboratory

Table 1

Properties of drilling mud	Time after cooking, 24 hours.		
	1	3	7
Density, g/cm ³	1,21	1,21	1,21
Conditional viscosity according to VBR-1, sec	45	42	41
Filtration, cm ³ /30 min	2,0	2,6	2,8
pH	11,4	10,7	10,3
p, Ohms*m	0,145	0,145	0,145
Plastic viscosity, sP	21,4	21,5	20,9
DNS, dPa	67	70	61

SNA, dPa	23/27	11/14	9/11
Swelling of Kynov clays, %	-	-	15,3

In general, based on the results of drilling three wells, using highly inhibited gypsum-lime drilling mud GIBR-3, on the Devonian deposits of the Kynovsky and Pashy horizons, the following conclusions can be drawn:

1. Drilling was carried out in accordance with the plan, without accidents and in normal mode.
2. The removal of the drilled rock was 100%. There were no signs of slagging of the trunk or a shortage of sludge on the cleaning system.
3. During the drilling interval, the borehole remained stable, no sludge was observed during flushing on vibrating screens.
4. The average time after the opening of the Kynovsky horizon before the start of cementing of the production column was 73.3 hours, and the maximum was 74.5 hours. The solution made it possible to maintain the stability of the well walls in horizons prone to collapse, which confirms the effectiveness of the inhibitors used (lime, gypsum, sodium formate and Ingidol DT) and the effectiveness of its formulation as a whole.
5. During drilling, the inflow of reservoir fluid was detected, which led to a change in the structural and rheological properties of the drilling fluid. The filtration rate has decreased to the minimum allowable value regulated by the flushing program. The other main parameters remained unchanged. This indicates that the solution is resistant to the influence of reservoir fluid.
6. An assessment of the quality of well construction showed that the solution provides high-quality cement contact in the productive horizon (on average to ≈ 0.80) and with the walls of the casing (on average to ≈ 0.97). This is a very good indicator of the quality of the drilling mud.
7. The maximum zenith angle during the construction of wells on GIBR-3 drilling mud was 23 degrees.
8. The parameters of the drilling mud are stable and correspond to the regulated values.
9. The composition of the drilling mud is self-sufficient and resistant to biodegradation, there are no excess components.
10. Gypsum-lime drilling mud GIBR-3 helps to increase the time interval before destabilization of the borehole in the intervals of weakly cemented rocks prone to collapse, which ensures trouble-free and high-quality well construction.
11. Gypsum-lime drilling mud on a formate basis (GIBR-3) allows you to maintain the quality of the selected core, as well as due to its inhibitory ability to increase the swelling time (hydration) of clays, which allows you to achieve the design face without complications by drilling, followed by descent and cementing of the casing.
12. The use of gypsum-lime drilling mud GIBR-3 will reduce the cost of drilling mud due to its low cost compared to hydrocarbon-based solutions, while not inferior to them in terms of technical and technological efficiency.
13. The use of gypsum-lime drilling mud GIBR-3, during the construction of oil and gas wells, reduces the risks of environmental pollution, due to the use of biodegradable materials of hazard class 4 in its composition.

Conclusion

The use of clay-free highly inhibited gypsum-limestone drilling mud based on sodium formate GIBR-3 allowed the Devonian sediments to pass without incident, including complex areas composed of Kynov clays prone to scree and collapse. This confirms the effectiveness of the solution in difficult geological conditions and makes it suitable for working with less problematic rocks.

In addition, GIBR-3 can be used for opening productive formations and sinking productive horizons, since the use of polysaccharide drilling fluids based on biopolymers ensures the restoration of filtration and capacitive properties of a productive formation.

Thus, clay-free highly inhibited gypsum-lime drilling mud for sodium formate GIBR-3 can be recommended not only for deposits of the Republic of Tatarstan, but also for other regions with similar mining and geological conditions.

Literature:

1. Tretyak A.Ya., Savenok O.V., Rybalchenko Yu.M. Drilling flushing fluids / uch. pos. – Novocherkassk: Lik. – 2014. – 374 p.

2. Bulatov A.I. Technique and technology of drilling oil and gas wells: textbook. for universities. - M.: Nedra-Businesscenter LLC. - 2003. – 1007 p.

3. Bulatov A.I. Drilling of oil and gas wells: a textbook for students of higher educational institutions studying in the field of master's degree in Oil and gas business / A. I. Bulatov, S. V. Dolgov. - Krasnodar: LLC "Publishing house. Dom - Yug". - 2015. - 675 p.

4. Askarov R.F., Saveliev D.O. Highly inhibited drilling fluid for drilling exploration and evaluation wells with high risks of collapse "GIBR-3" / Drilling and oil. - 2022. - No.2.- pp. 22-25.

5. Askarov R.F., Lyubimova S.V., Mironov D.A., Karimov M.F. Investigation of resistance to contamination with highly active clays of highly inhibited drilling mud "GIBR-3" / Drilling and oil. - 2023. - No.3.- pp. 52-53.

6. Askarov R.F., Highly inhibited drilling mud for drilling exploration and evaluation wells with high risks of collapse "GIBR-3" / newspaper "Burovik". - 2022. - №1 (188).

Самарский Александр Александрович
Samarsky Alexander Alexandrovich

Магистрант

Тольяттинский государственный университет

E-mail: canek07@list.ru

УДК 699.81

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВОВ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ

STUDY OF COMPOSITIONS OF FIRE-RETARDANT PROPERTIES OF COATINGS FOR METAL PRODUCTS AND STRUCTURES

Аннотация. В статье проведен анализ теоретических исследований, изучение практических исследований составов огнезащитных свойств покрытий для металлических изделий и конструкций.

Abstract. The article analyzes theoretical studies and studies practical studies of the compositions of fire-retardant properties of coatings for metal products and structures.

Ключевые слова: огнезащитный состав, металлические изделия, строительные конструкции, огнезащитный слой, теплоизоляционные свойства.

Keywords: fire retardant composition, metal products, building structures, fire retardant layer, thermal insulation properties.

Методы анализа и техника исследования, которые применяются при проведении исследования составов огнезащитных свойств покрытий для металлических изделий и конструкций – анализ теоретических исследований, изучение практических исследований, проведение испытаний.

Для выбора наиболее эффективного были рассмотрены некоторые способы, позволяющие защитить стальные конструкции от влияния на них высоких температур посредством вспучивающегося огнезащитного покрытия на поверхностях конструкций при пожаре.

Преимущества и недостатки применяемых способов огнезащиты строительных конструкций представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Преимущества и недостатки применяемых способов огнезащиты строительных конструкций

Способ	Преимущества способа	Недостатки способа
Обетонирование, оштукатуривание, обкладка кирпичом	Относительно низкая стоимость материалов, долговечность, доступность	– большая масса; – необходимость применения стальной сетки и (или) анкеровки; – сложность проведения работ на высоте; – высокая трудоемкость; – невозможность защиты труднодоступных мест
Установка плит из пористых или волокнистых материалов	– низкий уровень массы; – повышенная вибростойкость и долговечность за счет механического крепления к конструкции; – технологичность и относительно низкая трудоемкость.	– большой уровень требуемых толщин огнезащиты; – высокий уровень паропроницаемости; – возможно, возникновения очагов коррозии под укрывным слоем;

Продолжение таблицы 1

Способ	Преимущества способа	Недостатки способа
		<ul style="list-style-type: none"> – невозможность защиты труднодоступных мест конструкции; – сложность проведения работ на высоте
Применение составов на основе жидкого стекла	Относительно низкая трудоемкость	<p>низкая вибростойкость покрытия при больших количествах слоев;</p> <ul style="list-style-type: none"> – трудность обеспечения и контроля заданных толщин покрытия; <p>большая по времени продолжительность нанесения и сушки покрытия;</p> <ul style="list-style-type: none"> – невозможность параллельного проведения других работ; <p>большие технологические потери при нанесении</p>
Применение огнезащитных красок вспучивающегося типа (тонкослойные покрытия)	<ul style="list-style-type: none"> – относительно низкая трудоемкость; – малая толщина покрытия; – возможность нанесения валиком, кистью, распылением; – возможность защиты труднодоступных мест металлоконструкции; – возможность минимизировать технологические потери; – не требует специальной подготовки персонала; – имеет не только огнезащитные, но и декоративные свойства 	<ul style="list-style-type: none"> – ограничение области применения согласно требованиям нормативной документации по пожарной безопасности; – требуется постоянный контроль толщины покрытия

Суть расчёта толщины огнезащитного слоя для несущих стальных конструкций принципиально не отличается как для конструктивной огнезащиты, так и для вспучивающихся красок.

Созданы химические составы для огнезащиты с порошком вермикулитом и минералом волластонит, практическими экспериментами была установлена эффективность их огнезащитных свойств. Весь эксперимент был разбит на этапы, проводился в соответствии условий положения НПБ 236-97 (рисунок 1).

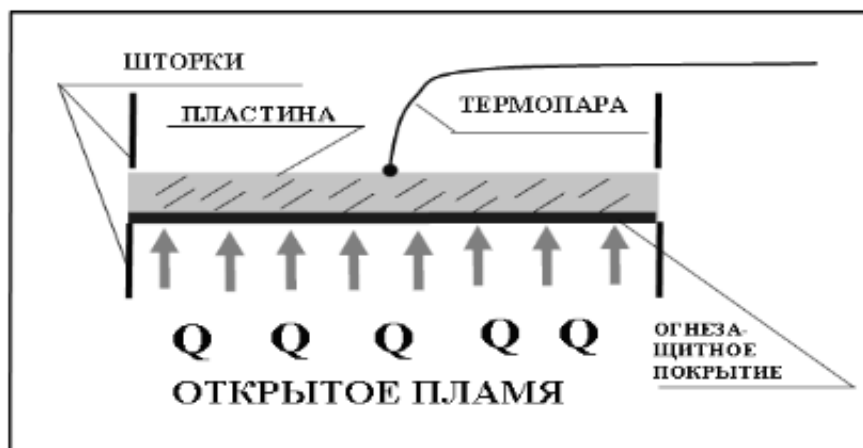
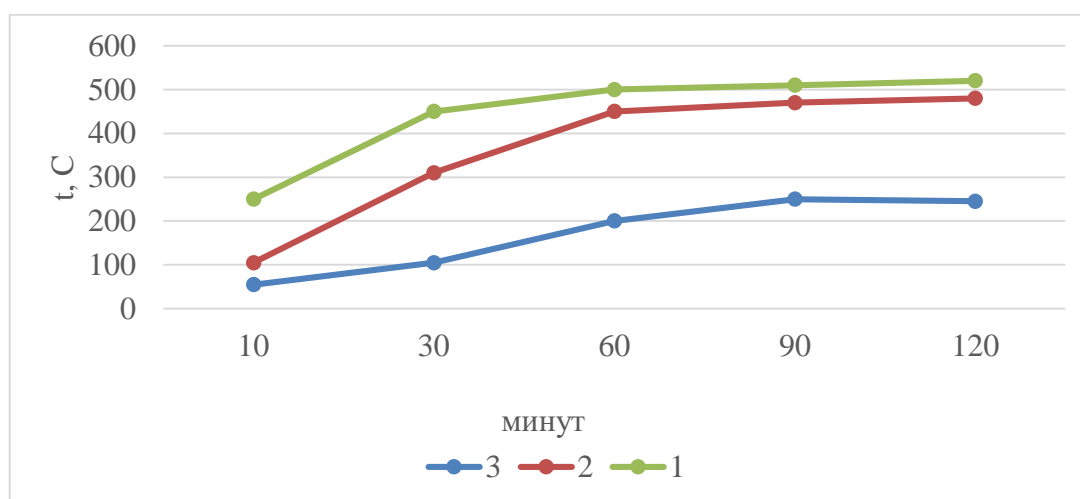


Рисунок 1 – Схема эксперимента по измерению огнезащитных свойств покрытий для металлических изделий и конструкций

Отрезок времени, для нагревания стальной пластины с одновременной фиксацией промежуточных значений температуры, составил 150 мин. или 2,5 час. Измерение температуры проводилось хромо-алюмелевой термопарой. На протяжении нагрева стальной пластины в течении 2-х часов не установлены визуальным способом какие-либо отклонения на поверхности. Рисунок 2 демонстрирует полученные итоги по эксперименту.



(1 – без огнезащитного покрытия, 2 – с огнезащитным покрытием толщиной 0,15 см, 3 – с огнезащитным покрытием толщиной 0,25 см)

Рисунок 2 – Температура металлической пластины площадью 100 см² и толщиной 1 см при нагревании одной её стороны в течение двух часов при температуре 900-1000 °C

Графики температурных показаний при нагреве пластины представлены на рисунке 2: по прошествии нагрева в течении 15 – 20 мин, температурная разница на двух графиках 1 и 2 соответствует 50 - 60 °C, у графиков 1 и 3 – уже 120 - 130 °C, эта разница остается неизменной на протяжении всего эксперимента, т.е. 150 мин.

Во многих разработках «для улучшения теплоизоляционных свойств огнезащитных покрытий в исходный состав введены вспученный перлит, вермикулит, полые фосфатные микросферы, отходы пенополиуретана и пенополистирола, асбестовые, каолиновые, минеральные и стеклянные волокна и другие наполнители» [3]. С помощью полых фосфатных элементов, имеющих форму полусферы, обеспечивается необходимый уровень механической прочности, поскольку создается в покрытие жесткий скелет с хорошими теплофизическими свойствами. Состав, в который входит глина тонкого помола, фосфатный связующий элемент, имеет однородную структуру, он обладает меньшим значением внутреннего напряжения, позволяет уменьшить в составе оксид двухвалентного металла.

«В качестве волокнистых наполнителей используют асбест хризолитовый, минеральную вату и стекловолокна. Добавки глинозёма, шамота, магнезита, молотого доменного шлака повышают огнеупорность и снижают усадку огнезащитного состава, что в свою очередь даёт дополнительный временной фактор обеспечения эффективного тушения для подразделений» [2]. «Кроме преимуществ (сравнительно низкой стоимости из-за меньшего расхода, а также технологичности применения) вспучивающихся покрытий свойственны некоторые недостатки. Например, способность адсорбировать влагу, приводящая к коррозии металла конструкции и ухудшению свойств самого покрытия, а также наличие благоприятной среды для развития внутри слоя вспучивающихся красок колоний микроорганизмов» [1].

В качестве итога отметим: проведенные исследования доказывают наличие высокой эффективности в рассматриваемых способах огнезащиты, огнезащита долговечна, надежна, эффективна при эксплуатации, не требует значительных финансовых затрат.

Библиографический список:

1. Ибрагимов Б. Т. Вспучивающиеся составы для огнезащиты // Проблемы современной науки и образования. 2021. №5. С. 29-36.
2. Крашенинникова М. В. Огнезащитные вспучивающиеся материалы на основе органорастворимых пленкообразователей // Лакокрасочные материалы и их применение, 2018. № 12. С. 14-19.
3. Кривцов Ю. В. Безопасность энергетических объектов - широкое использование огнезащитных покрытий // Пожарная безопасность, 2019. № 2. С. 132-134.

Русов Артем Валерьевич
Тестировщик программного обеспечения
г. Минск, Беларусь

Rusov Artem Valeryevich
Software Tester

УДК 004.052

ВЛИЯНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ОПЫТА И ОБРАТНОЙ СВЯЗИ НА ПРОЦЕССЫ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА КОНЕЧНОГО ПРОДУКТА

THE IMPACT OF USER EXPERIENCE AND FEEDBACK ON SOFTWARE TESTING PROCESSES AND IMPROVING THE QUALITY OF THE FINAL PRODUCT

Аннотация. В данной статье исследуется влияние пользовательского опыта и обратной связи на процессы тестирования программного обеспечения и на улучшение качества конечного продукта. Анализируются способы интеграции пользовательской обратной связи в тестирование и разработки, а также рассматриваются методы, позволяющие оптимизировать пользовательский опыт на всех этапах жизненного цикла программного обеспечения. Особое внимание уделено важности вовлечения конечных пользователей в процесс тестирования для своевременного выявления и устранения ошибок, что способствует созданию более качественных и удобных для использования продуктов. В статье представлены выводы, подчеркивающие значимость пользовательского опыта и обратной связи в улучшении качества программного обеспечения.

Abstract. This paper investigates the impact of user experience and feedback on software testing processes and on improving the quality of the final product. The ways of integrating user feedback into testing and development are analyzed, and methods to optimize user experience at all stages of the software life cycle are discussed. Particular attention is paid to the importance of involving end users in the testing process to identify and eliminate bugs in a timely manner, which contributes to the creation of better and more usable products. The paper presents conclusions emphasizing the importance of user experience and feedback in improving software quality.

Ключевые слова: пользовательский опыт, обратная связь, тестирование программного обеспечения, качество продукта, улучшение качества, юзабилити, жизненный цикл ПО, интеграция обратной связи.

Keywords: user experience, feedback, software testing, product quality, quality improvement, usability, software life cycle, feedback integration.

В современном мире программное обеспечение играет ключевую роль во всех сферах жизни, от бизнеса и образования до развлечений и здравоохранения. С увеличением сложности программных систем и их интеграции в повседневную жизнь пользователей, требования к качеству программного обеспечения становятся всё более строгими. Одним из ключевых аспектов обеспечения высокого качества программного продукта является процесс тестирования, который позволяет выявить и устранить возможные дефекты на ранних стадиях разработки.

В последние годы особое внимание стало уделяться влиянию пользовательского опыта (UX) и обратной связи на процессы тестирования и последующее улучшение качества конечного продукта. Пользовательский опыт включает в себя все аспекты взаимодействия пользователя с программным обеспечением, от интерфейса до функциональности. Обратная связь от пользователей, в свою очередь, предоставляет ценные данные для анализа, которые помогают разработчикам и тестирующим лучше понимать, какие аспекты программы требуют доработки.

Интеграция пользовательского опыта и обратной связи в процессы тестирования позволяет не только повысить удовлетворённость пользователей, но и существенно улучшить качество программного продукта. В этой статье рассматриваются основные методы и подходы к использованию пользовательского опыта и обратной связи в процессе тестирования, а также их влияние на качество программного обеспечения. Исследование фокусируется на анализе существующих практик, выявлении ключевых факторов, способствующих улучшению качества ПО, и предложении

рекомендаций для оптимизации процесса тестирования с учётом потребностей конечных пользователей.

Значимость непрерывной обратной связи в процессе тестирования программного обеспечения:

1. Непрерывная обратная связь играет критическую роль в раннем обнаружении дефектов и неисправностей в программном обеспечении. Это позволяет выявить потенциальные проблемы на начальных этапах разработки, что значительно снижает риск их перерастания в более серьезные и дорогостоящие проблемы. Такая проактивная методология помогает сэкономить значительное количество времени и ресурсов, которые могли бы быть потрачены на устранение последствий позднего обнаружения дефектов.

2. Постоянное взаимодействие тестировщиков с разработчиками через регулярное предоставление обратной связи способствует непрерывному улучшению программного обеспечения. Итерационный процесс тестирования, который включает выявление и исправление ошибок и дефектов, делает продукт более стабильным и долговечным. Таким образом, итоговый продукт становится более надежным и соответствует высоким стандартам качества.

3. Основополагающий принцип Agile и DevOps — это непрерывное улучшение и постоянное тестирование. Эти методологии требуют регулярного получения обратной связи для ускорения цикла разработки и адаптации продукта к изменяющимся требованиям. Непрерывные комментарии позволяют командам быстрее реагировать на изменения и поддерживать высокий уровень качества на протяжении всего жизненного цикла разработки.

4. Регулярные обратные комментарии способствуют созданию культуры активного сотрудничества и диалога между всеми участниками процесса разработки, включая разработчиков, тестировщиков, менеджеров по продукту и другие заинтересованные стороны. Эта открытая и непрерывная коммуникация обеспечивает понимание текущего состояния продукта всеми членами команды и позволяет работать более слаженно и эффективно для достижения общих целей.

5. Ориентация на пользователей становится основой для улучшения программного обеспечения, когда обратная связь поступает напрямую от конечных потребителей или заинтересованных сторон. Это позволяет командам разработки согласовывать свои действия с реальными потребностями и ожиданиями пользователей, что в конечном итоге приводит к созданию продукта, который в большей степени удовлетворяет запросы целевой аудитории.

6. Своевременная обратная связь ускоряет процесс выявления и устранения ошибок, предотвращая их распространение на последующие стадии разработки. Это значительно повышает эффективность процесса улучшения программного обеспечения и снижает риск возникновения узких мест, которые могли бы замедлить разработку.

7. Непрерывные замечания позволяют оперативно проводить регрессионное тестирование, что имеет решающее значение для обеспечения того, чтобы новые изменения в коде не приводили к появлению новых дефектов или ухудшению уже существующих функций. Автоматические проверки могут быть запущены часто, что гарантирует стабильность программного обеспечения на каждом этапе разработки.

8. Обратная связь, основанная на данных, записях и аналитике, позволяет принимать более обоснованные решения в процессе разработки программного обеспечения. Такой подход облегчает выявление трендов, паттернов и проблемных областей, что позволяет более эффективно планировать дальнейшие этапы разработки и тестирования.

9. Постоянные комментарии и обратная связь формируют культуру непрерывного совершенствования внутри команды. Это позволяет коллективу анализировать свои ошибки, адаптировать процессы и улучшать методы тестирования и разработки, обеспечивая постоянное повышение качества продукта.

10. Конечная цель улучшения программного обеспечения заключается в создании продукта, который полностью удовлетворяет потребности клиентов. Непрерывная обратная связь способствует повышению удовлетворенности пользователей, гарантируя, что продукт соответствует их ожиданиям и постоянно эволюционирует, адаптируясь к изменяющимся требованиям рынка.

Шаги по внедрению и эффективному использованию непрерывной обратной связи:

- Прежде чем начинать процесс сбора и анализа обратной связи, важно определить конкретные цели, которые вы хотите достичь. Это может включать изучение определенных аспектов программного обеспечения, оценку его производительности или выявление пользовательских

предпочтений. Четкое понимание целей позволит эффективно организовать процесс обратной связи и выбрать правильные метрики для оценки результатов.

- Создание и интеграция инструментов автоматического тестирования играет ключевую роль в поддержке непрерывной обратной связи. Эти инструменты должны быть способны выполнять проверки на каждом этапе развертывания нового кода, включая регрессионное тестирование и интеграционные тесты. Автоматизация процесса тестирования позволяет своевременно выявлять и исправлять ошибки, что существенно улучшает качество конечного продукта.

- Непрерывная интеграция (CI) и непрерывная доставка (CD) являются неотъемлемыми элементами современной разработки ПО. Автоматические тесты должны быть интегрированы в конвейер CI/CD, чтобы при каждой правке кода происходила автоматическая оценка его качества. Это обеспечивает мгновенное получение обратной связи и позволяет оперативно реагировать на любые изменения, повышая стабильность и надежность продукта.

- Для того чтобы тестирование было максимально эффективным, необходимо создать тестовые среды, которые будут максимально приближены к реальной производственной среде. Это гарантирует, что тестирование будет отражать реальные условия эксплуатации ПО, что снижает риск возникновения проблем при его развертывании у пользователей.

- Реализация непрерывного мониторинга инфраструктуры и использования ПО позволяет отслеживать ключевые показатели, такие как время отклика системы, частота ошибок и нагрузка на вспомогательные сервисы. Этот мониторинг помогает своевременно выявлять узкие места и реагировать на них до того, как они превратятся в серьезные проблемы, влияющие на работу конечных пользователей.

- Систематическая публикация и анализ полученной обратной связи играют важную роль в выявлении тенденций и проблемных областей. Регулярная оценка позволяет не только понимать, что именно требует доработки, но и принимать обоснованные решения по дальнейшему развитию продукта. Использование данных обратной связи в качестве основы для принятия решений способствует более точной и целенаправленной работе команды.

- Создание структурированных циклов обратной связи между разработчиками, тестировщиками и другими заинтересованными сторонами позволяет обеспечить постоянное обновление и корректировку процесса разработки. Открытые каналы коммуникации способствуют более эффективному обмену идеями и быстрому решению возникающих проблем, что в конечном итоге улучшает качество продукта.

- Анализ обратной связи не должен оставаться лишь формальностью; на его основе необходимо внедрять изменения и улучшения в продукт. Это может включать в себя не только рефакторинг кода или улучшение производительности, но и адаптацию продукта под специфические запросы уникальных пользователей. Итеративный подход к улучшению на основе полученной обратной связи позволяет создавать более качественное и удовлетворяющее потребности пользователей программное обеспечение.

Дополнительные подходы к внедрению обратной связи:

- Немедленная обратная связь позволяет разработчикам получать уведомления о сбоях или проблемах в реальном времени. Это возможно благодаря использованию механизмов, которые оперативно информируют разработчиков о возникших дефектах, позволяя им своевременно реагировать и вносить необходимые модификации. Такой подход существенно ускоряет процесс выявления и устранения ошибок, повышая общую стабильность и надежность программного обеспечения.

- Циклический сбор обратной связи от пользователей — ключевой элемент успешного улучшения продукта. Он может быть организован через опросы, интервью или встроенные в программный интерфейс системы обратной связи. Постоянное взаимодействие с пользователями позволяет собирать важные данные о том, как продукт используется на практике, и оперативно внедрять необходимые изменения для улучшения пользовательского опыта.

- A/B-тестирование — это метод сравнительного анализа, который позволяет одновременно тестировать две версии продукта для определения наиболее эффективной. Сравнение результатов использования и отзывов пользователей по каждой из версий помогает выбрать оптимальный вариант, обеспечивающий лучший пользовательский опыт и наибольшую производительность.

- Постоянный мониторинг производительности позволяет отслеживать ключевые показатели системы, такие как время отклика и масштабируемость, в различных эксплуатационных условиях. Регулярная обратная связь по этим показателям помогает оптимизировать программное обеспечение, повышая его производительность и способность адаптироваться к увеличению нагрузки.

- Включение обратной связи в процесс тестирования безопасности критически важно для выявления и устранения уязвимостей в программном обеспечении. Использование специализированных инструментов для обнаружения и анализа угроз помогает усилить защиту продукта и повысить его устойчивость к потенциальным киберугрозам.

- Регулярное обновление документации на основе полученной обратной связи и принятых решений играет важную роль в обеспечении синхронизации работы команды. Четкая и актуальная информация о требованиях и достигнутых результатах позволяет разработчикам и тестировщикам работать более слаженно, избегая недопонимания и задержек в реализации изменений.

В условиях современного IT-мира, где требования к качеству и надежности программных продуктов постоянно возрастают, роль пользовательской обратной связи становится критически значимой.

В итоге, непрерывная обратная связь и акцент на пользовательский опыт являются мощными инструментами для улучшения качества программного обеспечения. Они позволяют создавать продукты, которые не только соответствуют техническим требованиям, но и полностью удовлетворяют ожидания пользователей. В условиях постоянно меняющегося рынка и растущих требований к ПО, компании, внедряющие эти подходы, получают значительные конкурентные преимущества.

Дальнейшее развитие и исследование методов интеграции пользовательского опыта и обратной связи в процессы тестирования и разработки ПО представляется важным и перспективным направлением, которое будет способствовать созданию более качественных и востребованных продуктов.

Библиографический список:

1. Глинский Я.М., Попов А.И. Пользовательский опыт в разработке программного обеспечения: концепции и практики. – Москва: Издательство «Наука», 2021. – 256 с.
2. Иванов С.П., Смирнова Е.А. Методологии тестирования программных систем. – Санкт-Петербург: Питер, 2019. – 320 с.
3. Петрова Л.В. Обратная связь пользователей как инструмент улучшения качества программного обеспечения // Вестник информационных технологий. – 2020. – Т. 12, № 3. – С. 45-52.
4. Сидоров В.Н., Кузнецова М.М. Роль юзабилити-тестирования в процессе разработки программных продуктов. – Новосибирск: СибАК, 2018. – 192 с.
5. Зайцев Д.В. Анализ и оптимизация пользовательского опыта в разработке ИТ-продуктов. – Казань: Казанский университет, 2020. – 238 с.
6. Беляев А.И., Лебедев К.С. Тестирование программного обеспечения: подходы и методологии // Программная инженерия. – 2019. – Т. 8, № 2. – С. 123-130.
7. Ковалев М.П. Интеграция пользовательской обратной связи в процессы разработки и тестирования. – Екатеринбург: УрО РАН, 2021. – 264 с.

Ломашевич Святослав Александрович
Lomashevich Svyatoslav Aleksandrovich
 Начальник Теор. Отдела. к ф-м.н
 Исследовательский Центр Харитоново
 E-mail: lamaswet1@yandex.ru

УДК 530.1

ПРИРОДА СПЕКТРА ФОНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КОСМОСА

THE PROBLEM OF COSMIC ENERGY

Аннотация. Высказаны критические замечания в отношении БВ. В противоречие *реликтовому догматизму* представлена картина реального существования МКВ. Рассмотрены условия реализации процесса для практического извлечения энергии из Космоса. Определено понятие эфира с обозначением свойств, при которых фотон представляется как возмущение поля.

Abstract. For practical application the function of energy calculated for case increasing in field potential energy ether as result phenomenal pumping of photon. The Cosmic Energy may be UTILIZATION.

Ключевые слова: трек фотонов, энергия в треке, потенциальная энергия, предельная энергия фотона, эфир.

Keywords: ether, photon energy, potential field, function of photon, cosmic energy.

ВВЕДЕНИЕ - ДАЙДЖЕСТ.

Результатом исследования Распада Фотона явилось определение предельной частоты существования кванта при распаде [1,2], которая по частоте излучения равна 10^{12} Гц (Гц = c^{-1}) – что граничит с фоном радиочастотного диапазона.

Квантование излучения происходит не во всем диапазоне электромагнитных волн, а только в пространстве частот, ограниченных снизу, указанной величиной, ниже этого значения происходит распространение волн. Распад фотона, уменьшение энергии, при достижении порога завершается исчезновением кванта как частицы и далее энергия существует в виде волн.

При рассмотрении динамики распада и решения уравнения непрерывности [3, гл. 5] вычислена зависимость плотности энергии в треке ДВИЖУЩЕГОСЯ ФОТОНА от частоты:

$$\frac{\theta v^2}{-\pi c^2} \left(\exp\left(-\frac{hv}{\theta}\right) + 2 \theta^2 v (h C^2)^{-1} \left(1 - 2 \frac{hv}{\theta}\right) \left(1 + \exp\left(\frac{hv}{\theta}\right)^{-1}\right) \right) = f(v) \quad (1)$$

Из которой (рис.1) следует: частотная характеристика динамики фотонного трека,

$$\frac{hv}{\theta} \exp\left(-\frac{hv}{\theta}\right) + 2 \pi \left(1 - 2 \frac{hv}{\theta}\right) \left(1 + \exp\left(\frac{hv}{\theta}\right)^{-1}\right) = 0, \quad (2)$$

график которой пересекает ось частот в точках: 11.66 и 13. (11,66 означает $10^{11,66} c^{-1}$), т.е. указывает на предельное значение по частоте для существования кванта, вычисленное ранее [4] другим способом. Область переменной (11.66 – 13.4) есть пространство частот, формирующих потенциальное поле эфира.

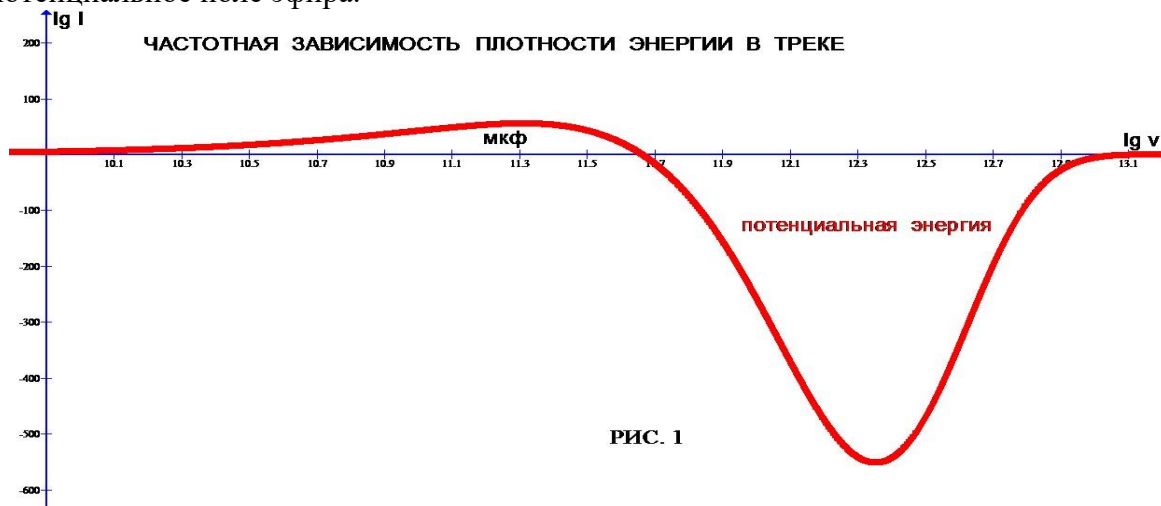


Рис. 1. Распределение энергии распадающихся фотонов: МКФ (0, 11.66) и поля (11.66, 13). Точка 13 указывает на сохранение квантового образования (материнский фотон и облако θ – квантов) до частоты 10^{13} Гц, т.е. полный распад начинается только с указанной частоты.

Как видно из графика - нет вклада в это поле фотонов с энергией больше $6.6 \cdot 10^{-21}$ Дж. ($lgv > 13.4$). При $v < 10^{11.67}$ ($5 \cdot 10^{11}$)с⁻¹ – область микроволн, распавшихся фотонов, что полностью согласуется с более ранними вычислениями [4]. Т.е. из различных начальных условий получены совпадающие результаты - предельная частота существования кванта равна 10^{12} с⁻¹. Причём, эта величина совпадает со значением максимума МКФ – в измерениях космического излучения (рис. 2) [5].

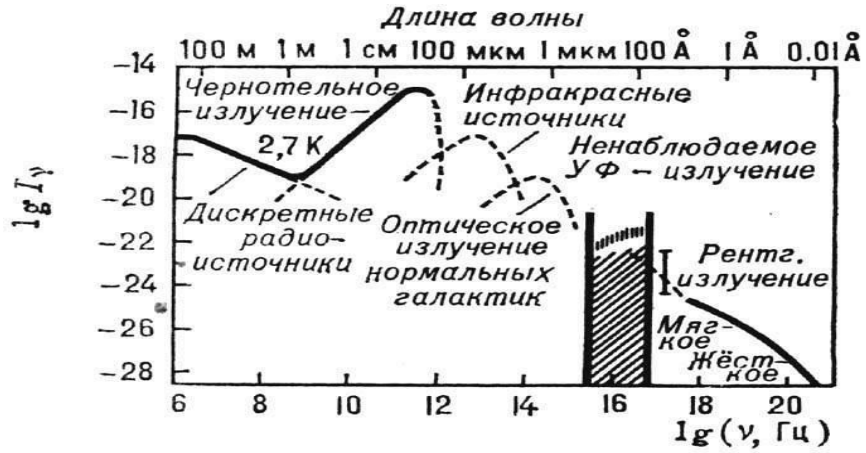


Рис. 2. Спектр электромагнитного излучения Вселенной [5].

Критика реликтового догматизма

В заглавии нет слова «реликтовый», которое, как полагают, является неопровержимым доказательством Большого Взрыва (БВ) и, как следствие, непрекращающегося расширения Вселенной. Рис. 2 воспроизводит результаты измерений космического излучения [5] с максимумом в точке 2.7 К, причём, постоянно упоминаемые градус, без сомнения достоверные, предсказанные

Гамовым Г.А., алогично связываются с БВ и далее транслируются теории, противоречащие закону сохранения энергии и апеллирующие к нулевому моменту, к нулевой точке и т. п., что ещё в большей степени не согласуется с физическими законами, нам известными и не вызывающими противоречий в классической (не квантовой) физике. На рис. 3 представлен спектр 2 с аппроксимацией результатов измерений космического излучения. Это сделано для лучшего понимания идей, изложенных далее.

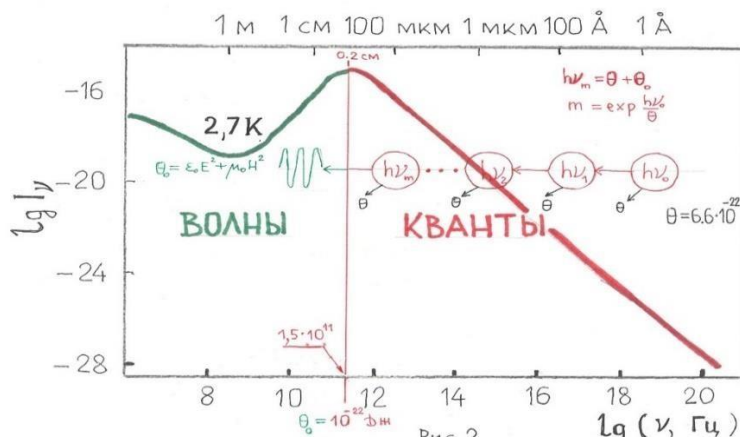


Рис.3. Аппроксимация спектра.

Корректность утверждения * реликтовый * фон.

Из общих представлений: 13 млрд. лет существуют фотоны, рождённые при БВ. Проведём оценки микроволнового фона в энергетическом аспекте:

- интенсивность излучения МКФ - $10^{-14} \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}$

- вещества, твёрдых тел - масса во Вселенной (усреднённо) $10^{-28} \frac{\text{Кг}}{\text{м}^3} = 10^{-11} \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}$. Это захватывающие центры, * ловушки* для фотонов, количество которых в $1 \text{ мм}^3 - 10^2$, т.к. минимальная энергия фотона в состоянии распада 10^{-22}

Дж., следовательно $\frac{10^{-11}}{10^{-22}} = 10^{11}$ в м^3 или 10^2 в мм^3 .

- фотонов в $\text{м}^3 - 4 \cdot 10^8$ или в $1 \text{ мм}^3 - 0.4 \cong 1$.

Итак, на один фотон МКф приходится 100 *ловушек*...и он (фон) существует 13 млрд. лет?

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.

Строгий анализ исследований распада фотона [2, гл. 7, 2*] опр еделённо указывает на возможность создания аппарата по извлечению энергии из эфира. Внесём ещё большую точность в представление о *подключении* к Вселенской-Энергии, с исключением потребления газа, угля и пр.

Кратко: **Особенность энергетического поля**, образованного распадающимися фотонами до предела $\theta = 6.6 \cdot 10^{-22} \text{ Дж.}$, состоит в том, что потенциальное поле [6, гл. 1, 9*]

$$U(r) = -\frac{1}{\beta} \ln(1 + \exp(-\frac{2}{R_0^2} r^2)), \quad (3)$$

в нашем рассмотрении:

$$U(r) = -\theta \ln(1 + \exp(-A r^2)). \quad (4)$$

преобразуется в $U(v)$ с помощью коэффициента $A r^2 = \frac{hv}{\theta}$ [6, гл. 4].

$$U(v) = -\theta \ln(1 + \exp(-\frac{hv}{\theta})). \quad (5)$$

не является полем центральным (подобно гравитационному или кулоновскому), сохраняя свою особенность: быть распределённым в пространстве и взаимодействовать с движущимися фотонами (Бозе-частицами) через посредство силы

$$F(r) = \frac{dU}{dr} = 2 A \theta r (1 + \exp(-A r^2))^{-1} \quad (6),$$

учитывающей массу фотона, точнее энергию (частоту). Это взаимодействие поля и фотона осуществляется при формировании кванта [2, гл.1, 10*] в момент его

h излучения, при рождении: сила (6) разгоняет фотон до скорости света в интервал

θ сек. [6,] и далее движение происходит по инерции, так что в каждой квантовой пространственной ячейке фотон излучает квант θ с понижением энергии до $(hv_0 - \theta)$, во второй : $(hv_0 - 2 \theta)$ и т.д. до конечной величины θ и радиоволн.

Сравнение с электромагнитным полем уместно, т.к. поле, описываемое уравнениями Максвелла, ответственно за управление (например) заряженной частицей через посредство силы Лоренца, ускоряющей её или закручивающей по спирали, так же в отсутствии центрального поля, но распределёнными в пространстве векторами E и B , присущими всякой волне. К стати, разумно высказать предположение, что собственно эл.-магн. волны - суть возмущение потенциального поля эфира и тогда многие теор. проблемы в поисках объединённого поля решаются, в данном предположении устанавливается связь между полем эфира и эл.-магн. волнами (не квантами, ситуация с квантами подлежит отдельному исследованию,) и обозначается среда для распространения волн.

Важным аспектом является следующее: при конечности скорости передачи взаимодействия (здесь силы на фотон), которая равна скорости света, квант в вакууме не подвержен действию силы потенциального поля, т.к. скорость фотона - также равна скорости света. Поэтому, только распад *угрожает* фотону, что и происходит

Другая ситуация в диэлектрике, прозрачном для данной длины волны: теперь скорость кванта меньше C и равна C/n , n – показатель преломления, а скорость передачи действия силы остаётся такой же и открывает возможность для увеличения энергии фотона, для накачки.

Следует обратить внимание, что при $r = 0$ сила также равна 0 (рис. 3), в отличии от центральных сил, ранее упомянутых. Процесс увеличения энергии θ - кванта , как и при распаде происходит квантовано в пространстве, ограниченном $(\frac{h}{\theta} \frac{c}{n})$ и последовательно через ряд увеличений на θ может достигнуть требуемой величины.,

КВАНТОВАНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ. ГРАНИЦЫ.

На рис. 4 представлены измерения космического излучения по всему диапазону энергий в аппроксимированном изложении для акцентирования проблемы. Очевидно: формирования кластера фотонов вблизи частоты 10^{12} с^{-1} и с уменьшением энергии ниже 10^{-22} Дж. – формирование волн с

температурой $T = 2.7$ К, как следствие прекращения квантования и переход в новое состояние - волновое.

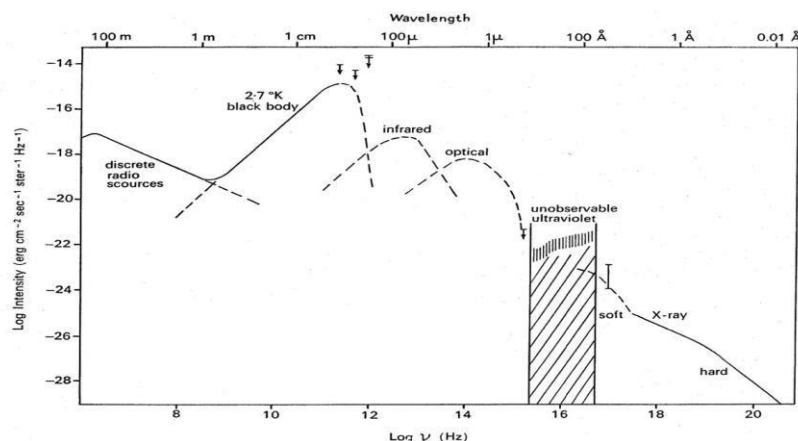


Рис. 4. Спектр электромагнитного фона Космоса. [7].

Обратимся к первоисточнику [7], рис. 4: следует признать, что для энергии 10^{-22} Дж. частота имеет значение 1.5×10^{11} и эта величина не является определяющей для МКФ с $T = 2.7$ К. Точное значение можно вычислить из равенства $kT = h\nu$, откуда получается: $\nu = 0.57 \times 10^{11} \text{c}^{-1}$, что логично укладывается в распределение излучения (рис.4) и преобразование квантов в волну при распаде фотона. Вычисления по формуле $E = \epsilon_0 E^2 + \mu_0 H^2$ приводит к тому же результату, но более трудоёмко.

ФОРМИРОВАНИЕ ФОНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.

Исследован одиночный фотон в вакууме [2] и получены уравнения распада фотона при следующих условиях : величина $\frac{h}{\theta} = 10^{-12}$ с, определена, как квант времени, т.е. минимальное время релаксации в природе, h – постоянная Планка, θ – фактор энергии, входящий в распределения бозонов и фермионов [6, гл.1, 6*] - квант энергии, теряемой фотоном при каждом акте распада.

ЭНЕРГИЯ МИКРОВОЛНОВОГО ФОНА

Итак, в зависимости времени жизни фотона от частоты (2), найдено предельное значение энергии 6.6×10^{-22} Дж. (10^{12}c^{-1}), при котором фотон существует как квант. Энергия, оставшаяся от «распада», распространяется в виде волн, причём с неизменяемой длиной волны, близкой (равной) волнам диапазона реликтового фона. Учитывая, что плотность энергии реликтового фона и, в сумме, ИК и оптического спектра совпадают ($10^{-14} \text{Дж м}^{-3}$) с необходимостью следует вывод: радиочастотный фон является следствием «остывших» фотонов ИК, видимого оптического излучения, УФ, Рентген и гамма - диапазонов.

При достижении распадающимся фотоном порогового значения энергии, обеспечивается постоянное пополнение энергией фонового излучения и поддержание уровня $10^{-14} \text{Дж м}^{-3}$, несмотря на многочисленные каналы потерь энергии радиоволн при взаимодействии с заряженными частицами и поглощению в объектах Вселенной.

К сему, численный пример. «Окно» микроволнового излучения $1 - 0.07$ см. с максимумом в точке $- 0.2$ см., что соответствует частоте $1.5 \cdot 10^{11} \text{c}^{-1}$ для максимума и $0.5 \cdot 10^{12} \text{c}^{-1}$ для $- 0.07$ см.

СРАВНЕНИЕ С ДОПЛЕР – ЭФФЕКТОМ.

Увеличение длины волны при распаде фотона оказывается по величине больше, чем при Доплер - эффекте. Например, для источника света с частотой 10^{13}c^{-1} на расстоянии светового года длина волны от начальной $0.6 \cdot 10^{-5}$ увеличивается до $0.5 \cdot 10^{-4}$ м, при уменьшении расстояния до половины светового года - от $0.6 \cdot 10^{-5}$ до $1.1 \cdot 10^{-5}$ м.

Для сравнения, красное смещение от Доплер – эффекта при удалении источника со скоростью равной четверти от скорости света для частоты ИК диапазона $5.5 \cdot 10^{13} \text{c}^{-1}$ длина волны увеличивается с $0.6 \cdot 10^{-5}$ до $0.75 \cdot 10^{-5}$ м. Последнее значение при распаде достигается за время $3 \cdot 10^9$ с.

ВРЕМЯ ЖИЗНИ ФОТОНА.

Важным результатом является зависимость скорости распада фотона ($\vartheta = \frac{dE}{dt}$) от начальной энергии $h\nu_0$: $\vartheta = -\theta\nu_0 e^{-h\nu_0 \theta^{-1}}$ (3)

что очевидно и из уравнения распада фотона $\varepsilon = \varepsilon_0(1 - \frac{t}{t_1})$, время жизни фотона:

$t_1 = \frac{h}{\theta} e^{\frac{h}{\theta\nu_0}}$, [2,6, гл. 1] - - угловой коэффициент (по модулю) уменьшается с ростом начальной энергии. Экспоненциальный рост времени жизни фотона проявляется при энергии выше 10^{-20} Дж (для частот более 10^{15} с^{-1}).

Гигантские времена жизни УФ, рентгеновских и γ – фотонов, при исследовании формулы времени жизни, не исключают возможность участия этих излучений в формировании «пикового» по энергии интервала в области микроволнового фона, однако, и при полном распаде этих фотонов до частоты 10^{12} с^{-1} , сохраняется логическая строгость выводов, основанных на формуле времени жизни - финал в распаде любого кванта завершается частотой радиоизлучения в области, так называемого, «реликтового» фона с максимальной плотностью энергии в «окне»

0.01 – 3 см, плотностью, превышающей остальной спектр частот в 25 - 10^5 раз.

ОТВЕТ НА ГЛАВНЫЙ ВОПРОС.

На вопрос: “Почему энергия не распределена равномерно по всему спектру частот?” (рис.2, 3, 4) возможен только один ответ: “Явление распада фотонов перемещает энергию всех источников излучений в интервал частот близких 10^{12} с^{-1} при стремлении к предельному уровню энергии для фотонов 10^{-22} Дж”.

Что же касается “горячего Б.В.”, подтверждением которого является расширение Вселенной, установленное по красному смещению на основе Доплер – эффекта, то с учетом увеличения длин волн при распаде фотона “расширение” несколько замедляется... Образовавшийся фон микроволнового излучения при Б.В., существует 13 млрд. лет... вопреки закону сохранения энергии?

ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ КОСМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

на основе: 1) теории распада фотонов [1], 2) двух, следующих из этой теории, постулатов:

- I. Процесс распада фотона дискретный во времени и пространстве с интервалом, определённым как $\frac{h}{\theta} = 10^{-12} \text{ с}$.

- II. Величина энергии θ , теряемая фотоном на каждом акте распада в интервале времени 10^{-12} с , равна $6.6 \cdot 10^{-22}$ Дж. Это значение также определяет минимальную энергию для существования фотона как частицы и соответственно величина 10^{-22} - определяет максимум области микроволнового фона.

Перераспределение энергии. Заметим - область микроволнового фона представляет “накопитель” энергии, ранее распавшихся фотонов, чем и поддерживается постоянный уровень интенсивности микроволнового фона.

Итак, установлено, что при распаде фотона происходит уменьшение энергии дискретным образом с излучением кванта энергии величиной θ при каждом акте распада, причём эта энергия θ , приводящая к уменьшению энергии “материнского” фотона последовательно до частот микроволнового диапазона, преобразуется в энергию потенциальную – фотонов ансамбля распадающегося фотона и фотонов всей Вселенной. Кванты θ заполняют пространство потенциальной энергии, которая по современным представлениям, не востребована, хотя гипотетически, является тем “материальным” полем (которое раньше называли “эфиром”), в котором формируется излучение фотона, его движение, распад, физические процессы столкновений, преломления и дифракции. В скобках: (исследование этого потенциального поля откроет практические способы извлечения энергии, подобно тому, как например, в настоящее время используются явления света – оптика, голография и энергетического преобразования свет – электроэнергия.)

Вычисления. Величины потенциальной энергии фотонов порядка 10^{19} Дж в м^3 с постоянным пополнением - 10^8 Дж в м^3 в год. В пространстве нашей Галактики эта энергия достигает величины - 10^{49} Дж. Полагаем, что эта оценка определяет нижний уровень энергии.

Подробнее:

- предполагаем время жизни Вселенной – 10 млрд. лет
 - принимаем год - 10^{10} сек., общее время - 10^{20} сек.
 - в каждый интервал времени $\frac{h}{\theta} = 10^{-12}$ с испускается энергия $\theta = 10^{-22}$ Дж в поле потенциальной энергии фотонов (Здесь предполагается непрерывное существование единичного

фотона, тогда энергия от него : $E_1 = 6.6 \cdot 10^{-22} \cdot 10^{32}$, следовательно в м^3 : $E = 3 \cdot 10^{19} \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}$). За время существования Вселенной произошло 10^{32} актов.

- Учитывая, что в м^3 фотонов $4 \cdot 10^8$, то полная энергия - $3 \cdot 10^{19}$ Дж.

Заметим, что эта энергия потенциальная, эфир, и проявление этой энергии в гравитационных эффектах не существует, однако, её использование при определённых условиях возможно, подобно потенциальной энергии земного притяжения.

Строгости ради и в качестве заключения подчеркнем: энергия первоначального фотона разделяется на два канала – загрузка микроволнового фона и поток квантов в потенциальное фотонное поле (рис.1).

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС РАСПАДАЮЩЕГОСЯ ФОТОНА И ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ПОЛЯ.

Принципиально важным для дальнейшего исследования является рассмотрение уравнения непрерывности для плотности энергии в треке фотона.

Распределение [1]
$$\frac{dN}{dE} = \frac{1}{\exp\left(\frac{hv}{\theta}\right) - 1}$$

является фундаментальной основой поведения тождественных частиц - бозонов, вся особенность которых заключена в слове «тождественные» и в спине. Проявление этой статистики при распаде фотонов будет представлено далее.

Кратко рассмотрим вычисление уравнения плотности энергии [2, гл. 5, 1*]. Причём, уточним, что основной критерий при выводе формулы – это энергия: энергия распадающегося кванта и θ -частиц с одной стороны и энергия потенциального поля с другой [2, гл. 1 и 5]:

1. Закон изменения энергии кванта во времени:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \left(1 - \frac{t}{t_1}\right), \quad \left(\text{время жизни фотона : } t_1 = \frac{h}{\theta} e^{\bar{\theta}v_0}\right), \quad (1)$$

полученный из принципа наименьшего действия [8,9] решением уравнения Эйлера [8, гл.2]:

$$\frac{\partial L}{\partial x} - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{x}} \right) = 0. \quad (2) \quad \text{2. Формула потенциальной энергии фотонов [6, гл.1, 9*]:}$$

$$U(v) = -\theta \ln\left(1 + \exp\left(-\frac{hv}{\theta}\right)\right) \quad (3)$$

Использование этих результатов (1,3) при решении уравнения непрерывности:

$$\frac{df}{dt} + \text{div}(v) = 0 \quad (4)$$

позволило вычислить распределение плотности энергии в треке распадающегося фотона (рис.1)

$$f(v) = \frac{\theta v^2}{\pi c^2} \left(-\exp\left(-\frac{hv}{\theta}\right) + 2\theta^2 v (hc^2)^{-1} \left(1 - 2\frac{hv}{\theta}\right) \left(1 + \exp\left(\frac{hv}{\theta}\right)\right)^{-1} \right) \quad (5)$$

В соответствии с уравнением непрерывности (равенство 0) функция:

$$-\frac{hv}{\theta} \exp\left(-\frac{hv}{\theta}\right) + 2\pi \left(1 - 2\frac{hv}{\theta}\right) \left(1 + \exp\left(\frac{hv}{\theta}\right)\right)^{-1} = 0$$

определённо указывает на две области в частотном диапазоне, ограниченные точками (0, 11.66, 13.4) (рис.1):

- МКФ, область радиочастотного диапазона,
- потенциальной энергии, наполняемой θ -частицами с энергией $6.6 \cdot 10^{-22}$ Дж.

Рассматривая связь энергии распадающегося кванта и потенциальной энергии в ячейке с квантовым ограничением по времени $\frac{h}{\theta}$ и пространству $\frac{h}{\theta}c$ (c -скорость света) и площадью выходного

торца трека $S = \pi R^2$, где : $R = \sqrt{\frac{hc^2}{\theta v}}$ [6, гл. 4], при решении уравнения непрерывности для плотности энергии через сечение S, получаем формулу (5), отражающую процесс формирования МКФ и структурирование потенциального поля эфира.

Пояснение:

d^2U 2 представляет «утекание» энергии через сечение S, а $\frac{dE}{d\tau} - \frac{dE}{dt}$ – уменьшение энергии

начального кванта в результате распада и инжекции θ – квантов через поверхность S с вектором

скорости перпендикулярным к S – поверхности за время $t = \frac{h}{\theta}$. В уравнении непрерывности:

$$\frac{df}{dt} + \text{div} (v) = 0$$

первое слагаемое $\frac{dE}{dt} \cdot \frac{1}{s}$ и второе $\text{div} (v) = \frac{d^2U}{dr^2}$. Эти слагаемые определяют: первое – изменение энергии во времени с движением строго по вектору скорости, второе – отклик потенциального поля, происходящий одновременно с распадом, представляющий изменение плотности потенциального поля.

В рассматриваемом случае div определяется как произведение $\frac{dE}{dt} \times t \times S^{-1}$, поскольку нет растекания вектора v по всей шаровой поверхности 4π , а эффект строго направлен по нормали к поверхности сечения трека с радиусом R, величина которого определяется энергией кванта.

Направление движения энергии - движение фотона - происходит только по вектору скорости фотона, т.к. весь ансамбль вторичных фотонов сохраняет направление импульса первичного фотона и также удерживается в объёме квантовой ячейки силами обменного взаимодействия [9].

Окончательно, уравнение распределения плотности энергии – уравнение непрерывности [2, гл. 5, Введение] - имеет решение (5).

Сравнение со спектром ЧТ.

Коэффициенты уравнения (5) при замене $\theta = h\nu$, что справедливо в области $\nu = 10^{12}$

$$c^{-1}, \text{ преобразуются: } \frac{\theta\nu^2}{\pi c^2} = \frac{h\nu^3}{c^2} \text{ и } \theta^2\nu(h c^2)^{-1} = \frac{h\nu^3}{c^2}.$$

$$\text{Формула Планка: } \Gamma(\nu) = 2\pi \frac{h\nu^3}{c^2} \frac{1}{\exp\frac{h\nu}{\theta} - 1} \quad (6)$$

имеет такой же коэффициент. Отметим, что этот коэффициент $\frac{\theta^3}{h^2c^2}$ является общим для слагаемых уравнения (5) и формулы Планка.

График уравнения (5) представлен на рис. 1: точки, соответствующие уравнению (5) – 11.66 и 13 указывают на: первая – граничное значение существования кванта, как частицы, вторая – предельное значение формирования потенциального поля θ – частицами.

$$\text{Иначе: } -\frac{h\nu}{\theta} \exp\left(-\frac{h\nu}{\theta}\right) + 2\pi\left(1 - 2\frac{h\nu}{\theta}\right)\left(1 + \exp\frac{h\nu}{\theta}\right)^{-1} = 0$$

пересекает ось частот (11,66 означает $10^{11,66} \text{ c}^{-1}$) в точке 11,66, т.е. указывает на предельное значение по частоте для существования кванта, вычисленное ранее [3, гл.5]. Область переменной (11.66 – 13.4) есть пространство частот, формирующее потенциальное поле эфира.

Собственно, график уравнения (5) содержит две области: микроволновый фон (МКФ) и потенциальное поле. Сравнение графиков интервала частот МКФ с графиком

Планка показано на рис 5, (11) – соответствует формуле (5).

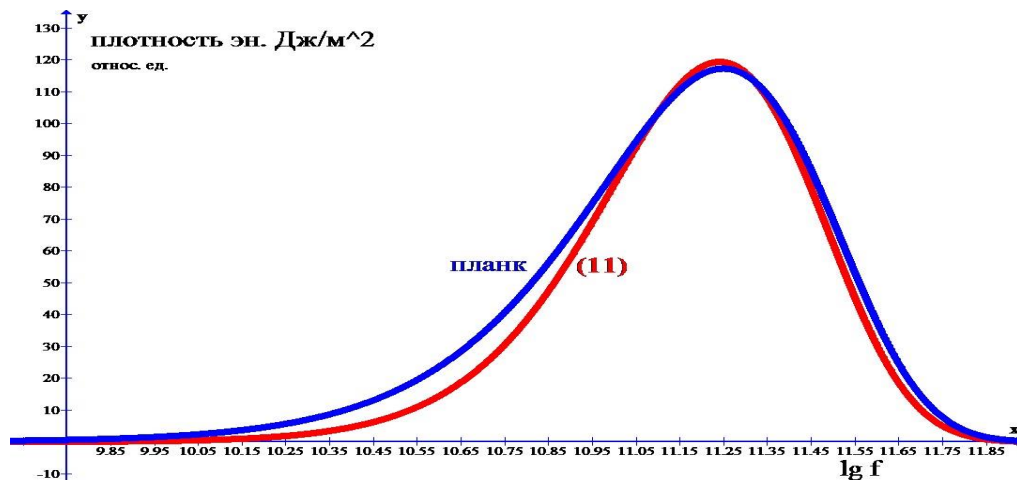


Рис. 5. Сравнение графика распада фотона (11) с графиком Планка. График (11) соответствует формуле (5) в области МКФ.

Влияние энергетической характеристики на спектр излучения.

При анализе графиков спектра излучения (рис. 4) возникает логически правильный вопрос: *

Почему в измерениях спектра нет равномерного уровня интенсивности по всему диапазону частот?*

Аппроксимируя график рис. 4 кривой (рис. 3), получается *падающая прямая*, указывающая на уменьшение энергии в зависимости от частоты последовательно по алгоритму:

$h \nu \gamma - m \theta \rightarrow h \nu x - n \theta \rightarrow h \nu U - k \theta \rightarrow h \nu opt - l \theta \rightarrow h \nu \theta \rightarrow \theta + \Delta$, где $h \nu$ - кванты : гамма, рентген, ультрафиолет, оптический диапазон, θ - квант распада, Δ - энергия радиоволн, оставшаяся после последнего акта распада, m, n, k, l - целые числа. Т.е.

процессу распада подвержены все фотоны с энергией $> \theta + \Delta$

В настоящей интерпретации следует признать, что *догмат реликтового фона* не может объяснить 13-млрд. лет существование МКФ без источника *подпитки* - интервала энергии, превышающей по интенсивности остальной диапазон космических излучений.

ВЫРОЖДЕНИЕ ФОТОНА.

$h\nu$

Уравнение фотона (б, гл. 6.) $\left(h\nu^2 \frac{d}{d\nu} + h\nu \exp \frac{h\nu}{\theta} \right) \varphi = \varepsilon \varphi$ или $\frac{d\varphi}{\varphi} = \frac{(\varepsilon - h\nu \exp \frac{h\nu}{\theta})}{h\nu^2} d\nu$

Имеет решением распределение Б-Э : $\frac{dn}{d\varepsilon} = \frac{1}{\exp \frac{h\nu}{\theta} - 1}$,
 θ

В традиционной формулировке Шредингера [13] уравнение может быть представлено так:
 $\left(h\nu_n^2 \frac{d}{d\nu_n} + h\nu_n \exp \frac{h\nu_n}{\theta} \right) \varphi_n = E_n \varphi_n$

Алгебраически преобразуя, решим это уравнение при подстановке распределения Б-Э :

$h\nu_n^2 \frac{d}{d\nu_n} \frac{1}{\exp \frac{h\nu_n}{\theta} - 1} = (E_n - h\nu_n \exp \frac{h\nu_n}{\theta}) \frac{1}{\exp \frac{h\nu_n}{\theta} - 1}$, после преобразования:

$-\frac{h^2 \nu^2}{\theta} = E_n - h\nu_n \exp \frac{h\nu_n}{\theta}$;

Упрощая последнее решение, разлагая экспоненту в ряд получаем: $E_n = h\nu_n$

где n - целое число, $m = \exp \frac{h\nu}{\theta}$;

Это равенство подтверждает квантование фотонов по энергии с интервалом θ для всех частиц ансамбля, причём n обозначает номер квантового уровня вторичного фотона с энергией равной $h\nu_0$, т.к. энергия вновь образовавшегося n - го фотона при распаде складывается с энергией θ - квантов и увеличивается на величину $n \theta$, что в сумме приводит к величине $h\nu_0$. Этот процесс повторяется при каждом акте распада в силу одновременности существования всех вторичных фотонов из-за движения со скоростью света. При этом образуется «облако» вторичных фотонов с вырожденными уровнями.

Явление распада фотона при рассмотрении феномена в системе отсчёта распадающегося фотона представляет процесс релятивистского вырождения.

Заключение.

Настоящим исследованием установлен факт существования нижней по энергии границы для квантов. Результат получен решением уравнения непрерывности при рассмотрении явления адекватным алгоритмом в энергетическом аспекте.

Применение уравнения непрерывности позволило определить два канала распределения энергии: микроволны и потенциальное поле, в результате чего графически определена минимальная частота существования квантов, также установлен интервал частот, определяющих формирование потенциального поля эфира. Установлено, что фотоны с $\nu > 10^{13}$ не участвуют в передаче энергии в потенциальное поле эфира.

Исследование траектории наикратчайшего времени в координатах (E,t), как принципа наименьшего действия для фотона, при соблюдении квантового ограничения, позволило получить функцию плотности энергии, описывающую распределение энергии распадающегося фотона по двум каналам (МКФ и потенциальной энергии), находящуюся в согласии с формулой Планка и с экспериментальными измерениями интенсивности излучения МКФ.

Сравнение графиков эксперимента и теории в области МКФ позволяет с недоверием относиться к *реликтовому догматизму*.

Понятие *эфир* обосновано как **потенциальное поле** распадающихся фотонов в отличии от беспредметного термина начала 20 века [12].

ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ.

SUMMARY.

Подводя итог по исследованию Распада Фотона, следует подчеркнуть:

- результаты получены на основе фундаментальных физических законов,
- определена граничная энергия существования кванта энергии,
- теоретически вычислена верхняя граница МКФ и интервал энергии заполнения потенциального поля, указывающий на квантовое объединение материнского фотона и излученных θ – квантов до границы 10^{13} Гц (Рис. 1).
- параметры, полученные в теории, не противоречат известным экспериментальным данным,
- доказано существование потенциальной энергии эфира,
- теория Распада непротиворечива и логически верно откликается на любые тестовые проверки, наиболее значительной из них является повторение формулы Планка (полученной другим математическим алгоритмом), как предельного значения функции плотности энергии (5) при сохранении основного достоинства – определения потенциальной энергии.

SPECULATION. Однако, следует Теорию Распада рассматривать как введение к исследованию *извлечение космической энергии потенциального поля* - ЭФИРА. Обоснованием этого тезиса служит - СУЩЕСТВОВАНИЕ ТАКОЙ ЭНЕРГИИ и возможность *подключения к эфиру*.

Предварительная оценках [6,гл.7]: рамка $1\text{м} \times 1\text{м}$ позволит *утилизировать* за счёт вращения Земли в *бублике* объёмом $36 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ энергию 10^{25} Дж/сутки. Для сравнения - атомная станция в 1 МВт выдаёт $3 \cdot 10^{13}$ Дж в год. Направление указано, исследование [2] переходит в стадию практической реализацией [11].

Библиографический список:

1. С.А.Ломашевич . Фотон. Уравнение и теория распада. СПб , ‘Информ Пресс’ , 2015. ISBN 978-5-8392-0553-6.
- С.А.Ломашевич. Зависимость энергии фотона от времени. Точная наука. № 63, 2019, стр. 8-16.
2. С.А.Ломашевич . Энергия и Энтропия Космоса. Lamb. Acad. Publ. 2023. ISBN 9786206789871.
3. С.А. Ломашевич . Распад фотона, изд. СТРАТА, 2020, ISBN 9785907314511.
4. С.А. Ломашевич . Распад кванта, изд. СТРАТА, 2020, ISBN 9785907314108.
5. М.С.Лонггейр, Р.А.Сюняев. Электромагнитное излучение во Вселенной. УФН , т. 105, 1971, вып. 9, стр. 41-96.
6. С.А. Ломашевич . Распад фотона, изд. Lamb. Acad. Publ. , 2022, ISBN 9786205510674.
7. Peebles P.J.E. & R.V.Partridge. Ap. J. 148. 713 -837. 1967.
8. Я.И. Френкель. Аналитическая механика. Изд. «Кубуч». 1937г.
9. В.К.Семенченко. Избранные главы теор.физики.Изд. Просвещение». М.1966г.
10. В.Г. Левич , Ю.А. Вдовин, В.А.Мямлин. Курс теоретической физики, т.2 , стр. 607, изд. «Наука». М.: 1971г.,
11. С.А. Ломашевич. Вырождение фотона. Изд. * Lamb. Acad. Publ. * 2021. ISBN 978 6204 19982 .
12. S. Lomashevich. J. Hauenstein. SPACE ENERGY CONVERSION STATION (θ STATION), EP. Application № 23 000116, 31 07 23.
13. А.Г. Столетов. Собрание сочинений, т. 3. Акустика и оптика. (стр.77). изд. ОГИЗ, Ленинград, 1947.
14. E.Schrodinger. Quantisierung als Eigenwert-problem. Ann. d. Phys. (Lpz.) 79, 361376, (1926). Имеется перевод в сб.” Вариационные принципы механики”, Физматгиз, с.668-678, (1959).

Мукимов А.Ш.

Mukimov A.Sh.

Университет Алфрагануса, Ташкент, Узбекистан.

УДК 536.2

АВТОМОДЕЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В НЕЛИНЕЙНЫХ СРЕДАХ С ПОГЛОЩЕНИЕМ ПРИ КРИТИЧЕСКОМ ПАРАМЕТРЕ

SELF-MODELING SOLUTION OF THE PROBLEM OF HEAT CONDUCTIVITY IN NONLINEAR MEDIA WITH ABSORPTION AT A CRITICAL PARAMETER

Аннотация. В данной работе мы изучаем асимптотическое поведение (при $t \rightarrow \infty$) решений системы полулинейной задачи теплопроводности с поглощением при критическом параметре. Асимптотика была установлена с использованием метода эталонных уравнений. Доказательства проводились с помощью метода сравнения решений и принципа максимума. Для численных расчетов в качестве начального приближения мы использовали основанную на длительном времени асимптотику решения.

Abstract. In this paper, we study the asymptotic behavior (at $t \rightarrow \infty$) of solutions of the system of semilinear heat conductivity problem with absorption at a critical parameter. The asymptotics was established using the method of reference equations. The proofs were carried out using the method of comparison of solutions and the maximum principle. For numerical calculations, as an initial approximation, we used the asymptotics of the solution based on long time.

Ключевые слова: задача теплопроводности, полулинейная система, критическое значение параметра, поглощение, принцип максимума, численное вычисление, визуализация.

Keywords: heat conductivity problem, semilinear system, critical value of the parameter, absorption, maximum principle, numerical calculation, visualization.

Введение

Изучение влияния параметров системы в процессе эволюции является актуальной задачей. Было доказано, что существуют некоторые значения параметров, при которых система уравнений имеет другое решение. Такие значения числовых параметров называются критическими или критическими значениями типа Fujita. Он впервые установил это для полулинейного уравнения теплопроводности [1]. При критических параметрах мы можем наблюдать новые эффекты, такие как бесконечная энергия, локализация и другие.

Как хорошо известно, для численного расчета нелинейной задачи важен выбор начального приближения, которое сохраняет свойства конечной скорости распространения, пространственной локализации, ограниченных и “blow-up” решений, что гарантирует сходимость с заданной точностью к решению задачи с минимальным числом итерации.

Была рассмотрена следующая система полулинейных уравнений теплопроводности в области $Q = \{(t, x) : t > 0, x \in R^N\}$:

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} = \Delta u - v^{\beta_1}, \\ \frac{\partial v}{\partial t} = \Delta v - u^{\beta_2}, \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} u(0, x) = u_0(x) \geq 0, & x \in [a, b], \\ v(0, x) = v_0(x) \geq 0, & x \in [a, b], \end{cases} \quad (2)$$

t и x – соответственно временная и пространственная координата, β_1, β_2 критические параметры, $\Delta = \sum_{i=1}^N \partial^2 / \partial x_i^2$.

Значения критических параметров должны удовлетворять следующему выражению:

$$\frac{\beta_1 + 1}{\beta_1 \beta_2 - 1} = \frac{N}{2},$$

где N -размер измерения.

Система (1)-(2) описывает разные физические процессы в двухкомпонентной нелинейной среде при наличии поглощения. Например, она описывает процессы реакции-диффузии, теплопроводности, горения, политропической фильтрации жидкости и газа. Функции u и v тогда можно трактовать, как температуры взаимодействующих друг с другом компонент некоторых процессов.

При некоторых подходящих предположениях существование, единственность и регулярность слабого решения задачи Коши (1) -(2) и их варианты были тщательно исследованы многими авторами (см. [2-4] и ссылки в них).

Если $u_0(x) \geq 0, v_0(x) \geq 0$ достаточно гладкое, существует множество работ о разрешимости задачи Коши (1)-(2), мы можем сослаться на Wu-Zhao [5], Gmira [6], Yang-Zhao [7], Zhao [8-10], Zhao-Yuan [11], Dibenedetto-Friedman [12], LiHua [13], Dibenedetto-Herrero [14], Beniland-Crandal Pierre [15], Zhao-Xu [16], Fan [17] и ссылки на них для получения подробной информации.

Herero Escobedo [18] рассмотрел проблему Коши в случае системы с источниками $L_1(u) \equiv -\frac{\partial u}{\partial t} + \Delta u + v^{\beta_1} = 0, L_2(v) \equiv -\frac{\partial v}{\partial t} + \Delta v + u^{\beta_1} = 0$ и доказал, что условие blow-up решения является $\frac{\beta_i + 1}{\beta_1 \beta_2 - 1} > N / 2, i = 1, 2$.

На сегодняшний день многие авторы устанавливали асимптотику решения для однокомпонентной задачи (1)-(2), мы же в этой статье мы изучим асимптотическое поведение (для $t \rightarrow \infty$) решений системы (двух-компонентной) полулинейной задачи теплопроводности с поглощением при критическом параметре (1)-(2) и проведем вычислительный эксперимент.

Асимптотика решений.

На основе метода эталонных уравнений [19], решение задачи (1) - (2) будем искать в следующем виде

$$u(t, x) = \bar{u}(t)\omega_1(x, \tau(t)) \quad v(t, x) = \bar{v}(t)\omega_2(x, \tau(t)), \tag{3}$$

где

$$\begin{cases} \bar{u}(t) = H((T + t) \ln(T + t))^{-\frac{\beta_1 + 1}{\beta_1 \beta_2 - 1}}, \\ \bar{v}(t) = H_1((T + t) \ln(T + t))^{-\frac{\beta_1 + 1}{\beta_1 \beta_2 - 1}}. \end{cases} \tag{4}$$

Подставляя (4) в (3) и выбирая $\tau(t)$ так $\tau(t) = T + t$, получим следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial \omega_1}{\partial \tau} = \nabla \omega_1 - \frac{d\bar{u}}{dt} \bar{u}^{-1} \omega_1 - \bar{u}^{-1-\beta_1} \bar{v}^{\beta_1} \omega_2^{\beta_1}, \\ \frac{\partial \omega_2}{\partial \tau} = \nabla \omega_2 - \frac{d\bar{v}}{dt} \bar{v}^{-1} \omega_2 - \bar{v}^{-1-\beta_2} \bar{u}^{\beta_2} \omega_1^{\beta_2}. \end{cases}$$

Теперь положим $\omega(\tau, x) = f(\xi)$ для (1) - (2) получим автомодельное уравнение:

$$\begin{cases} \xi^{1-N} \frac{d}{d\xi} \left(\xi^{N-1} \frac{df_1}{d\xi} \right) + \frac{\xi}{2} \frac{df_1}{d\xi} - \frac{c(\ln \tau + 1)}{\ln \tau} f_1 - \frac{H_1^{\beta_1}}{H} \frac{f_2^{\beta_1}}{\ln \tau} = 0, \\ \xi^{1-N} \frac{d}{d\xi} \left(\xi^{N-1} \frac{df_2}{d\xi} \right) + \frac{\xi}{2} \frac{df_2}{d\xi} - \frac{c_1(\ln \tau + 1)}{\ln \tau} f_2 - \frac{H^{\beta_2}}{H_1} \frac{f_1^{\beta_2}}{\ln \tau} = 0, \end{cases} \tag{5}$$

где $\xi = |x|[\tau(t)]^{-1/2}, c = -\frac{\beta_1 + 1}{\beta_1 \beta_2 - 1}, c_1 = -\frac{\beta_2 + 1}{\beta_1 \beta_2 - 1}$.

Теорема 1. Пусть $H \leq \frac{2H_1^{\beta_1}}{N}$ и $c_1 \geq -\frac{N}{2}$.

Тогда для $t \rightarrow +\infty$ решение задачи (1) - (2), ограничено сверху функциями $u_+(t, x), v_+(t, x)$. То есть $u(t, x) \leq u_+(t, x) = \bar{u}(t)\bar{f}_1(\xi), v(t, x) \leq v_+(t, x) = \bar{v}(t)\bar{f}_2(\xi)$.

Доказательство. Покажем, что $u_+(t, x), v_+(t, x)$ является верхним решением задачи (1)-(2). В качестве решения уравнения (5) возьмем следующую функцию:

$$\bar{f} = e^{-\frac{\xi^2}{4}} \tag{6}$$

Поставив $u_+(t, x), v_+(t, x)$ в (3.1), мы получим следующие оценки:

$$\begin{cases} -\frac{N-1}{2}\bar{f} - \frac{\bar{f}}{2} - \frac{c(\ln \tau + 1)}{\ln \tau}\bar{f} - \frac{H_1^{\beta_1}}{H} \frac{\bar{f}^{\beta_1}}{\ln \tau} \leq 0, \\ -\frac{N-1}{2}\bar{f} - \frac{\bar{f}}{2} - \frac{c_1(\ln \tau + 1)}{\ln \tau}\bar{f} - \frac{H^{\beta_2}}{H_1} \frac{\bar{f}^{\beta_2}}{\ln \tau} \leq 0. \end{cases}$$

Для выполнения этих условия достаточно выполнения следующих условий:

$$\frac{N}{2} - \frac{H_1^{\beta_1}}{H} \leq 0 \text{ и } -\frac{N}{2} - c_1 \leq 0.$$

Эти условия справедливы в силу условий теоремы 1.

Теорема 2. Пусть $H > \frac{2H_1^{\beta_1}}{N}$ и $c_1 < -\frac{N}{2}$.

Тогда для $t \rightarrow +\infty$ решение задачи (1) - (2) ограничено снизу функцией $u_-(t, x), v_-(t, x)$. То есть $u(t, x) \geq u_-(t, x) = \bar{u}(t)\bar{f}_1(\xi), v(t, x) \geq v_-(t, x) = \bar{v}(t)\bar{f}_2(\xi)$.

Доказательство. Покажем, что $u_-(t, x), v_-(t, x)$ является нижним решением задачи (1) - (2). В качестве решения уравнения (5) возьмем функцию (6).

Поставив $u_-(t, x), v_-(t, x)$ в (3.1), мы получим следующие оценки:

$$\begin{cases} -\frac{N-1}{2}\bar{f} - \frac{\bar{f}}{2} - \frac{c(\ln \tau + 1)}{\ln \tau}\bar{f} - \frac{H_1^{\beta_1}}{H} \frac{\bar{f}^{\beta_1}}{\ln \tau} > 0, \\ -\frac{N-1}{2}\bar{f} - \frac{\bar{f}}{2} - \frac{c_1(\ln \tau + 1)}{\ln \tau}\bar{f} - \frac{H^{\beta_2}}{H_1} \frac{\bar{f}^{\beta_2}}{\ln \tau} > 0. \end{cases}$$

Для выполнения этих условия достаточно выполнения следующих условий:

$$\frac{N}{2} - \frac{H_1^{\beta_1}}{H} > 0 \text{ и } -\frac{N}{2} - c_1 > 0.$$

Эти условия справедливы в силу условий теоремы 2.

Из последних двух теорем следует, что для всех больших t автомодельное решение $\bar{u}(t)\bar{f}(\xi), \bar{v}(t)\bar{f}(\xi)$ ограничено сверху и снизу.

$$u_+(t, x) = \bar{u}(t)\bar{f}(\xi) \geq u(t, x) \geq u_-(t, x) = \bar{u}(t)\bar{f}(\xi),$$

$$v_+(t, x) = \bar{v}(t)\bar{f}(\xi) \geq v(t, x) \geq v_-(t, x) = \bar{v}(t)\bar{f}(\xi).$$

Вычислительный эксперимент

Для задачи (1)-(2) мы имеем следующую одномерную систему полулинейных уравнений теплопроводности в области $Q = \{(t, x) : t \in [0, T], x \in [a, b]\}$:

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - v^{\beta_1}, \\ \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - u^{\beta_2}, \end{cases} \quad (7)$$

с начальными

$$u(0, x) = u_0(x) \geq 0, \quad x \in [a, b],$$

$$v(0, x) = v_0(x) \geq 0, \quad x \in [a, b],$$

и граничными условиями

$$u(t, a) = \varphi_1(t) \geq 0, \quad t \in [0, T],$$

$$u(t, b) = \varphi_2(t) \geq 0, \quad t \in [0, T],$$

$$v(t, a) = \psi_1(t) \geq 0, \quad t \in [0, T],$$

$$v(t, b) = \psi_2(t) \geq 0, \quad t \in [0, T].$$

Здесь β_1, β_2 - положительные постоянные, $u_0(x)$ и $v_0(x)$ - начальное распределения соответственно первой и второй компоненты, $\phi_1(t)$ - значение первой компоненты на левой границе, $\phi_2(t)$ - значение первой компоненты на правой границе, $\psi_1(t)$ и $\psi_2(t)$ - соответственно для второй компоненты.

Построим равномерную сетку для задачи (7) $\bar{\omega}_h$ по x с шагом h :

$$\bar{\omega}_h = \{x_i = ih, \quad h > 0, \quad i = 0, 1, \dots, n, \quad hn = b\}$$

$$\bar{\omega}_\tau = \{t_j = j\tau, \quad \tau > 0, \quad j = 0, 1, \dots, m, \quad \tau m = T\}.$$

Заменим задачу (7) неявной двухслойной разностной схемой и получим следующую разностную схему с ошибкой $O(h^2 + \tau)$:

$$\begin{cases} \frac{y_i^{j+1} - y_i^j}{\tau} = \frac{y_{i+1}^{j+1} - 2y_i^{j+1} + y_{i-1}^{j+1}}{h^2} - (Y_i^j)^{\beta_1}, \\ \frac{Y_i^{j+1} - Y_i^j}{\tau} = \frac{Y_{i+1}^{j+1} - 2Y_i^{j+1} + Y_{i-1}^{j+1}}{h^2} - (y_i^j)^{\beta_2}, \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, n-1; \quad j = 0, 1, \dots, m-1, \quad (8)$$

$$\begin{cases} y_i^0 = u_0(x_i), \quad i = 0, 1, \dots, n, \quad y_0^j = \phi_1(t_j), \quad j = 1, 2, \dots, m, \\ y_n^j = \phi_2(t_j), \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad Y_i^0 = v_0(x_i), \quad i = 0, 1, \dots, n, \\ Y_0^j = \psi_1(t_j), \quad j = 1, 2, \dots, m \quad Y_n^j = \psi_2(t_j), \quad j = 1, 2, \dots, m. \end{cases}$$

Из разностной схемы (8) мы найдем коэффициенты трехдиагональной матрицы $A, B, C, F, A_1, B_1, C_1, F_1$ и решим следующую систему линейных уравнений методом прогонки [20]

$$\begin{cases} A_i^j y_{i-1}^{j+1} - C_i^j y_i^{j+1} + B_i^j y_{i+1}^{j+1} = -F_i^j, \\ A_{li}^j Y_{i-1}^{j+1} - C_{li}^j Y_i^{j+1} + B_{li}^j Y_{i+1}^{j+1} = -F_{li}^j, \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, n-1, \quad j = 0, 1, 2, \dots, m-1,$$

с граничными условиями $y_0 = \chi_1 y_1 + \mu_1, y_N = \chi_2 y_{N-1} + \mu_2$ и $Y_0 = \delta_1 Y_1 + \gamma_1,$

$$Y_N = \delta_2 Y_{N-1} + \gamma_2,$$

где

$$A_i^j = \frac{\tau}{h^2}, \quad B_i^j = \frac{\tau}{h^2}, \quad C_i^j = A_i^j + B_i^j + 1, \quad F_i^j = y_i^j - \tau (Y_i^j)^{\beta_1},$$

$$A_{li}^j = A_i^j, \quad B_{li}^j = B_i^j, \quad C_{li}^j = A_i^j + B_i^j, \quad F_{li}^j = Y_i^j - \tau (y_i^j)^{\beta_2}.$$

В качестве начального приближения мы должны взять следующее:

$u = H((T+t)\ln(T+t)) \frac{\beta_1+1}{\beta_1\beta_2-1} e^{-\frac{|x|^2}{4(T+t)}}$, $v = H_1((T+t)\ln(T+t)) \frac{\beta_2+1}{\beta_1\beta_2-1} e^{-\frac{|x|^2}{4(T+t)}}$. Значения β_1, β_2 должны удовлетворять следующему выражению

$$\frac{\beta_1+1}{\beta_1\beta_2-1} = \frac{N}{2}.$$

где для одномерного случая $N=1$

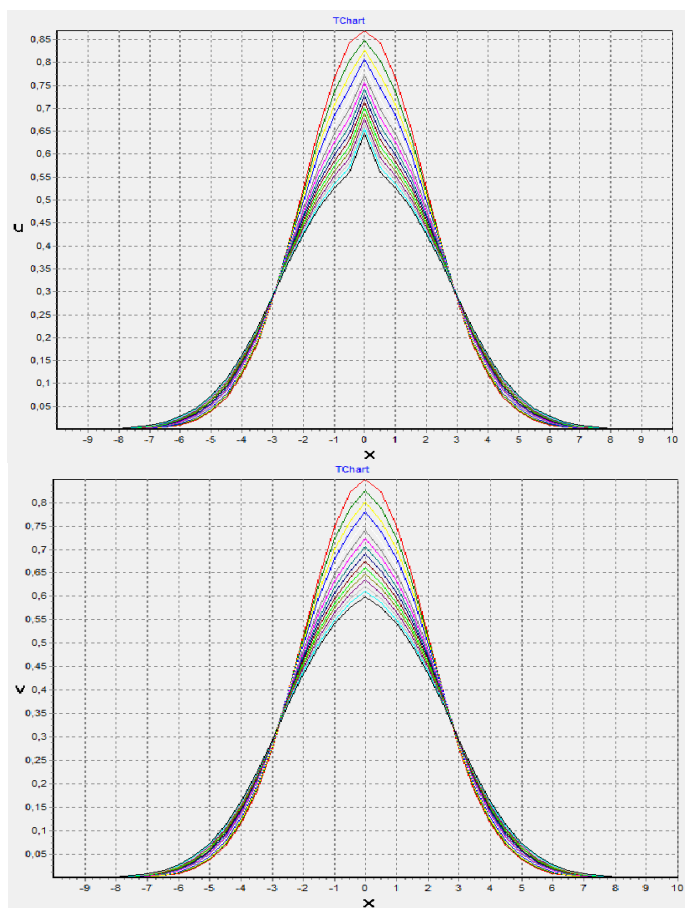


Рис. 1. Визуализация процесса при критическом параметре при $\beta_1=3.5, \beta_2=2.85, N=1, N_1=1, T=2$

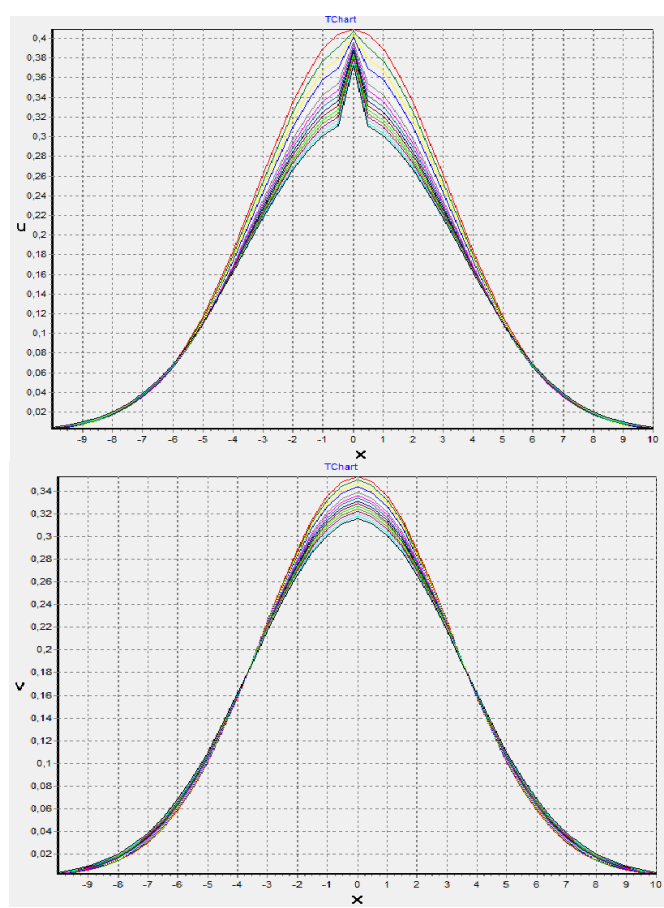


Рис. 2. Визуализация процесса при критическом параметре при $\beta_1=3.5, \beta_2=2.85, N=1, N_1=1, T=5$

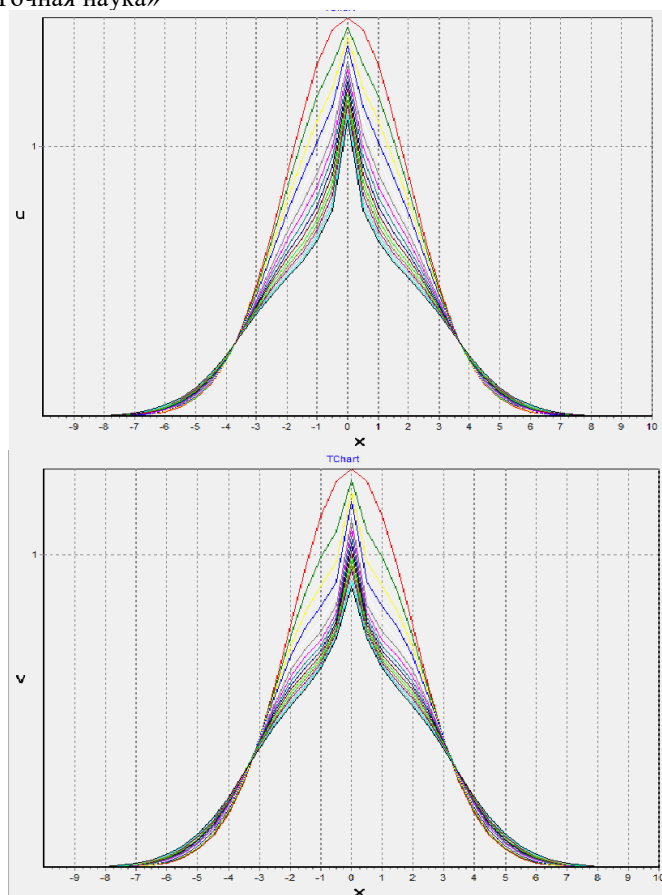


Рис. 3. Визуализация процесса при критическом параметре при $\beta_1=3.5$, $\beta_2=2.85$, $N=1.5$, $N_1=1.7$, $T=2$

Как видно из рисунка 1, в каждый момент времени температура в определенных точках снижается (плоскость опускается), что указывает на наличие поглощения.

Параметр T влияет на глубину распространения температуры. Это означает, что чем больше этот параметр, тем меньше глубина распространения температуры для u и v . Более того, для v он оказывает более существенное влияние. Это можно наблюдать по рисунку 2.

Параметры N, N_1 также влияют на глубину. Чем больше данные параметры, тем больше глубина распространения температуры u и v соответственно, как видно из рисунка 3.

Заключение

Мы доказали, что численный анализ результатов, основанный на полученных оценках решения, дает исчерпывающую картину процесса в двухкомпонентных системах с сохранением свойств конечной скорости распространения.

При критических значениях параметра асимптотическое поведение решения изменится. Предложенный метод выбора начального приближения оказался эффективным и позволяет численно определять процессы с конечной скоростью распространения.

Библиографический список:

1. H. Fujita, "On the blowing up of solutions of the Cauchy problem for $u_t = \Delta u + u^{1+\alpha}$ ", Journal of the Faculty of Science University of Tokyo A, 16, 1966, pp.105–113.
2. P. Cianci, A. V. Martynenko, and A. F. Tedeev, "The blow-up phenomenon for degenerate parabolic equations with variable coefficients and nonlinear source," Nonlinear Analysis: Theory, Methods & Applications A, vol. 73, no. 7, pp. 2310–2323, 2010.
3. E. Di Benedetto, *Degenerate Parabolic Equations*, Universitext, Springer, New York, NY, USA, 1993.
4. J. N. Zhao, "On the Cauchy problem and initial traces for the evolution p-Laplacian equations with strongly nonlinear sources," Journal of Differential Equations, vol. 121, no. 2, pp. 329–383, 1995.

5. Z. Wu, J. Zhao, J. Yun and F. Li, *Nonlinear Diffusion Equations* New York, Singapore: World Scientific Publishing, 2001.
6. Gmira, "On quasilinear parabolic equations involving measure data, *Asymptotic Analysis*" North-Holland, 3, 1990, pp. 43-56.
7. J. Yang and J. Zhao, "A note to the evolutionary P-Laplace equation with absorption", *Acta. Sci. Nat. Jilin.* 2, 1995, pp. 35-38.
8. J. Zhao, "Source-type solutions of quasilinear degenerate parabolic equation with absorption", *Chin. Ann. of Math.*, ISB1, 1994, pp. 89-104.
9. J. Zhao, "Existence and nonexistence of solution for $u_t = \operatorname{div}(|\nabla u|^{p-2} \nabla u) + f(\nabla u, u, x, t)$ ", *J. Math. Anal. Appl.* 172, 1993, pp. 130-146.
10. J. Zhao, "The Cauchy problem for $u_t = \operatorname{div}(|\nabla u|^{p-2} \nabla u)$ when $2N/(N+1) < p < 2$ ", *Nonlinear Anal. T.M.A.* 24, 1995, pp. 615-630.
11. J. Zhao and H. Yuan, "The Cauchy problem of a class of doubly degenerate parabolic equation" (in chinese), *Chinese Ann. Of Math.* 16As2, 1995, pp. 181-196.
12. E. Dibenedetto and A. Friedman, "Holder estimates for nonlinear degenerate parabolic systems", *J. reine. Angew. Math.* 357, 1985, pp. 1- 22.
13. Y. Li and Ch. Xie, "Blow-up for p-Laplace parabolic equations", *E. J. D. E.* (20)2003, 2003, pp. 1-12.
14. E. Dibenedetto and M. A.Herrero, "On Cauchy problem and initial traces for a degenerate parabolic equations", *Trans.Amer. Soc.* 314, 1989 pp. 187-224.
15. Ph. Benilan, M. G. Crandall and M. Pierre, "Solutions of the porous medium equation in R^N under optimal conditions on initial values", *Indiana Univ., Math. J.* 33, 1984, pp. 51-71.
16. J. Zhao and Z. Xu, "Cauchy problem and initial traces for a doubly degenerate parabolic equation", *Sci.in China, Ser.A*, 39, 1996, pp. 673-684.
17. H. Fan, "Cauchy problem of some doubly degenerate parabolic equations with initial datum a measure", *Acta Math. Sinica, EnglishSer.* 20, 2004, pp. 663-682.
18. M. Escobedo, H. A. Levine "Critical blowup and global existence for a weakly coupled system of reaction-diffusion equations". *Arch. Rat. Mech. Anal.*, 129, 1995, pp.47–100.
19. М.Арипов, *Метод эталонных уравнений для решение нелинейных краевых задач*, Ташкент, 1986, с. 137.
20. А.А. Самарский, А.В.Гулин, *Численные методы*, Наука, 1989, с.432.

Петровский Владислав Павлович
Petrovsky Vladislav Pavlovich

магистрант

Тольяттинский государственный университет

E-mail: ar.zag.02@bk.ru

УДК 614.84

**АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
СРЕДСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В
ОРГАНИЗАЦИИ**

**ANALYSIS OF THE EXISTING SYSTEM FOR MONITORING THE TECHNICAL CONDITION
OF AUTOMATIC FIRE DETECTION AND EXTINGUISHING EQUIPMENT IN AN
ORGANIZATION**

Аннотация. В статье представлен анализ существующей системы контроля технического состояния средств автоматического обнаружения и тушения пожаров, первичных средств пожаротушения объекта ООО «МДМ».

Abstract. The article presents an analysis of the existing system for monitoring the technical condition of automatic fire detection and extinguishing equipment, primary fire extinguishing equipment at the MDM LLC facility.

Ключевые слова: пожаротушение, сигнализация, оповещение, тушение пожара, огнестойкость, пожарный отсек, планировочное решение, склад, автоматическая система пожаротушения, тонкораспыленная вода.

Keywords: fire extinguishing, alarm, notification, fire extinguishing, fire resistance, fire compartment, planning solution, warehouse, automatic fire extinguishing system, mist water.

Склад ООО «МДМ» снабжен только порошковыми огнетушителями класса АВСЕ для всех видов возгораний.

Меры противопожарной защиты здания в области внутренней планировки направлены на ограничение возможной площади пожара, создания условий для его локализации и успешной последующей ликвидации, а также обеспечения безопасной эвакуации людей из здания.

Ограничение распространения пожара внутри здания достигается его разделением на пожарные отсеки, изоляцией наиболее пожароопасных помещений (венткамер, машинных отделений лифтов, кладовых и т.д.).

Обеспечение условий для успешного тушения пожара, достигается делением пожарного отсека на пожарные секции или отдельные помещения по площади, либо количеству и пожарной опасности хранимых в них материалов.

Вышеперечисленные меры наряду с изоляцией лестничных клеток позволяет повысить уровень безопасности находящихся в здании людей, а также лучше организовать процесс эвакуации в случае пожара.

В процессе прохождения практики было произведено детальная проверка соответствия архитектурно-строительной части проекта проверка соответствия объемно-планировочных решений требованиям пожарной безопасности, проверка соответствия эвакуационных путей и выходов требованиям пожарной безопасности, проверка соответствия противодымной защиты требованиям пожарной безопасности, в ходе которой обнаружен ряд серьезных нарушений:

– помещения венткамер, электрощитовой, кладовой отделены от помещения для хранения автомобилей монолитными железобетонными перегородками с пределом огнестойкости EI 30;

– заполнения проемов помещений венткамер, электрощитовой, кладовой выполнено дверями обычного;

– для покрытий пола в общих коридорах использованы материалы с пожарной опасностью ВЗ, РП2, ДЗ, Т2;

– величина зазора между маршами лестниц и между поручнями ограждений лестничных маршей равна 70 мм;

- отсутствуют механизмы samozакрывания дверей и уплотнения в притворах;
- ширина простенка между дверным проемом воздушной зоны и ближайшим окном равна 1,3 м;
- воздуховоды систем ПД2 для подпора воздуха в шахту для пожарных подразделений выполнены с пределом огнестойкости EI 60;
- транзитные воздуховоды вытяжной противодымной вентиляции гаража, проходящие на кровлю (системы ВД1), выполнены с пределом огнестойкости EI 120.

Проблемы во время возгораний могут быть вызваны плохим освещением и сильным скоплением дыма, наличием перекрытий и конструкций между этажами, лифтовых шахт, что провоцирует перекидывание огня на этажи выше.

Возгорание нередко провоцирует выбросы токсинов, если загораются синтетические материалы теплоизоляции. Также возрастает риск взрывов, отравлений либо ожогов, разрушения стеллажей и конструкций, появления завалов. Спасение людей и имущества должно проходить в максимально короткие сроки, для этого необходимо: знать о конструктивных особенностях помещений и оборудования, уметь быстро определить границы распространения пламени; при возможности выпустить хладагенты из охладительных систем, выключить холодильные камеры, эвакуировать продукты при наличии риска и повреждения; при тушении защищать оборудование, подверженное риску взрывов, и самые высокие этажи помещений, отключать системы вентиляции, прекратить подавать охладители; применять дымососы, чтобы снизить температурный режим на объектах и уменьшить уровень задымления.

Использование порошковых систем пожаротушения эффективно в условиях тушения горючих и химических веществ, оборудования, находящегося под напряжением и в условиях, когда использование воды не приемлемо или может нанести имуществу больший вред, чем пользу. Использовать такой тип тушения можно при полном отсутствии людей в зоне тушения.

На рисунке 1 представлена схема системы пожаротушения, сигнализации и оповещения для склада средних размеров (500 кв.м.)

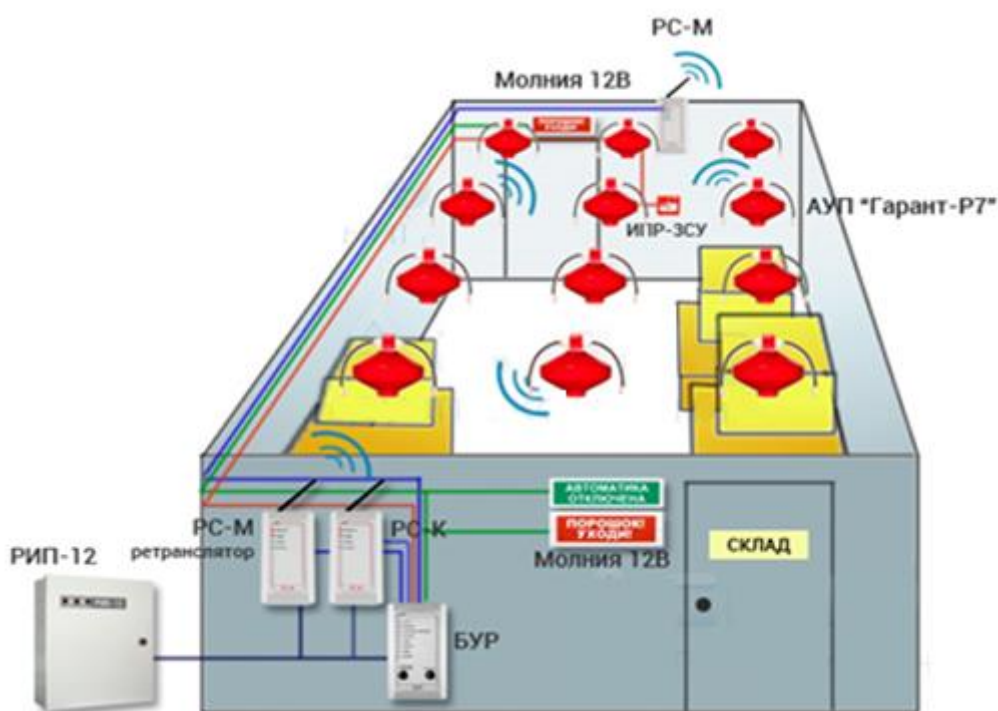


Рисунок 1 – Схема системы пожаротушения, сигнализации и оповещения для склада средних размеров (500 кв.м.)

В таблице 1 представлен состав комплекта.

Таблица 1 – Состав комплекта

Наименование	Описание	Кол.
АУП «Гарант-Р7»	Комплект: МПП «Гарант-7», блок «БОС», кронштейн. Автоматическое обнаружение пожара и обеспечение пускового импульса при достижении температуры 76°С в зоне установки модуля. Возможность дистанционного ручного пуска модуля по внешней команде при обнаружении нагрева свыше 64°С. Прием/передача сигналов в рамках беспроводной системы «Гарант-Р».	20
Блок РС-М	Контроллер состояния БОС (до 29 блоков) и ретранслятор сигналов для других компонентов установки, находящихся вне зоны радиовидимости.	2
Блок РС-К	Координатор сети. Является диспетчером для ретрансляторов РС-М и блоков управляющих реле БУР.	1
Блок БУР	Блок управляющих реле. Прием и отображение сигналов АУП «Гарант-Р». Передача извещений на ПЦН. Управление инженерным и технологическим оборудованием. Функция ручного пуска и отмены автоматического пуска МПП.	1
Контрольная панель КП	Контрольная панель «Гарант-Р». Отображение состояния всех устройств АУП «Гарант-Р». Ведение журнала состояния устройств и пожарной автоматики. Программирование IP-адресов системы. Построение пожарной сигнализации с адресно-аналоговыми беспроводными пожарными извещателями.	1
Брелок диагностики БД	Брелок диагностики «Гарант-Р». Проверка работоспособности и программирование адресов (до 3800 адресов) оборудования АУП «Гарант-Р».	1
РИП-12 (исп. 02)	Источник вторичного электропитания резервированный. 12В/2А, кратковременно до 3А., под аккумулятор 7Ач, микропроцессорное управление.	1
Аккумулятор 12 В, 7 Ач	Аккумулятор герметичный свинцово-кислотный.	1
ИПР-3СУ	Извещатель пожарный ручной, питание 9 – 28 В, 100 мкА, с кнопкой, 4 схемы включения.	2
Молния 12В «Порошок уходи»	Табло 12 В, 20 мА.	2
Молния 12В «Порошок не входи»	Табло 12 В, 20 мА.	2
Молния 12В «Автоматика отключена»	Табло 12 В, 20 мА.	2
ИО 102-20/Б2П	Извещатель охранный точечный магнитоcontactный. Предназначен для блокировки дверных и оконных проемов, других строительных, конструктивных элементов зданий и сооружений на открывание или смещение.	2

Особенности эксплуатации системы пожаротушения на базе оборудования «Гарант»:

- система позволяет минимизировать участие человека как в процессе эксплуатации, так и в аварийной ситуации;
- возможность динамического мониторинга теплового поля объекта при нормальных условиях, а также при возникновении и развитии очага пожара;
- выбор модулей тушения, необходимых для локализации и ликвидации очага пожара, система «Гарант-Р» производит автономно, без использования центрального управляющего устройства и человеческого фактора (команд оператора);
- радиус действия радиоканала для БОС и БД в пределах прямой видимости – 100м; для периферийных устройств (РС-М, РС-К, КП, БУР) – не менее 1000м.

Электрощитовая – это помещение с электрическим вводом и распределительным щитом. Электрощитовая является отдельной комнатой чаще небольшой площади в здании, с расположенным в ней распределительным щитом или шкафом. Это исходный пункт подачи электроэнергии в здании (сооружении).

Проектируя пожаротушение в электрощитовой, выбирают газовую, либо порошковую автоматическую установку пожаротушения (АУПТ). При размещении кабеля под фальшполом при пожарной нагрузке более 7 литров на квадратный метр пространство фальшпола тоже оборудуется пожаротушением [22].

Выбирая между газовым и порошковым пожаротушением в электрощитовой помимо экономических показателей, необходимо учесть, что газ при сработке АУПТ не оставит никаких следов на электрооборудовании, стенах и полу, порошок, напротив, будет очень тяжело удалить с оборудования и любых поверхностей, возможно придется выполнить косметический ремонт помещения щитовой.

Система порошкового пожаротушения чаще всего используется на объектах народного хозяйства, оборудованных проводными шлейфами сигнализации, на складах с химическими и жидкими горючими материалами, а также в помещениях со сложным оборудованием, находящимся под напряжением.

Система порошкового пожаротушения малого помещения (50 кв.м.) – данное решение основано на построении системы пожаротушения и охранно-пожарной сигнализации с применением устройств Гранд Магистр ПУ производства ООО «Магистраль».

На рисунке 5 представлена схема автоматической системы пожаротушения тонкораспыленной водой для торгового зала.

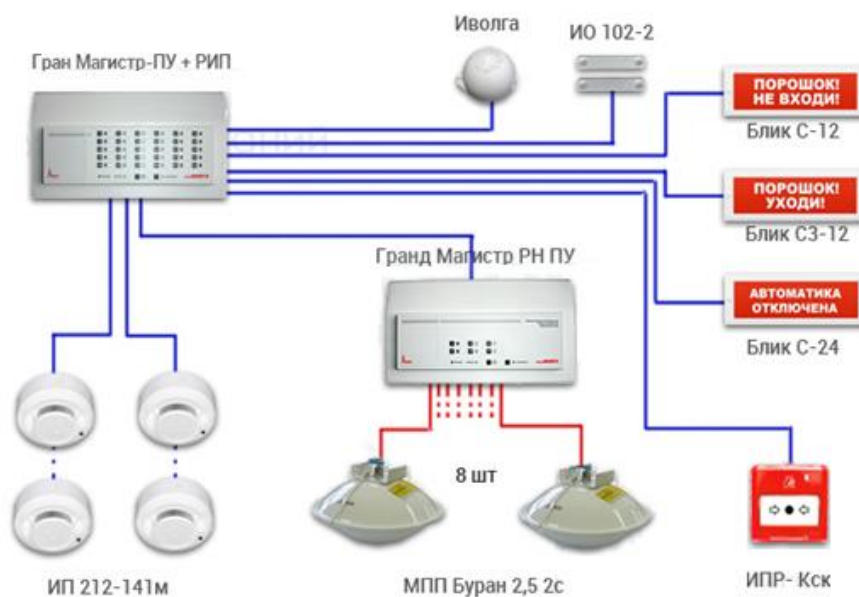


Рисунок 2 – Схема автоматической системы пожаротушения тонкораспыленной водой для торгового зала

Особенности:

– используя различные модификации клавиатуры (ПУ1, ПУ2, ..., ПУ8), на базе данного решения можно организовать систему до 8 отдельных зон пожаротушения.

Достоинства:

- в пожарный шлейф сигнализации могут подключаться дымовые, тепловые и комбинированные извещатели;
- прибор позволяет произвести запуск пожаротушения как в дистанционном, так и в автоматическом режимах;
- система устойчива к обрывам и коротким замыканиям.

Таким образом, в помещениях ООО «МДМ» установлена система автоматического извещения о пожаре и автоматическая система пожаротушения.

Библиографический список:

1. Бадагуев Б. Т. Пожарная безопасность на предприятии: Приказы, акты, журналы, протоколы, планы, инструкции 4-е изд., пер. и доп. / Б. Т. Бадагуев. М.: Альфа-Пресс, 2014. 720 с.
2. Грачев В. Ю. Зарубежные руководства по оценке пожарного риска. Екатеринбург: ООО «СИТИС», 2019. 35 с.
3. Корольченко А. Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочник в 2-х томах. М.: Ассоциация «Пожнаука», 2016. 713 с.

4. Ройтман В. М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий. М.: Ассоциация «Пожарная безопасность и наука», 2016. 382 с.

Андреева Наталья Николаевна
Andreeva Natalya Nikolaevna

старший преподаватель, филиал ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет» в
г.Апатиты

УДК 528

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

MODERN TECHNOLOGIES FOR AUTOMATION OF MINE SURVEYING AND GEODESIC MEASUREMENTS

Аннотация. Работы, связанные с добычей полезных ископаемых, проведение сложных земляных и подземных работ, анализ глубоких слоев грунта и иные строительные мероприятия, требуют комплексного инженерно-геологического исследования местности. Для этой цели проводятся геодезические и маркшейдерские работы которые представляют собой разряд исследований, включающих в себя проведение подземных и наземных пространственно-геометрических измерений. В статье рассмотрены технологии повышения эффективности современных маркшейдерских и геодезических изысканий.

Abstract. Work related to the extraction of mineral resources, complex excavation and underground work, analysis of deep soil layers and other construction activities require a comprehensive engineering and geological study of the area. For this purpose, geodetic and surveying work is carried out, which is a category of research that includes underground and ground spatial-geometric measurements. The article discusses technologies for increasing the efficiency of modern surveying and geodetic surveys.

Ключевые слова: геодезические работы, маркшейдерские работы, пространственные данные, инженерная деятельность, автоматизация, технологии, функциональность оборудования.

Keywords: geodetic work, surveying work, spatial data, engineering activities, automation, technology, equipment functionality.

Одним из важнейших этапов наземного строительства является проведение геодезических исследований. В комплекс этих мероприятий входит ряд работ, например, создание планово-высотных съемочно-геодезических сетей и исполнительная геодезическая съемка. Помимо этого, проводится топографическая съемка объектов в масштабе 1:5000 – 1:200 с последующим обновлением топографического плана.

Для строительства подземных сооружений (туннелей, шахт, метро, подземных парковок), а также карьеров (искусственные геологические и географические объекты, создаваемые как места добычи тех или иных полезных ископаемых открытым способом; применительно к карьерам по добыче угля также используется термин «разрез») необходимы маркшейдерские исследования. Сложность строительства таких объектов заключается в том, что для этой деятельности требуется не только оборудование и инструменты, но также тщательное изучение почвы (ее анализ) и разведка месторождений полезных ископаемых – эти данные могут повлиять на ход работ и последующее функционирование объекта.

Геодезист – это инженер, который составляет подробную карту рельефа местности и проводит необходимые математические расчеты, чтобы составить определенную систему координат – опорную геодезическую сеть, без которой не получится грамотно спроектировать здание или сооружение. Задача маркшейдера – составить точное пространственно-геометрическое описание месторождений полезных ископаемых, грунтовых вод, различных горных пород. Таким образом, геодезия и маркшейдерия – это два разных направления, несмотря на то, что оба связаны с измерениями и проектированием. Сегодня наиболее востребованы следующие виды маркшейдерских исследований:

- маркшейдерский аудит;
- определение потенциально опасных мест;
- выявление негативного воздействия техногенных факторов на окружающую среду;
- учет состояния полезных ископаемых;
- составление графической документации;

- определение оптимального объема горных выработок;
- геологическая разведка [1].

На этапе разведки маркшейдер осматривает местность, в которой планируется вести работы. Определяет доступность, качество и количество полезных ископаемых; геологические условия их добычи. Во время геологоразведочных работ собирается большое количество цифровых данных, которые затем анализируются и изучаются. Помимо выявления объема ископаемых также можно получить информацию о характере их распространения и условиях отложения, форме и качестве подземных ресурсов. Все это позволяет рассчитать не только затраты на разработку, но и рентабельность, то есть получение будущей прибыли в рамках практического использования будущих объектов.

Так, планирование карьера можно начать с построения геологической цифровой модели месторождения. По результатам лазерного сканирования маркшейдер наносит линии уступов на план горных работ. Задача ведения плана работ в электронном виде решается с помощью таких программ, как Carlson Survey, где сетку поверхности можно вывести на экран и просмотреть в 3D. Причем, просмотр в 3D – это не просто эффектный показ, а необходимый элемент анализа, позволяющий получить адекватное представление об исходном состоянии карьера.

Геологическая модель описывает структуру месторождения и строится по данным геологических изысканий. Как правило, этих данных нет в электронном виде (и в нужном формате). Однако, средствами Carlson Mining (модуль Carlson Geology) можно ввести информацию по скважинам, используя практически любой имеющийся формат данных (вся информация по скважинам будет храниться в рисунке AutoCAD). В результате построения модели производительность труда значительно повышается, а также появляется возможность провести анализ ситуации и выбрать оптимальное решение [2].

Лазерное сканирование воздуха с БПЛА (беспилотного летательного аппарата) открывает новые возможности для геодезических и маркшейдерских измерений. В отличие от наземных лазерных сканеров дальнего действия или традиционных геодезических методов, использование беспилотных летательных аппаратов имеет ряд дополнительных преимуществ:

- специалистам не нужно перемещаться в поисках оптимальных точек сканирования или выполнять традиционные геодезические измерения;
- те точки, с которых можно фотографировать наземные методы, могут быть труднодоступными или полностью отсутствовать (для дронов таких ограничений нет);
- за один съемочный день можете полностью исследовать объект (карьер), а также обработать данные и получить результаты измерений;
- воздушный лазерный сканер можно использовать в опасных производственных условиях, когда присутствие наземного персонала нежелательно [3].

Геодезические приборы различаются по принципу действия, техническим возможностям и области применения. Их можно использовать для строительных, ремонтных или проектных работ, они просты в эксплуатации, имеют небольшие размеры и обеспечивают высокую точность измерений. Большинство из них оснащены программным обеспечением, которое собирает внешние данные, выполняет необходимые вычисления и сохраняет обработанную информацию в памяти. Так, квадрокоптер AUTEL EVO 2 II PRO 6K – это современный геодезический инструмент, который значительно повышает эффективность измерений местности и сооружений. Время полета составляет примерно 40 минут (в зависимости от погодных условий).

Геодезические работы различаются по своему объему и назначению. Поэтому для топографической, исполнительной и геодезической съемки, а также маркшейдерских работ требуется разное оборудование. Так, тахеометр – один из самых сложных и дорогих видов универсального оборудования, который можно использовать для решения практически любых геодезических задач: измерения углов и расстояний; расчета объемов и площадей; автоматического сканирования (например, электронный тахеометр ТС 307 в ПЭВМ).

Хотя такие методы, как лазерное сканирование с помощью БПЛА, постепенно выходят на первый план при сборе пространственных данных на больших расстояниях, измерение с помощью тахеометра остается решающим, когда речь идет о локальных замерах (этот инструмент также остается незаменимым при измерении деформаций). Тахеометр (как инструмент геодезической оптимизации) следует применять там, где требуемая точность результата измерений не может быть достигнута применением простых геодезических приборов и где от достигнутой точности зависит качество

последующего строительного процесса или безопасность эксплуатации объекта.

GPS-оборудование (GNSS-оборудование) – это распространенные системы, которые используются для определения топографических координат с высокой точностью в любой точке земной поверхности. Координаты местности, полученные с помощью GNSS-оборудования, необходимы для построения планов и карт. Так, Locater One – это современная автономная система мониторинга на базе GNSS с точностью до субсантиметра (в целях мониторинга грунта устройство можно установить на актив или стержень для осадки). Locater One включает в себя GNSS, акселерометр, термометр и радарные датчики для мониторинга каждого 3D движения объекта или местности с точностью до 5 мм по высоте (Z) и 3 мм по горизонтали (XY).

Алгоритм автоматически отфильтровывает неполные данные, что обеспечивает надежность до 95%. Более того, все движения и положения могут быть представлены в абсолютных трехмерных координатах. Locater One работает без батареек и является углеродно-нейтральным во время использования. Этот подход означает, что для проведения измерений осадки грунта требуется меньшее количество геодезистов, что повышает безопасность на строительной площадке, а также максимизирует доступность и экономическую эффективность геодезистов, позволяя им быть задействованными для более ценных видов деятельности [4].

При выборе геодезического оборудования важно учитывать используемую методологию. Например, для съемки крупного объекта в лесистой местности более целесообразно использовать БПЛА, оснащенный лидаром (технология, позволяющая измерять расстояния с помощью светового излучения и определять время возврата этого отраженного света к приемнику). Кроме того, если требуется большое количество устройств, следует учитывать, что их можно комбинировать для разных задач, установив дополнительное программное обеспечение для расширения функциональности оборудования.

Замена традиционных измерительных приборов электронными привела к появлению новых методов и технологий в геодезии. Например, использование спутниковых радионавигационных систем и геодезических приемников коренным образом изменило методику построения сетей геодезической привязки, а также создание подпорных стенок, геодезических приборов и центральных приборов. В то же время значительно сокращены сроки изыскательских работ и уменьшено количество ошибок.

Современный уровень автоматизации геодезических и маркшейдерских работ характеризуется широким распространением сложных электронных приборов и спутниковых приемников, систем цифровой аэрофотосъемки, полевых портативных компьютеров и многофункционального программного обеспечения.

С развитием технологий работа геодезиста и маркшейдера вышла на новый уровень информационного обеспечения пространственными данными инженерной деятельности в различных областях: кадастровая оценка и оценка недвижимости, исследования, планирование, строительство, эксплуатация застроенных территорий.

Библиографический список:

1. Макаров К.Н. Инженерная геодезия: учебник для вузов / К.Н. Макаров. 2-е изд., испр. и доп., электрон. дан. – Москва: Юрайт, 2023. – 243 с.
2. Смоленцева А.М. Особенности автоматизации маркшейдерских работ // StudNet. 2021. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-avtomatizatsii-marksheyderskih-rabot> (дата обращения: 27.06.2024)
3. Голованов В.А. Маркшейдерские и геодезические приборы: учебное пособие для вузов / В. А. Голованов. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 140 с.
4. Пшидаток С.К., Забара В.В., 2020. Тенденции развития современного геодезического оборудования. Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам 75-й научно-практической конференции студентов. Отв. за выпуск А. Г. Коцаев. Краснодар, с. 410 – 412.

Научное издание

Коллектив авторов

ISSN 2500-1140

Техниконаучный журнал «Техноконгресс»

Кемерово 2024