



НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru

ISSN: 2541-8394



№4(54)

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

МОСКВА, 2022



НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Сборник статей по материалам LIV международной
научно-практической конференции*

№ 4 (54)
Июнь 2022 г.

Издается с декабря 2016 года

Москва
2022

УДК 51/53+62

ББК 22+3

НЗ4

Председатель редколлегии:

Лебедева Надежда Анатольевна – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, г. Киев, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

Ахмеднабиев Расул Магомедович – канд. техн. наук, доц. кафедры строительных материалов Полтавского инженерно-строительного института, Украина, г. Полтава;

Данилов Олег Сергеевич – канд. техн. наук, научный сотрудник Дальневосточного федерального университета;

Маршалов Олег Викторович – канд. техн. наук, начальник учебного отдела филиала ФГАОУ ВО "Южно-Уральский государственный университет" (НИУ), Россия, г. Златоуст.

НЗ4 Научный форум: Технические и физико-математические науки: сб. ст. по материалам LIV междунар. науч.-практ. конф. – № 4 (54). – М.: Изд. «МЦНО», 2022. – 98 с.

ISSN 2541-8394

Статьи, принятые к публикации, размещаются на сайте научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

ISSN 2541-8394

ББК 22+3

© «МЦНО», 2022

Оглавление

Раздел 1. Технические науки	6
1.1. Авиационная и ракетно-космическая техника	6
ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕПЛАСТИКА ДЛЯ МОДЕЛЕЙ РАКЕТ	6
Аревков Максим Андреевич	
Бузигов Руслан Александрович	
Березовская Валерия Павловна	
1.2. Информатика, вычислительная техника и управление	11
БЕЗОПАСНОСТЬ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ПУБЛИЧНЫХ Wi-Fi СЕТЯХ	11
Федьков Никита Анатольевич	
Михайлова Елена Михайловна	
Цибизов Владимир Александрович	
1.3. Машиностроение и машиноведение	20
АЛГОРИТМЫ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ БЕСКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЯ ДЕФЕКТОВ ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ АВТОМОБИЛЯ	20
Козлов Антон Александрович	
Цыплов Егор Алексеевич	
Ярыгин Сергей Игоревич	
1.4. Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы	25
КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ В УСЛОВИЯХ АО «ОСКОЛЬСКИЙ ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ ИМ. А.А. УГАРОВА» (ОЭМК)	25
Ковальчук Иван Владимирович	
1.5. Радиотехника и связь	31
ОРБИТАЛЬНЫЙ УГЛОВОЙ МОМЕНТ ФОТОНОВ В СИСТЕМЕ РЕАЛИЗАЦИИ СУБВОЛНОВЫХ ЛАЗЕРНЫХ ПУЧКОВ	31
Кузяков Борис Алексеевич	

1.6. Строительство и архитектура	38
РИСКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ Евсеева Ольга Вячеславна	38
1.7. Технология продовольственных продуктов	44
КАМЧАТСКИЙ КРАБ БАРЕНЦЕВА МОРЯ Чуб Вадим Сергеевич Голубева Ольга Алексеевна	44
1.8. Транспорт	51
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕМПФИРОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ ЖИДКОСТЕЙ В ПРИЦЕПАХ-ЦИСТЕРНАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН Кошля Геннадий Иванович Гегедеш Марина Григорьевна	51
1.9. Электротехника	62
МОДАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ТЕЛЕЖКИ МОСТОВОГО КРАНА Пахомов Александр Николаевич Чертыков Петр Николаевич	62
СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕКТОРНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С АИН Федоренко Александр Александрович Клендер Иван Львович	68
1.10. Энергетика	72
ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАМАГНИЧИВАНИЯ И УЧЕТ НАСЫЩЕНИЯ МАГНИТОПРОВОДА ПРИ РАСЧЕТЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВИБРАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ Олимовна Малика Халикова	72
Физико-математические науки	76
Раздел 2. Математика	76
2.1. Вещественный, комплексный и функциональный анализ	76
ЧАСТНЫЕ РЕШЕНИЯ НЕВОЗМУЩЕННОГО УРАВНЕНИЯ ШТУРМА-ЛИУВИЛЛЯ НА ПОЛУОСИ Гасымова Айнур Рамазан к.	76

Раздел 3. Механика	83
3.1. Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры	83
ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТВОЛА № 2 РУДНИКА 1 РУ РУП «ПО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ» НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ Диулин Денис Александрович Гегедеш Марина Григорьевна	83
Раздел 4. Физика	93
4.1. Оптика	93
ИНДИКАТРИСА РАССЕЯННОГО СВЕТА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ НОЭЛЕКТРОЛИТОВ Сабиров Леонард Мухаммеджанович Жураев Йулчи Тошмамадович Каршибоев Шавкат Эсиргапович Уринбоев Нодир Мавлон угли Махамадиев Мухриддин.Тожидинович Сафаров Азамат Хайрилло угли Зийодуллаев Азиз Нуриило угли	93

РАЗДЕЛ 1. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

1.1. АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕПЛАСТИКА ДЛЯ МОДЕЛЕЙ РАКЕТ

Аревкин Максим Андреевич

ассистент,

*кафедра стартовые и технические ракетные комплексы, Амурский
государственный университет,*

РФ, г. Благовещенск

Бузиков Руслан Александрович

инженер,

Амурский государственный университет,

РФ, г. Благовещенск

Березовская Валерия Павловна

студент,

Амурский государственный университет,

РФ, г. Благовещенск

THE USE OF CARBON FIBER FOR ROCKET MODELS

Maxim Arevkov

Assistant,

department of launch and technical missile systems,

Amur State University,

Russia, Blagoveshchensk

Ruslan Buzikov

Engineer,
Amur State University,
Russia, Blagoveshchensk

Valeria Berezovskaya

Student,
Amur State University,
Russia, Blagoveshchensk

Аннотация. Ракетное моделирование становится все более популярным направлением у школьников и студентов. Выбор материалов для моделей ракет является важной частью при проектировании и изготовления ракеты.

Abstract. Rocket modeling is becoming more and more popular among schoolchildren and students. The choice of materials for rocket models is an important part in the design and manufacture of a rocket.

Ключевые слова: модель ракеты; композиционный материал; углеродная ткань; эпоксидная смола.

Keywords: rocket model; composite material; carbon fabric; epoxy resin.

Композиционные материалы – это материалы, которые состоят из двух или более компонентов, соединяемых между собой физико-химическими связями.

В настоящее время композиционные материалы все чаще стали применяться в конструкции изделий ракетно-космической технике. Широкое применение нашли композиционные материалы: органопластики, углепластики и другие композиционные материалы [1].

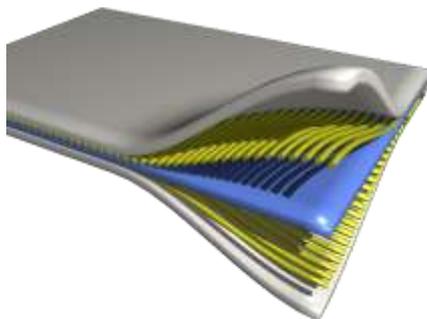


Рисунок 1. Композиционный материал

Композитные материалы для космической промышленности выдерживают нагрузки космических полетов и имеют достаточно низкую массу.

Большинство композиционных материалов прочнее и легче металлических сплавов. Применение композиционных материалов позволяет снизить вес на 10–40 % в зависимости от типа конструкции.

Композиты нашли свое применение и при изготовлении моделей ракет [2-3].

В качестве материала для изготовления корпуса модели ракет будет применяться углеродная ткань и эпоксидная смола.

PLAIN 3K-1000–240. Данная ткань имеет высокую теплостойкость. Ткань можно отнести к трудновоспламеняемым материалам. Данные свойства материала полезны, если твердотопливный двигатель, применяемый для моделей ракет, будет не исправлен. Материал способен противостоять воздействию внешних агрессивных сред, в том числе радиационному излучению.

Плюсы данного материала:

Совместима с любыми типами связующих;

Углепластик на основе углеродной ткани обладает минимальной плотностью, что не утяжеляет конструкцию даже при аппликации;

Ткань не подвергается коррозии.

Техническая информация

Тип волокна: высокопрочные углеродные волокна;

Тип плетения: Полотняное;

Поверхностная плотность, г/м²: 240;

Тип нити основы: Углеродная нить 3K (200текс) Aksa / Toray;

Плотность нитей основы, нитей на 10 см: 60±1;

Плотность нитей утка, нитей на 10 см: 60±1;

Прочность на растяжение волокна, ГПа: 4,3±5%;

Модуль упругости при растяжении волокна: 245±6 ГПа;

Влажность, %: 1;

Удлинение на разрыв волокна: 1,8%;



Рисунок 2. Углеродная ткань PLAIN 3K-1000–240

Эпоксидная смола (ЭД – 20 + ПЕПА)

Эпоксидно-диановая смола ЭД-20 обеспечивает наибольшие технологические удобства при изготовлении изделий и позволяет создать самые разнообразные материалы. Смола и отвердитель смешиваются в пропорции по весу 10:1.

Преимущества

- хорошая адгезия к металлу, стеклу, керамике, пластику;
- высокая твердость;
- диэлектрические свойства;
- стойкость в агрессивных средах;
- не вызывают коррозии соприкасающихся с ними материалов.

Технические характеристики

Цвет по железо-кобальтовой шкале, не более	3
Массовая доля эпоксидных групп, %	2-22,5
Массовая доля иона хлора, %, не более	0,001
Массовая доля омыляемого хлора, %, не более	0,3
Массовая доля гидроксильных групп, %, не более	1,7
Массовая доля летучих веществ, %, не более	0,2
Динамическая вязкость, Па*сек, при (25±0,1) °С	13-20
Время желатинизации, не менее	8 ч.
Время полного отверждения	24 ч.

Модель ракеты будет изготавливаться следующим образом:

1. Изготовление корпуса: методом намотки;
2. Изготовление обтекателя: в специально изготовленной матрице методом послойного наложения;
3. Изготовление стабилизаторов: ручное формирование с последующей обработкой на ЧПУ станке;
4. Изготовление остальных деталей будет производиться с применением аддитивных технологий.



Рисунок 3. Матрица для изготовления головного обтекателя

Применение данного вида композиционного материала позволяет уменьшить массу, повысить прочность, химическую и тепловую стойкость, жесткость, что позволяет выводить модель ракеты на более высокую высоту [1].

Главным недостатком данного материала является экранирование сигнала, поэтому при необходимости получения телеметрии с бортового компьютера модели ракеты необходимо разместить антенну на внешнем корпусе ракеты либо установить вставки из материала, который пропускает радиосигнал.

Список литературы:

1. Галимов Э.Р. Современные конструкционные материалы для машиностроения: учебное пособие / Э.Р. Галимов, А.Л. Абдуллин. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 268 с.
2. Канаев В.И. Ключ – на старт! М., «Молодая гвардия», 1972.
3. Кротов И.В. Модели ракет. Издательство ДОСААФ СССР – Москва, 1979.

1.2. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

БЕЗОПАСНОСТЬ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ПУБЛИЧНЫХ WI-FI СЕТЯХ

Федьков Никита Анатольевич

*студент,
кафедра математического моделирования
и информационных технологий,
Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина,
РФ, г. Тамбов*

Михайлова Елена Михайловна

*канд. пед. наук, доц. кафедры математического моделирования
и информационных технологий,
Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина,
РФ, г. Тамбов*

Цибизов Владимир Александрович

*студент,
кафедра математического моделирования
и информационных технологий,
Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина,
РФ, г. Тамбов*

SECURITY OF DATA TRANSFER IN PUBLIC WI-FI NETWORKS

Nikita Fedkov

*Student,
Department of Mathematical Modeling and Information Technologies,
Tambov State University named after G.R. Derzhavin,
Russia, Tambov*

Elena Mikhailova

*Ph.D. Associate Professor
of the Department of Mathematical Modeling and Information Technologies,
Tambov State University named after G.R. Derzhavin,
Russia, Tambov*

Vladimir Tsibizov

*Student,
Department of Mathematical Modeling and Information Technologies,
Tambov State University named after G.R. Derzhavin,
Russia, Tambov*

Аннотация. Сегодня беспроводной интернет стал неотъемлемой частью жизни пользователей самых разных групп от IT-специалистов и бизнесменов до домохозяек и детей школьного возраста. Им можно пользоваться в кафе, на улице, в транспорте и т.д. Однако за доступность и простоту использования приходится платить безопасностью – злоумышленникам становится легче организовывать кибератаки, находить уязвимости в программном обеспечении и похищать данные пользователей. В статье рассмотрены актуальные методы защиты при использовании публичной Wi-Fi сети, и даны рекомендации по безопасному подключению и использованию общедоступной Wi-Fi сети.

Abstract. Today, wireless Internet has become an integral part of the lives of users of various groups from IT professionals and businessmen to housewives and school-age children. It can be used in a cafe, on the street, in transport, etc. However, accessibility and ease of use comes at the cost of security – it becomes easier for attackers to organize cyberattacks, find vulnerabilities in software, and steal user data. The article discusses the current methods of protection when using a public Wi-Fi network, and gives recommendations for the safe connection and use of a public Wi-Fi network.

Ключевые слова: беспроводные точки доступа; Wi-Fi; публичные Wi-Fi сети; методы безопасного подключения; информационная безопасность.

Keywords: wireless access points; Wi-Fi; public Wi-Fi networks; secure connection methods; information security.

Объём данных, передаваемый пользователями по беспроводным сетям, неуклонно растёт.

Согласно аналитике Cisco, на начало 2022 года более половины сетевого трафика приходится на Wi-Fi сети. Практически все мобильные ПК и смартфоны поддерживают технологию Wi-Fi на проприетарном

уровне. По прогнозам аналитиков, в этом году устройства с новейшим стандартом Wi-Fi 6 займут около 60% рынка. Данная технология позволяет с комфортом пользоваться онлайн-банкингом, интернет-магазинами, общаться в социальных сетях, совершать коммунальные платежи и многое другое. Однако, несмотря на удобство и простоту использования Wi-Fi технологии, любая конфиденциальная информация, принадлежащая пользователю, не только может, но и подвергается угрозам из вне.

Исходя из статистических данных, полученных из новостных источников, можно составить диаграмму, отображающую доли различных угроз, которым подвергается рядовой пользователь при подключении к Wi-Fi сетям.

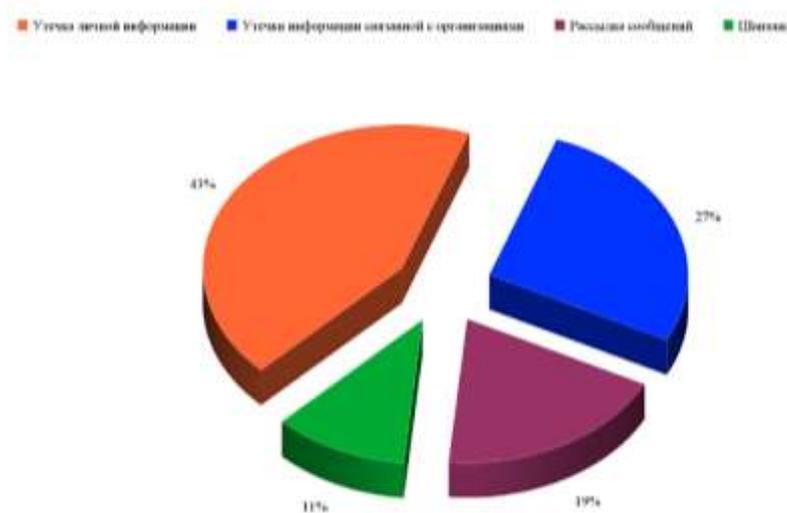


Рисунок 1. Угрозы для пользователя при подключении к Wi-Fi

Анализ диаграммы показал, что проблема безопасной передачи данных в беспроводной сети Wi-Fi является одной из наиболее приоритетных.

Только за период с начала 2021 и до апреля 2022 года зарегистрировано более 70 инцидентов информационной безопасности, связанных с Wi-Fi сетями (рисунок 2).

Соотношение методов использования при сборе информации злоумышленниками 2021 - 2022

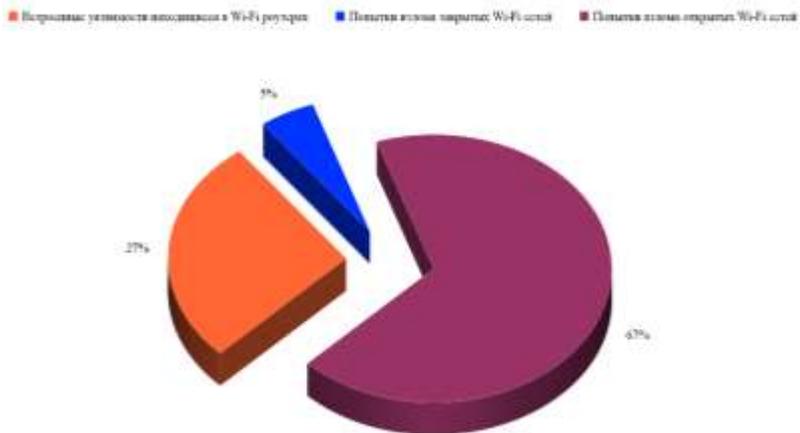


Рисунок 2. Соотношение методов, используемых при сборе информации злоумышленниками

В настоящее время существует не менее восьми способов подключения к сети Интернет: подключение через Dial-Up, ADSL, CDMA/GSM модемы, с помощью мобильного телефона, кабельного телевидения, выделенного канала, специальной антенны и спутника. Наиболее популярным и удобным способом подключения является выделенный канал, т.к. он совмещает в себе небольшую стоимость с высокой скоростью и стабильностью передачи данных. Существует два простых и удобных способа подключения к данному каналу: проводное (через физический кабель) и беспроводное (с использованием Wi-Fi технологии). Рассмотрим особенности каждого из них.

Проводное соединение является физически надёжным и защищённым от постороннего воздействия, при этом имеет высокую скорость работы. Однако такой способ неудобен в ряде случаев из-за обязательного подключения соответствующего кабеля. Если в мире настольных ПК с этим можно смириться, то современные ноутбуки могут и вовсе не иметь необходимый порт, не говоря уже о смартфонах, планшетах и других мобильных устройствах.

Беспроводная сеть, реализованная с помощью Wi-Fi технологии, является более мобильной и удобной для подключения, но стабильность передачи данных в ней может колебаться. Из-за значительной концентрации электромагнитных сигналов от различных источников в

одном месте происходит наложение радиоволн друг на друга, тем самым вызывая искажение первоначального сигнала. Согласно аналитической статистике, к 2023 году лишь в КНР будет развернуто приблизительно 213 млн точек доступа сети Wi-Fi. В России это число достигнет значения в 30,8 млн.

Однако простота подключения к Wi-Fi сети несет в себе скрытую угрозу, т.к. злоумышленникам для похищения и компрометации данных достаточно находится в зоне действия маршрутизатора. Их основная цель состоит в краже конфиденциальной информации, т.к. она наиболее значима, и её утечка может нанести ощутимый ущерб. Существует несколько способов кражи информации:

- Социальная инженерия. Например, фишинг, спам-рассылка, претекстинг, плечевой серфинг т.д. С помощью фишинга злоумышленник может заставить пользователя перейти на фейковую страницу с вредоносным кодом или с помощью спама побудить пользователя к неправомерным действиям несущие в себе угрозу обществу, жизни и имуществу. Подобных примеров очень много.
- Перехват данных идентификации с использованием специализированных программно-аппаратных средств. Например, утилита Bettercap, позволяет мониторить Wi-Fi сети и обладает функцией спуфинга.

Для минимизации вероятности утечки данных и повышения безопасности при подключении и использовании публичной Wi-Fi сети необходимо соблюдать небольшой перечень правил, в том числе основанный на законодательстве РФ.

Для более наиболее оптимальной защиты от постоянно появляющихся новых угроз необходимо регулярно проверять обновления ПО на официальных ресурсах. С каждым обновлением исправляются критические ошибки, уязвимости и дыры в безопасности, а в базы данных злоредов и вирусов вносится актуальная информация.

В Российской Федерации действуют законы и постановления, которые регламентируют создание, деятельность и возможности беспроводных Wi-Fi сетей. Среди самых важных нормативных актов можно выделить ФЗ №126 «О связи» и Постановления Правительства РФ № 758 и №801. Данные нормативные документы требуют соблюдения условия: пользоваться сетью может только авторизированный пользователь. Согласно этим же актам, авторизовать пользователя можно тремя способами: по удостоверению личности, по профилю на портале Госуслуги, по номеру мобильного телефона. При несоблюдении описанного требования владельцы точки доступа Wi-Fi будут нести соответствующую ответственность. Нарушение установленных законов

приводит к штрафам и административной ответственности. Так для физических лиц размер штрафа составляет 2 – 5 тыс. рублей, а при повторном нарушении штраф будет уже 100 тыс. рублей или дисквалификация на срок до 3 лет. Для должностных лиц размер штрафа составляет 5 – тыс. рублей и административная ответственность. Для юридических лиц размер штрафа составит 100 – 200 тыс. рублей. Так же денежные взыскания могут быть наложены и на саму организацию. В таком случае штраф составит 300 тыс. рублей.

Важно обращать внимание на используемый тип шифрования. Если оно недостаточно надежно или вовсе будет отсутствовать, то для получения доступа к необходимым данным злоумышленнику достаточно будет просто «слушать» передаваемый трафик, не прибегая ни к каким физическим воздействиям.

Существует множество способов шифрования передаваемого потока данных, но наиболее широкое распространение получили следующие:

- NONE

Открытый вид шифрования, данные передаются без ключей, любое устройство может подключиться к беспроводной сети «небезопасная сеть». Используется для гостевого доступа.

- WEP

Основан на алгоритме RC4. Его шифр имеет разную длину статического и динамического ключа (64 или 128 бит). Алгоритм шифрования находится в открытом доступе, что даёт возможность злоумышленникам собирать информацию до того момента, как не будет получен ключ шифрования. Сеть, имеющая такое шифрование, является небезопасной. WEP является устаревшим стандартом как в функциональном так и в конфиденциальном плане.

- TKIP

Реализация динамических ключей шифрования, плюс к этому, каждое устройство в сети так же получает свой Master-ключ (который тоже время от времени меняется). Ключи шифрования имеют длину 128 бит и генерируются по сложному алгоритму, а общее кол-во возможных вариантов ключей достигает сотни миллиардов, при этом меняются они очень часто. Тем не менее, используемый алгоритм шифрования — по-прежнему RC4.

- CCMP

Алгоритм, выбираемый для безопасной передачи данных, обеспечивает надежный метод шифрования по сравнению с TKIP. Это новый метод защиты беспроводных точек доступа.

- OPEN

Открытая сеть. Все подключаемые устройства авторизуются автоматически;

- WPA–Personal

Данный режим подходит для большинства домашних сетей. Когда на беспроводную точку доступа устанавливается пароль, который должен вводиться пользователями каждый раз при подключении к сети;

- WPA–Enterprise

Имеется необходимая защита при работе в беспроводной сети. Просит вводить свои данные для аутентификации.

- WPA2

Вторая версия набора алгоритмов и протоколов которая обеспечивает защиту Wi-Fi сетей. Используется алгоритм AES и 802.1X.

- WPA2–Personal

Вход в сеть происходит по единому для всех клиентов паролю;

- WPA2–Enterprise

Пароль для доступа к сети сверяется с некоторой удаленной базой данных на стороннем сервере. Пароль уникален для каждого узла.

Из перечисленных способов шифрования наиболее безопасно семейство WPA2, т.к. все оно имеют высокую степень защищённости и надёжности.

Нельзя оставлять функцию «автоподключения» активированной, а также пренебрегать уточнением у владельцев точки доступа Wi-Fi названия и пароля сети. Злоумышленники могут создать похожую или вовсе клон Wi-Fi сети и, например, сделать его сигнал мощнее, что заставит устройство при активной функции «автоподключение» подключиться не к настоящей точке доступа, а поддельной. К сожалению, клон распознать практически невозможно, но можно обратить внимание на косвенные признаки: при использовании дополнительного ПО в списке доступных подключений показывается несколько сетей с одинаковым названием, при подключении к сети браузер выдаёт предупреждение, привычные сайты выглядят не как обычно – другие шрифты, иная анимация и оформление, адрес.

Необходимо проверять наличие сертификатов, протоколов безопасности на странице авторизации и посещаемых ресурсах. На странице авторизации сертификат должен быть доверенным. Надёжным протоколом безопасности является https. Как правило, при его наличии браузеры помечают адрес страницы в адресной строке специальным символом «замка» или зеленым цветом, либо пишется сама аббревиатура «https» в зависимости от выбранных настроек отображения. Однако даже при

наличии обозначенных признаков, не стоит авторизоваться в социальных сетях или банковских приложениях. Важно минимизировать количество и качество передаваемой конфиденциальной информации.

Одним из важных аспектов безопасности является наличие двухфакторной аутентификации на посещаемых ресурсах.

Двухфакторная аутентификация — это метод идентификации пользователя при помощи запроса данных аутентификации двух различных видов, что обеспечивает двухслойную, а значит, более эффективную защиту аккаунта от несанкционированного проникновения. Как правило, это реализуется следующим образом: первый шаг авторизации – ввод логина и пароля, второй – специально сгенерированный код, который приходит по SMS или на электронную почту. Иногда в качестве второго этапа выступают биометрические данные человека или уникальный USB-ключ. Следует помнить, что двухфакторная аутентификация один из важнейших инструментов защиты, но всё же не панацея.

Специалисты информационной безопасности рекомендуют завершать активные сеансы, т.е. выходить из аккаунтов, при завершении работы. Это простое действие поможет уменьшить шансы на компрометацию.

Для дополнительного шифрования можно использовать технологию VPN – зашифрованное подключение к сети, при использовании которого кратко увеличивается шанс сохранности конфиденциальности.

Однако надо учитывать возможность недобросовестного предоставления услуг сервисом VPN, который может «сливать» данные посторонним, как правило, на возмездной основе. Даже платная подписка не даёт 100% гарантии сохранения конфиденциальности.

При подключении к публичной Wi-Fi сети необходимо учитывать продолжительность сеанса, чем он дольше, тем больше шансов у злоумышленника добраться до защищаемых данных. Поэтому, как только в соединении с Интернетом пропадёт необходимость, нужно отключиться от сети. Данное действие не требует значительных затрат по времени и силам, но в разы уменьшает количество возможных последствий.

Специалисты Роскомнадзора 24 мая 2022 года в сообщении ведомства в Telegram предупредили об опасности подключения к общественным точкам Wi-Fi. По их мнению, общественные точки Wi-Fi опасны, поскольку пользователи после подключения к ним рискуют потерять платежные данные, документы, логины, пароли и другую личную информацию.

Таким образом, если получить доступ к сети Интернет крайне необходимо и альтернативных способов нет, то важно соблюдать следующие рекомендации:

- Поддерживать ПО в актуальном состоянии, устанавливая обновления только из официальных источников;
- При подключении к сети обязательно должна проходить авторизация пользователя;
- Безопасная сеть должна иметь шифрование (WPA2);
- Функция «автоподключения» должна быть неактивна;
- Необходимо обращать внимание на странное поведение сайтов и наличие у них сертификатов безопасности;
- Без крайней необходимости не следует где-либо авторизоваться, кликать на баннеры и т.д.;
- Нельзя совершать онлайн-покупки, вводить данные банковской карты и иных документов;
- Необходимо установить двухфакторную аутентификацию;
- Завершать активные сеансы;
- Использовать VPN;
- Отключаться от сети при завершении работы.

Список литературы:

1. <https://xakep.ru/2019/12/11/wi-fi-stats/>
2. <https://vc.ru/services/103616-utechki-dannyh-2019-statistika-tendencii-kiberbezopasnosti-i-mery-po-snizheniyu-riskov-vzloma>
3. <https://securelist.ru/research-on-unsecured-wi-fi-networks-across-the-world/29731/>
4. https://www.dgl.ru/technology/internet/chem-opasny-publichnye-wi-fi-seti-i-kak-zashhitit-svoi-dannye_11464.html
5. Гейер, Джим. Г29 Беспроводные сети. Первый шаг : Пер. с англ. — М. : Издательский дом "Вильямс", 2005. — 192 с.: ил. — Парал. тит. англ.
6. Технология современных беспроводных сетей Wi-Fi. Учебное пособие | Смирнова Елена Викторовна, Пролетарский Андрей Викторович, 2017. — 448 с.

1.3. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

АЛГОРИТМЫ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ БЕСКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЯ ДЕФЕКТОВ ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ АВТОМОБИЛЯ

Козлов Антон Александрович

*канд. техн. наук, доцент,
Тольяттинский государственный университет,
РФ, г. Тольятти*

Цыплов Егор Алексеевич

*магистрант,
Тольяттинский государственный университет,
РФ, г. Тольятти*

Ярыгин Сергей Игоревич

*ст. преподаватель,
Тольяттинский государственный университет,
РФ, г. Тольятти*

ALGORITHMS OF WORK AUTOMATED SYSTEM OF RECOGNITION DETAILS MARKING IN PRODUCTION CONDITIONS

Anton Kozlov

*Candidate of Science, associate Professor,
Togliatti State University,
Russia, Togliatti*

Egor Tsyplov

*master's student,
Togliatti State University,
Russia, Togliatti*

Sergey Yarygin

Senior lecturer,
Togliatti State University,
Russia, Togliatti

Аннотация. Автоматизация контроля дефектов лакокрасочного покрытия автомобиля является актуальной задачей. В настоящее время активно разрабатываются автоматизированные системы выявления дефектов лакокрасочного покрытия на основе обработки цифрового изображения. В статье рассматриваются алгоритмы работы автоматизированной системы бесконтактного контроля дефектов лакокрасочного покрытия автомобиля.

Abstract. The car paintwork defects control automating is an actual task. Automated systems for detecting paintwork defects based on digital image processing are currently being actively developed. The article discusses the algorithms of the car paintwork defects contactless control automated system.

Ключевые слова: контроль дефектов; автоматизированная система; алгоритм; качество изображения; лакокрасочное покрытие.

Keywords: defect control; automated system; algorithm; image quality; paint coating.

С точки зрения потребителя лакокрасочное покрытие автомобиля должно отвечать, прежде всего, эстетическим требованиям, что подразумевает отсутствие видимых дефектов. С точки зрения производителей автомобилей немаловажными являются и защитные функции лакокрасочного покрытия, на выполнение которых также оказывает влияние наличие различного рода дефектов.

В настоящее время активно развиваются технические средства на базе оптико-электронных систем [6]. Данные устройства строятся на основе цифровых камер и методов цифрового анализа изображений. Данный метод контроля достаточно прост в реализации с технической точки зрения, но при этом требует решения сложных научно-технических задач в ходе обработки изображений.

Процесс обработки изображения подразумевает производство процедур его оценки и улучшения качества, а также распознавание и определение характеристик объектов на изображении [1]. Проведение данных процедур требует разработки соответствующих алгоритмов.

Алгоритм оценки и улучшения качества входного изображения применительно к решаемой задаче приведен на рисунке 1. Полученное от оптико-цифрового модуля исходное цифровое изображение подвергается

первичной обработке с целью определения его характеристик необходимых для проведения дальнейшей обработки [2]. На следующем этапе производится поиск дефекта и его фиксация на изображении [4].

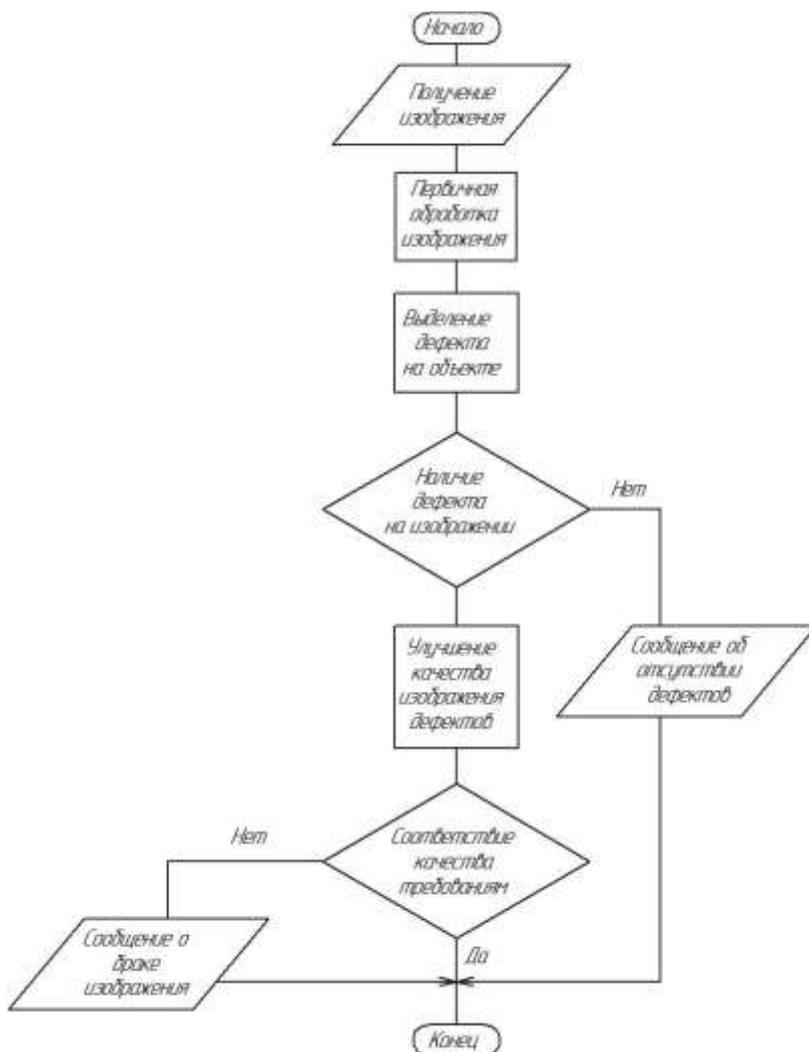


Рисунок 1. Алгоритм функционирования подсистемы оценки и улучшения качества изображения

В случае отсутствия дефекта система должна выдать соответствующее сообщение. При обнаружении дефекта выполняется улучшение качества изображения. По результатам данного этапа производится проверка соответствия качества полученного изображения соответствующим критериям и делается заключение о годности или негодности изображения дальнейшей обработке.

Следующим этапом обработки изображения в соответствии с принятой схемой контроля является распознавание и определение характеристик дефектов на изображении [3]. Алгоритм выполнения данного этапа приведен на рисунке 2.

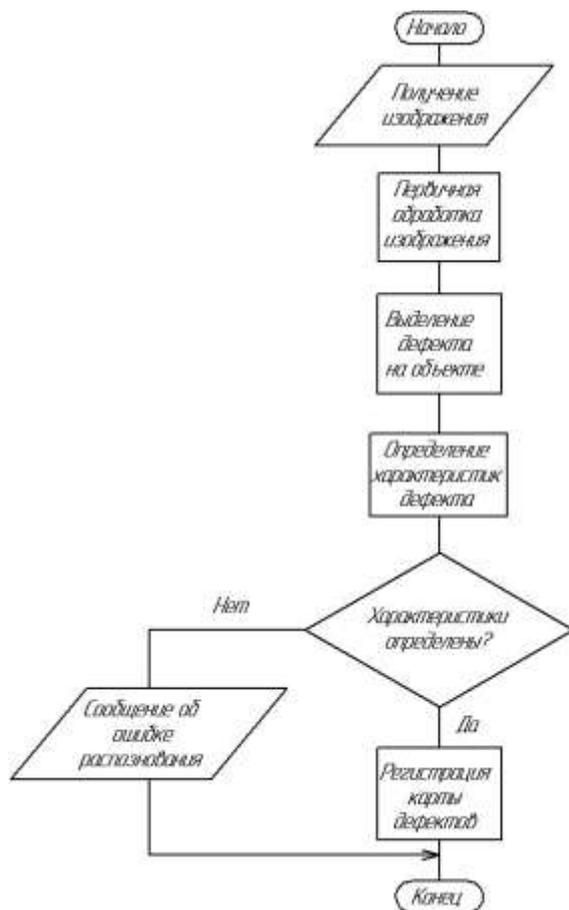


Рисунок 2. Алгоритм распознавание дефектов

Изображение подвергается первичной обработке, аналогичной предыдущему алгоритму, с целью определения его характеристик необходимых для проведения дальнейшей обработки. На следующем этапе работы алгоритма выполняется выделение области дефекта и производится оценка его геометрических характеристик [5]. Затем если характеристики дефекта определены, данные о нем заносятся в карту дефектов и соответствующую базу данных системы контроля качества предприятия. Если дефект не определен, система выдает сообщение об ошибке распознавания.

Рассмотренные алгоритмы позволяют успешно решить задачу автоматизации контроля дефектов лакокрасочного покрытия автомобиля.

Список литературы:

1. Гонсалес Р.С. Цифровая обработка изображений / Р.С. Гонсалес, Р.Е. Вудс ; пер. с англ. Л.И. Рубанова, П.А. Чочиа ; науч. ред. П.А. Чочиа. – Третье изд., испр. и доп. – Москва : Техносфера, 2019. – 1103 с.
2. Грузман И.С. Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учеб.пособие / И.С. Грузман, В.С. Киричук, В.П. Косых – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 352 с.
3. Гуляев В.А. Система определения дефектов автомобильных зеркал заднего вида / В.А. Гуляев, Н.Ю. Логинов // Theoretical & Applied Science. – 2017. – № 5 (49). С. 28–31.
4. Козлов А.А. Повышение качества контроля зазоров кузова автомобиля путем автоматизации процесса: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Тольятти, 2005. – 18 с.
5. Козлов А.А. Экспресс-анализ микротопографии поверхности при планировании гибким инструментом // В сборнике: Теплофизические и технологические аспекты повышения эффективности машиностроительного производства. – Тольятти, 2015. С. 261–264.
6. Неразрушающий контроль и диагностика : справочник / В.В. Клюев [и др.]; под ред. В.В. Клюева. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 2005. – 656 с.

1.4. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ В УСЛОВИЯХ АО «ОСКОЛЬСКИЙ ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ ИМ. А.А. УГАРОВА» (ОЭМК)

Ковальчук Иван Владимирович

магистрант,

Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова,

РФ, г. Белгород.

QUALITY CONTROL OF STRUCTURAL STEELS IN THE CONDITIONS OF JSC "OSKOLSKY ELECTROMETALLURGICAL COMBINE NAMED AFTER A.A. UGAROV" (OEMC)

Ivan Kovalchuk

Master's student,

Federal State Budgetary Educational Institution

of Higher Education Belgorod State Technological University

named after V.G. Shukhov,

Russia, Belgorod

Аннотация. Совершенствование технического контроля показателей и свойств сталей и сплавов различных марок в условиях электрометаллургического комбината является основным условием выпуска качественной продукции, соответствующей современным техническим требованиям. Актуальность данной задачи обусловлена перспективой развития производства на ОЭМК. В статье изложен материал анализа

накопленного опыта по осуществлению контроля качества конструкционных материалов на предприятии. Рассмотрена возможность использования усовершенствованной системы контроля качества стали, не допускающей поставок на машиностроительные предприятия региона конструкционных сталей несоответствующего качества.

Abstract. Improvement of technical control of indicators and properties of steels and alloys of various grades in the conditions of an electrometallurgical combine is the main condition for the production of high-quality products that meet modern technical requirements. The relevance of this task is due to the prospect of production development at OEMK. The article presents the material of the analysis of the accumulated experience in the implementation of quality control of structural materials at the enterprise. The possibility of using an improved steel quality control system that does not allow the supply of structural steels of inappropriate quality to machine-building enterprises in the region is considered.

Ключевые слова: качество; конструкционная сталь; система контроля; дефект; брак; категория; металлографические исследования.

Keywords: quality; structural steel; control system; defect; metallographic studies; category.

Основой системы менеджмента качества (СМК) продукции является технический контроль (ТК) сталей и сплавов в условиях электрометаллургического комбината. ТК, являясь обязательным элементом СМК, решает задачи по предотвращению выпуска сталей несоответствующего качества. Контрольные функции на ОЭМК возлагаются на заводские лаборатории, функционал которых сводится к решению следующих задач:

- контроль качества сталей и сплавов на этапах технологического процесса заготовки, термической обработки, поставки и др., недопущение брака и дефектов металлургической продукции за счет своевременного выявления отклонений от регламентированного уровня;
- выбраковывание заготовок при обнаружении дефектов;
- статистический учет выявленных несоответствий с анализом факторов, приводящих к браку продукции в термических цехах и участках;
- рекомендации по внедрению мероприятий по устранению несоответствий и снижению рисков некачественной продукции.

В настоящее время на всех этапах металлургического производства проявилась проблема несоответствия качества сталей и сплавов установленным нормам. Решением данной проблемы может стать совершенствование функционирующих на предприятии современных

испытательных лабораторий по контролю качества металлургической продукции, переподготовки персонала, методик и правил контроля качества на всех этапах технологического процесса производства. Созданные в рамках ОЭМК, заводские испытательные лаборатории могут эффективно решить проблему контроля качества сталелитейной продукции.

Для функционирующей СМК предприятия повышение качества сталей и сплавов на электрометаллургическом комбинате совершенствуется методика по контролю конструкционных сталей и сплавов. Используемая методологическая база основана на актуальных национальных стандартах, решает задачи по обеспечению соответствия контролируемых параметров сталей установленным нормам [1].

Контролируемые показатели сталей в зависимости от их категории представлен на рисунке 1 [2].

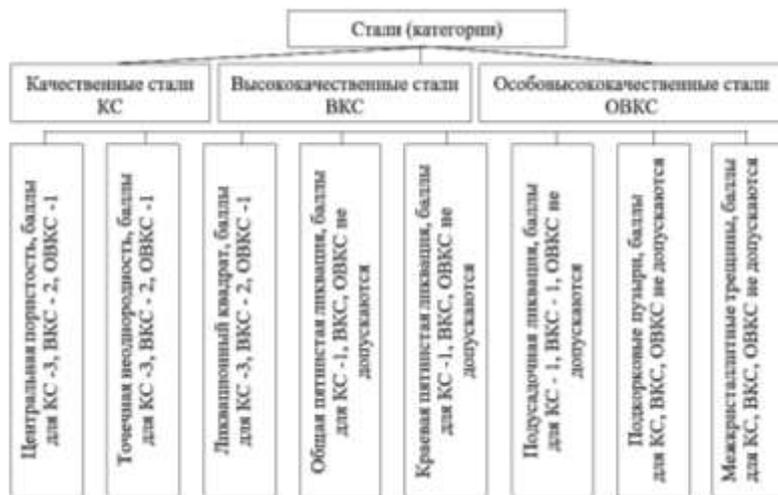


Рисунок 1. Контролируемые показатели различных категорий сталей по ГОСТ 10243-75

Структуру проверки качества конструкционных сталей, осуществляемой на ОЭМК на всех видах контроля, включая выпуск готовой продукции, можно представить на рисунке 2.

Методическое обеспечение контроля качества сталелитейной продукции Старооскольского электрометаллургического комбината по параметрам микроструктуры представлено на рисунке 3. Контроль

позволяет при выполнении основных условий провести металлографические исследования. По результатам опытов производится оценка стали и сплава после термической обработки (ТО); металлографическая подготовка; производство образцов и их испытания.

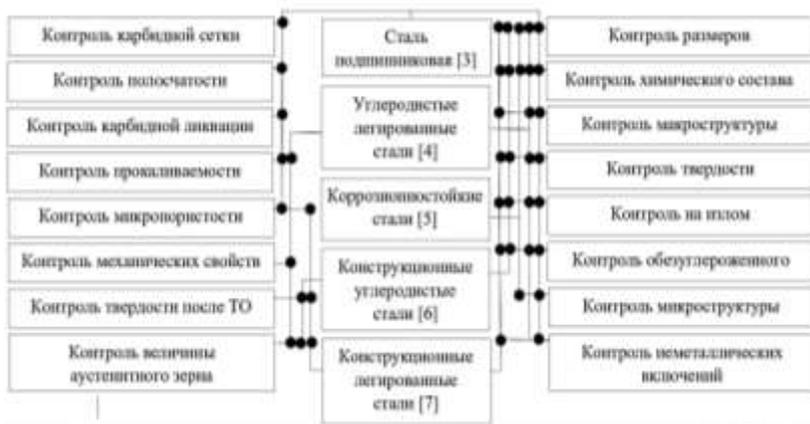


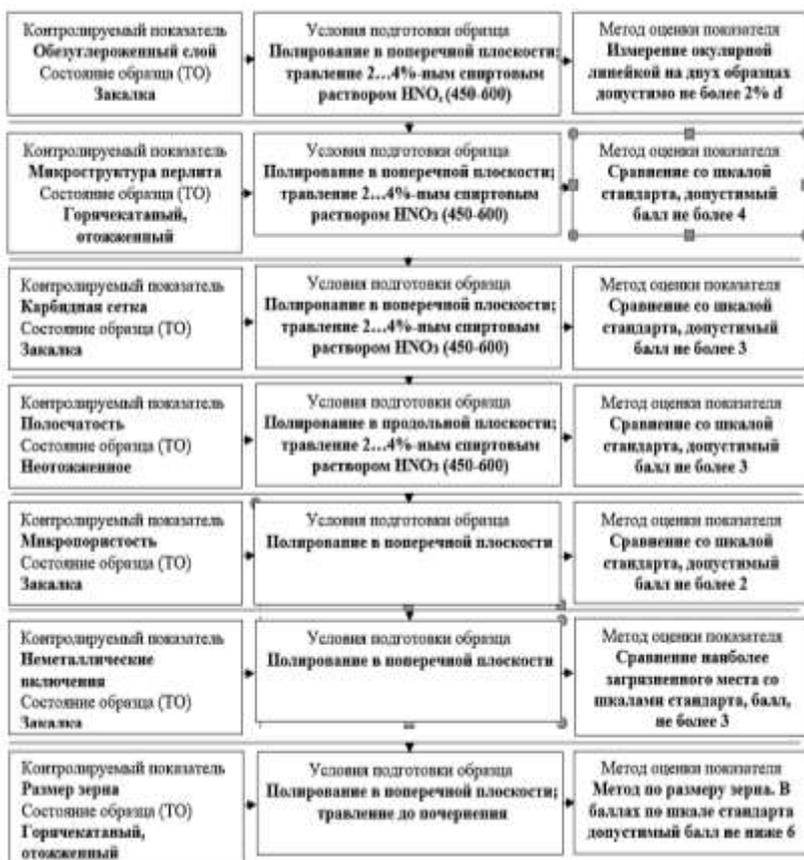
Рисунок 2. Структура испытаний, осуществляемых при контроле качества сталей, выпускаемых на ОЭМК

Процедура контроля качества сталелитейной продукции состоит из визуального и измерительного контроля, химического анализа, механического и технологического, металлографического исследования, анализа ТО на всех основных этапах технологии производства продукции с выработкой по устранению выявленных дефектов или их снижения до приемлемого уровня.

Макроанализ сталей, проводится для определения качества металла при его предшествующей обработке для выявления существенных отклонений по структуре на этапах предварительной и упрочняющей ТО.

На основе химического анализа, например, идентифицируется стал 40Х на соответствие стандартам, по содержанию серы в пределах 0,0038...0,0047%).

Металлографические исследования позволяют оценить степень загрязненности неметаллическими включениями, иные показатели микроструктуры. Контроль характеристик стали проводится согласно ГОСТ 4543.



**Рисунок 3. Условия проведения контроля качества
конструкционных сталей**

Существует задача, связанная преодолением низкого качества сталей и сплавов (по отклонению химического состава; микро- и макродефекты; отклонения физико-химических показателей и др.) вследствие несвоевременного их выявления до и после ТО. Внедрение новых методик контроля будет способствовать росту качества продукции ОЭМК. Это, в свою очередь, приведет к гарантированному соответствию характеристик различного оборудования машиностроительной отрасли. Для этого необходимо обеспечить развитие лабораторий по анализу на ОЭМК, решающих данные проблемы в отрасли.

Список литературы:

1. Короткова Л.П., Шатъко Д.Б., Дубинкин Д.М. Контроль качества материалов (в машиностроительном производстве). - ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева». - Кемерово, 2011. - 171 с.
2. Зубченко А.С. Марочник сталей и сплавов / под ред. А.С. Зубченко. - М.: Машиностроение, 2001.- 1066 с.
3. ГОСТ 801-78. Сталь подшипниковая. Технические условия. - М.: Изд-во стандартов, 2004. - 23 с.
4. ГОСТ 14959-79. Прокат из рессорно-пружинной углеродистой и легированной стали. Технические условия. - М.: Изд-во стандартов, 2006. - 13 с.
5. ГОСТ 5632-82. Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна. - М.: Изд-во стандартов, 2003. - 25 с.
6. ГОСТ 1050-88. Прокат из сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия. - М.: Изд-во стандартов, 2010. - 20 с.
7. ГОСТ 4543-71. Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия. - М.: Изд-во стандартов, 2008. - 39 с.

1.5. РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

ОРБИТАЛЬНЫЙ УГЛОВОЙ МОМЕНТ ФОТОНОВ В СИСТЕМЕ РЕАЛИЗАЦИИ СУБВОЛНОВЫХ ЛАЗЕРНЫХ ПУЧКОВ

Кузяков Борис Алексеевич

канд. физ.-мат. наук, доцент,
Российский Технологический Университет МИРЭ,
РФ, г. Москва

Аннотация. В работе рассматриваются моды электромагнитного поля с волновым фронтом в виде спирали с оптическим вихрем в центре. Спиральные моды характеризуются целым числом m , которое называют «топологическим зарядом» оптического вихря. Приведено математическое выражение для орбитального углового момента фотона (ОАМ). Показано применение спиральной фазовой пластинки (СПФ) для формирования вихревых пучков. Анализируется схема реализации субволновых лазерных пучков с использованием СПФ. Показана высокая эффективность приводимого метода получения субволновых лазерных пучков. Приведены данные по отличию взаимодействия вихревых пучков с материалом мишени.

Ключевые слова: электромагнитные поля; волновой фронт; оптический вихрь; топологический заряд; фотон; орбитальный угловой момент; спиральная фазовая пластинка; лазерный пучок; субволновый; взаимодействие; материал мишени.

Как известно, луч света несет линейный импульс и, следовательно, он связан с угловым моментом. В физике выделяют внешний и внутренний моменты. Во втором случае, параксиальные световые лучи могут находиться в спиральном режиме. Спиральные моды электромагнитного поля характеризуются волновым фронтом, имеющим форму спирали, с оптическим вихрем в центре. Спиральные моды характеризуются целым числом m , которое часто называют «топологическим зарядом» оптического вихря. Несколько видов спиральных пучков [1, 2] с малым параметром m , приведены на рис. 1.

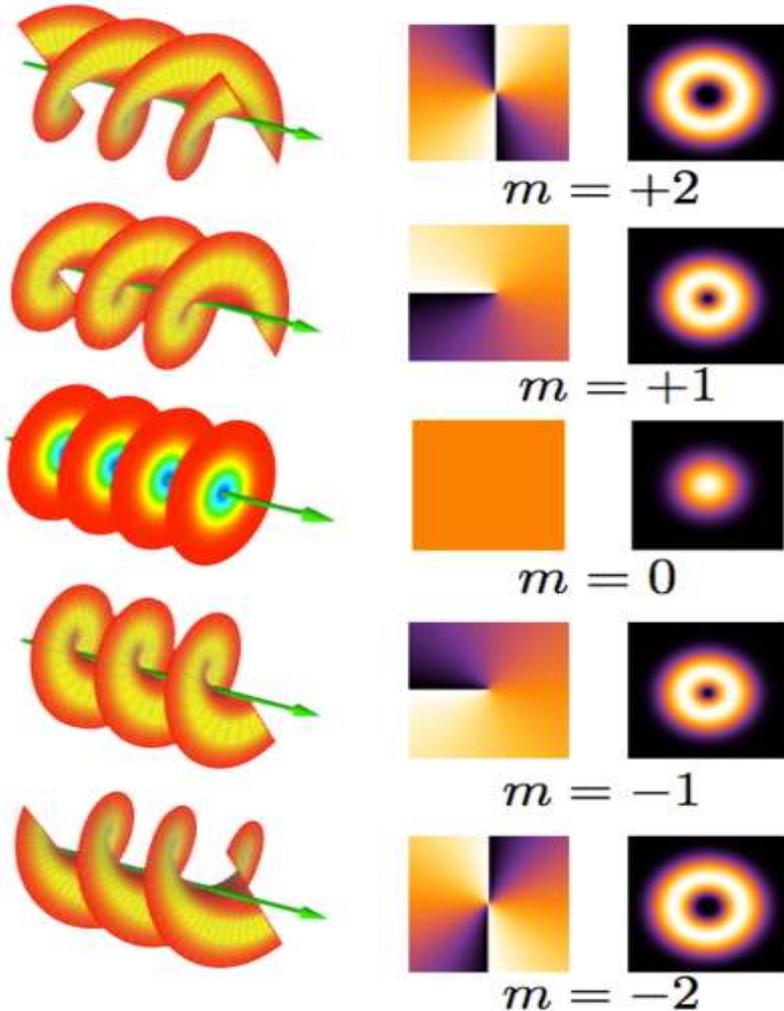


Рисунок 1. Основные виды спиральных пучков с малым параметром m

В приведенных столбцах, слева направо, показаны спиральные структуры пучка, фазовые фронты и соответствующие распределения интенсивности. На рис. 1 видно, что при параметре $m \neq 0$, в центре пучков имеется область с нулевой интенсивностью, причем волновой фронт закручивается. При $m > 0$ пучок закручивается слева направо, а при $m < 0$, наоборот, справа налево. Лучи, которые находятся в спиральном режиме,

несут ненулевой орбитальный угловой момент (ОАМ). Известно математическое выражение для орбитального углового момента света (ОАМ). Для монохроматической волны это выражение имеет следующий вид:

$$\mathbf{L} = \frac{\epsilon_0}{2i\omega} \sum_{x,y,z} \int \left(E^{2*} (\mathbf{r} \times \nabla) E^2 \right) d^3\mathbf{r} \quad (1)$$

здесь, E – напряженность электрического поля; ϵ_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума; индексы вверху обозначают декартовы координаты соответствующих векторов; остальные символы – общепринятые.

Это выражение не обращается в нуль, когда волна не является цилиндрически симметричной. В квантовой теории отдельные фотоны могут иметь разные значения ОАМ, с соответствующим m :

$$L_z = m \hbar \quad (2)$$

здесь, \hbar – постоянная Планка.

Исследованию вихревых лазерных пучков посвящено много статей. Вихревые пучки обладают круговой симметрией. Вихревые пучки обладают ОАМ, как пучки Лагерра - Гаусса. Такие пучки могут формироваться [1 -3] с помощью спиральной фазовой пластинки (СФП), вариант которой приведен на рис. 2. На нем видно, что на плоской подложке, с размерами $\sim 2 \times 3$ мм, сформирован весьма сложный рельеф, максимальная высота которого не превышает 2,5 мкм. Вертикальный профиль пластинки содержит 3 разных ступеньки, высота одной из них плавно изменяется от максимума вплоть до самой подложки. Применение СФП позволяет эффективно преобразовывать обычный лазерный пучок, с поперечным распределением по Гауссу, в вихревой пучок.

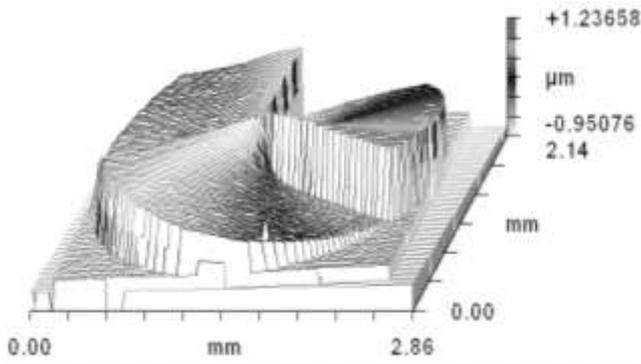


Рисунок 2. Вариант выполнения спиральной фазовой пластинки

После прохождения спиральной фазовой пластинки лазерное излучение приобретает характерный вид полого в середине пучка, в виде «пончика» (doughnut), приведенного на рис. 3.

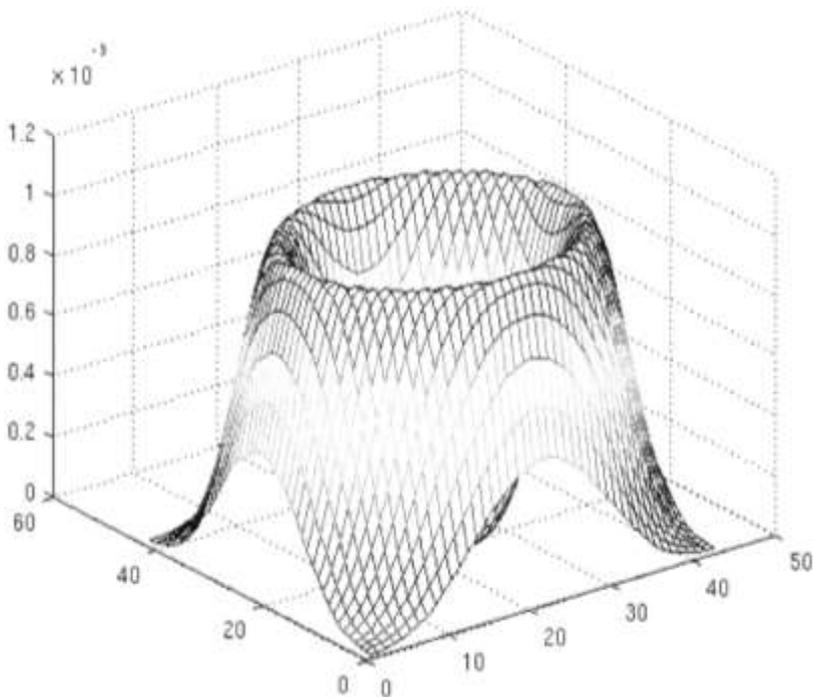


Рисунок 3. Вид вихревого пучка после прохождения СФП

В одном из методов реализации субволнового пучка применяется комбинирование двух лазерных пучков, схема которого приведена на рис. 4.

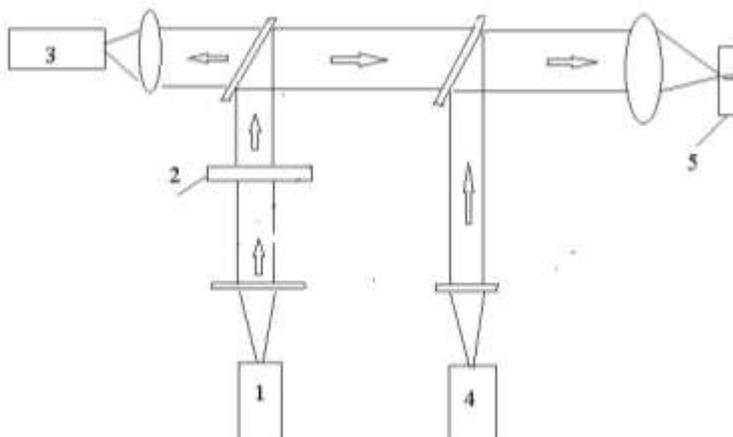


Рисунок 4. Комбинация двух лазерных пучков: 1 - модуль системы STED (Stimulated Emission Depletion) на базе фемтосекундного титан-сапфирового лазера, 2 - фазовый модулятор, 3 - детектор, 4 - модуль возбуждения на основе мощного лазера ~ 530 нм, 5- объект обработки; стрелки указывают направление распространения основных излучений

Элементы без номеров, на рис. 4 - обычные оптические элементы: плоскопараллельные пластинки, фокусирующие линзы и т.п. В модуль 4, наряду с лазером, входит спиральная фазовая (СФП) пластинка. Нужно заметить, что в настоящее время, интенсивно проводятся работы по модернизации используемого в этой схеме титан-сапфирового лазера фемтосекундного диапазона. Реализация субволнового пучка [1, 4] на объекте-мишени, по схеме рис. 4, приведена на рис. 5.



Рисунок 5. Реализация субволнового пучка на мишени, по представленной схеме: слева – исходный пучок с заливкой, в середине – вихревой пучок с параметром $m \neq 0$, справа, в центре, кружок с заливкой малого диаметра – сфокусированный субволновой пучок

На этом рисунке видно, что площадь сфокусированного субволнового лазерного пучка (справа, центральное пятно) в 20 раз меньше чем у исходного пучка (слева). Если поперечные размеры исходного пучка составляют $\sim (3 - 5) \lambda$ (λ – длина волны лазерного излучения), то сфокусированный на мишени пучок будет иметь субволновые размеры. Это подтверждает высокую эффективность метода комбинации двух пучков по схеме, показанной на рис. 4 [1, 5 - 6].

Таким образом, рассмотрена эффективная методика реализации субволнового лазерного пучка с использованием ОАМ фотонов.

Необходимо заметить, что структура сфокусированного субволнового пучка в поперечном сечении на рис. 5 (справа), существенно отличается от структуры обычного лазерного пучка. Взаимодействие фотона с атомом описывается так называемыми правилами отбора, которые определяют разрешенные переходы между энергетическими уровнями. При взаимодействии атомов с вихревым пучком, правила отбора намного сложнее и их продолжают исследовать. Так в работе [7] измерена вероятность поглощения фотона отдельным атомом в зависимости от положения атома внутри пучка света и его степени закрученности и поляризации. Ученые реализовали эксперимент по взаимодействию фотонов закрученного света с отдельными атомами. Полученные результаты соответствовали теоретическим оценкам с точностью 3 %. Лучшее понимание взаимодействия закрученного света с веществом мишени помогает в разработке новых способов передачи квантовой информации, включая передачу на большие расстояния [8].

Кроме этого, применение вихревых пучков весьма перспективно в области разработки и создания квантового компьютера. Физики из научно-технического университета Китая поставили новый рекорд квантовой запутанности, одновременно задействовав три степени свободы – траекторию, поляризацию и угловой орбитальный момент шести фотонов. Их сочетание дало стабильное 18-кубитное состояние [9]. Квантовая запутанность – это феномен, при котором две и более субатомных частиц, или квантовых битов (кубитов) могут воздействовать друг на друга одновременно, вне зависимости от разделяющего их пространства. Полный контроль над запутанными состояниями обуславливает фундаментальную способность обработки и использования квантовой информации.

Приведенные данные доказывают высокую актуальность применения свойств углового орбитального момента фотонов в самых передовых областях квантовой оптики и оптоэлектроники.

Список литературы:

1. Масалов А.В. Спиральные световые пучки и угловой момент излучения. // Сборник статей «12 Международные чтения по квантовой оптике (IWQO-2015)». г. Троицк.- 2015. - 11-16.Август.- с. 33.
2. Gibson G., Courtial J., Padgett M. et al. Free-space information transfer using light beams carrying orbital angular momentum // Optics Express. - 2004. - v. 12. - Is. 22. - p. 5448 – 5456.
3. Кузяков Б.А. Методы эффективной реализации лазерного субволнового пучка // Сборник научных статей по материалам V - Международной научно-практической конференции «Научные исследования в современном мире: опыт, проблемы и перспективы развития». Часть 1. - г. Уфа.- 2021.- с. 98-103.
4. Кузяков Б.А. Высокоэффективные методы реализации сфокусированного субволнового лазерного пучка. Всероссийская конференция по волоконной оптике – ВКВО-2021. Секция «Нанофотоника 2». - 6 окт. - 2021. - г. Пермь // Тезисы, Научно-технический журнал «Фотон-Экспресс». - № 6 (174). - окт. (спецвыпуск). - 2021. - с. 303 – 304.
5. Кузяков Б.А., Мораренко В.В., Шмелев В.А. Современные методы реализации и селекции орбитальных угловых моментов фотонов в оптических комбинированных линиях связи // Труды IV-й Международн. конфер. по фотонике и информационной оптике. М.: НИЯУ МИФИ. – 2014. - с. 24 – 25.
6. Кузяков Б.А. Перспективы использования квадрокоптеров для ретрансляции информационных сигналов оптического диапазона // НПК X Конгресса российской технологической платформы «Инновационные лазерные, оптические и оптоэлектронные технологии – фотоника». «Лазер – Информ». - № 9 (720) - май 2022. - с. 17.
7. Afanasev A., Solyanik M., Carlson C.E. and others. Experimental verification of position-dependent angular-momentum selection rules for absorption of twisted light by a bound electron // New Journal of Physics. – 2018. - v. 20. - No. 2. - p. 023032 – 023058.
8. Ученые впервые осуществили передачу информации на большое расстояние при помощи «закрученного» света // Лазер-Информ. - 2014. - V. - № 22 (541). - ноябрь. - с. 12. [9] China Global Television Network. - 05.02.2021. - CGTN.com.

1.6. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

РИСКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Евсеева Ольга Вячеславна

аспирант,

*Сибирский государственный университет путей сообщения,
РФ, г. Новосибирск*

RISKS OF DEFECTS IN THE PRODUCTION OF REINFORCED CONCRETE PRODUCTS

Olga Evseeva

Graduate student,

*Siberian Transport University,
Russia, Novosibirsk*

Аннотация. В данной статье рассмотрены риски возникновения дефектов при производстве железобетонных изделий. Классифицированы дефекты сборных железобетонных конструкций на стадиях производства и эксплуатации, рассмотрены причины их появления.

Abstract. This article discusses the risks of defects in the production of reinforced concrete products. Defects of prefabricated reinforced concrete structures at the stages of production and operation are classified, the reasons for their occurrence are considered.

Ключевые слова: возникновение дефектов; дефекты железобетонных изделий; производство железобетонных изделий.

Keywords: occurrence of defects; defects of reinforced concrete products; production of reinforced concrete products.

Ключевыми характеристиками железобетонных изделий являются прочность и продолжительность эксплуатационного срока. Железобетонные конструкции должны соответствовать требованиям нормативной документации. Нарушение технологий их производства,

монтажа, а также несоблюдение запланированных условий эксплуатации приводит к появлению дефектов бетонных и железобетонных изделий и конструкций. Они могут стать причиной сокращения срока эксплуатации и возникновения аварийных ситуаций.

Случайный характер технологических процессов обуславливает риск непроизводственных затрат от возникновения дефектов при изготовлении ЖБК и развития их последствий на начальной стадии эксплуатации конструкций в составе ИССО. Нередки случаи, когда на бетонных заводах риск таких затрат не учитывается и не сопоставляется с качеством производства, а сумма фактических непроизводственных затрат включается в себестоимость произведенной продукции для обеспечения планируемого уровня рентабельности.

Рассмотрим дефекты железобетонных изделий на стадиях производства и эксплуатации.

Свойства конструкций формируются в ходе технологических процессов (ТП), управляемых через регулирование в необходимых пределах значений контролируемых показателей (КП). В случае если значение КП выходят за нормативные рамки, то это явление рассматривается как дефект ТП, увеличивающий вероятность получить готовую конструкцию с несоответствующими параметрами. Таким образом, случай выхода значения контролируемого показателя (КП) X за пределы поля допуска $[X_1, X_2]$ будет рассматриваться как дефект ТП.

Для описания сценария возникновения дефектов и развития их последствий рассмотрим их классификацию. Для этого будет достаточно критериев, установленных в стандарте: по способу выявления (явные и скрытые), по возможности устранения (устранимые и неустранимые), по степени влияния (критический, значительный, малозначительный). Все рассматриваемые виды дефектов будут явными, т.к. для их выявления в нормативной документации предусмотрены соответствующие правила, методы и средства. Изделие (ОК), имеющее хотя бы один дефект считается дефектным [5]. Под браком будем понимать готовые ЖБК, передача которых недопустима потребителю из-за наличия дефектов [5]. Кроме того, производственные отношения между смежными ТП также следует рассматривать по принципу поставщик–потребитель, где некий полуфабрикат (ОК), являющийся выходом из одного ТП, одновременно является входом в следующий ТП. В этом случае ОК также считаем браком, если его передача на следующий ТП не допустима из-за наличия дефектов.

Далее систематизируем дефекты сборных железобетонных конструкций и причины их появления на стадиях производства и эксплуатации.

Влияние основных дефектов стадии производства по каждому ТП на конечные свойства готовых ЖБК и показатели их надежности (безотказность, долговечность) представим в виде схемы на рисунке 1. Наиболее распространенные виды дефектов и их причины образования на стадии эксплуатации в общем виде представим на рисунке 2.

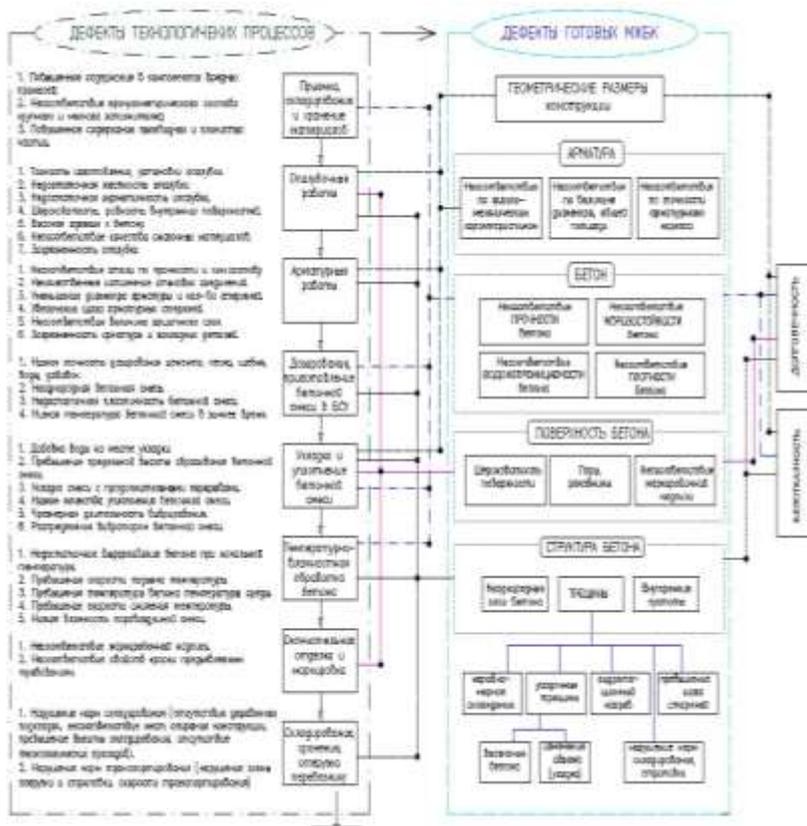


Рисунок 1. Дефекты стадии производства сборных железобетонных конструкций

Вероятность возникновения любого из дефектов в сочетании с затратами на их устранение, а также ликвидацию причин и последствий, образуют риск возникновения дефектов.

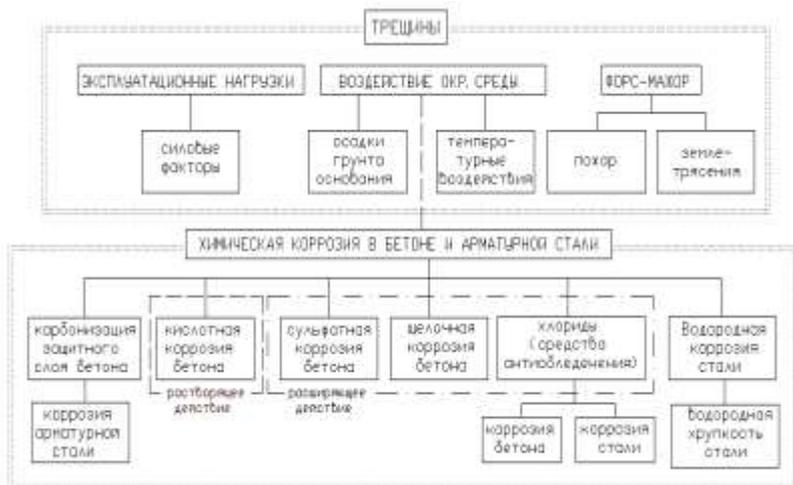


Рисунок 2. Дефекты стадии эксплуатации железобетонных конструкций

Термин «риск» стандартами [3] определяется как «сочетание вероятности события и его последствий». Событие, при котором происходит переход системы из работоспособного состояния в неработоспособное [1], становится невозможным, выполнение заданных функций по назначению определяется как отказ производственной системы. Различают четыре вида неработоспособных состояний систем:

- по причине технического отказа средств производства;
- по производительности;
- по превышению производственных затрат;
- по несоответствующим параметрам продукции.

Для оценки рисков возникновения дефектов из названных видов отказа в рамках исследования ограничимся рассмотрением только двух последних.

Последствия отказа характеризуются величиной ущерба, выраженного в финансовых затратах. Существуют несколько различных подходов к определению состава и классификации затрат на обеспечение качества в условиях производства продукции. В отечественной практике первая попытка выполнить классификацию была предпринята в 1979 г. Из-за рубежной практики известны американский (А. Фейгенбаум) и японский (Дж. Джуран) подходы к классификации затрат. Различия между перечисленными подходами заключается в терминологии образовании групп

затрат, однако, остается неизменной основная суть. Все затраты на обеспечение качества подразделяются на две группы:

а) Затраты «на несоответствие» состоят из затрат на предотвращение отказов (повышение квалификации персонала, модернизация объектов инфраструктуры) и затрат на оценку качества (контроль и испытания, сертификация условий производства и продукции). Затраты на соответствие возможно подсчитать только на основе проведения конкретных мероприятий на бетонном заводе, учитывая его мощность, организационную структуру, уровень технической оснащенности и т.п. В связи с тем, что границы исследования не привязывается к конкретному бетонному заводу, то эта группа не рассматривается.

б) Затраты «на несоответствие» образуются затратами на ликвидацию последствий отказов. Затраты на несоответствие возможно с достаточной степенью точности оценить проанализировав последствия реализации возможных дефектов при изготовлении определенных конструкций.

Опираясь уже введенными понятиями и принятыми ограничениями, определим риск возникновения дефектов как сочетание вероятности их появления при производстве ЖБК и/или в начальный период эксплуатации сооружения и сопутствующих затрат «на несоответствие».

Уровень приемлемости риска в большей степени определяется финансовыми возможностями производителя. Однако, риск затрат от возникновения дефектов (непроизводственных затрат) можно считать приемлемым при условии его непревышения трех процентов от стоимости одной единицы конструкции.

Список литературы:

1. Абрамов Д.С., Лерман В.Д. Производственный контроль качества железобетонных изделий: учебное пособие для вузов/ Д.С. Абрамов – Л.: Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 2015. 160 с.
2. Байков В.Н. Железобетонные конструкции. Общий курс. Учебник для вузов / В.Н. Байков, Э.Е. Сигалов. – 6 изд., доп. и перераб. – М.: ООО «БАСТЕТ», 2009. 768 с.
3. Байбурин А.Х., Головнев С.Г. Качество и безопасность строительных технологий. Челябинск: ЮУрГУ, 2006. 453 с.
4. Гвоздев А.А. Новое о прочности железобетона / А.А. Гвоздев, С.А. Дмитриев, С.М. Крылов и др.. Под ред. К.В. Михайлова. М.: Стройиздат, 1977. 272 с.
5. Гроздов В.Т. Дефекты строительных конструкций и их последствия / В.Т. Гроздов. СПб., 2005. 137 с.

6. Гроздов В.Т. Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений / В.Т. Гроздов. СПб.: Издательский Дом KN+, 2001. 140 с.
7. Добромислов А.Н. Оценка и надежность зданий и сооружений по внешним признакам. Справочное пособие / А.Н. Добромислов. М.: Издательство АСВ, 2004. 72 с.
8. Землянский А.А. Обследование и испытание зданий и сооружений: Учебное пособие / А.А. Землянский М.: Изд-во АСВ, 2004. 240 с.
9. Иосилевский Л.И. Практические методы управления надежностью железобетонных мостов. учебное пособие/ Л.И. Иосилевский – М.: Науч.-изд. центр. «Инженер», 2015. – 295 с.
10. Иосилевский Л.И. Надежность – главный показатель потребительских свойств строительной конструкции: учебное пособие/ Л.И. Иосилевский, П.В. Леонов. – Транспортно строительство, 2003, № 12, – С. 13-15.

1.7. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

КАМЧАТСКИЙ КРАБ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Чуб Вадим Сергеевич

*магистрант,
Мурманский государственный технический университет –
ФГАОУ ВО МГТУ,
РФ, г. Мурманск*

Голубева Ольга Алексеевна

*канд. техн. наук, доцент,
Мурманский государственный технический университет –
ФГАОУ ВО МГТУ,
РФ, г. Мурманск*

КАМCHATKA CRAB OF THE BARENTS SEA

Vadim Chub

*Master 's student
Murmansk State Technical University,
Russia, Murmansk*

Olga Golubeva

*Candidate of Technical Sciences, docent,
Murmansk State Technical University,
Russia, Murmansk*

Аннотация. На фоне столь не радужного состояния мирового рыболовства уникальным случаем выглядит становление в начале XX века нового вида промысла в российских водах Баренцева моря – промысла Камчатского краба. Особый интерес этой ситуации придают скромность событий, разворачивающихся практически на протяжении жизни одного человеческого поколения, высокая ценность ресурсов, а также большой масштаб нового промысла. В ходе написания статьи проанализированы теоретические аспекты изучаемого вопроса, ценность

мяса Камчатского краба, запасы Баренцева бассейна, а также способы замораживания крабовых конечностей.

Abstract. Against the background of such a not rosy state of world fishing, the formation of a new type of fishing in the Russian waters of the Barents Sea – the Kamchatka crab fishery at the beginning of the twentieth century looks like a unique case. Of particular interest to this situation is the speed of events unfolding almost throughout the life of one human generation, the high value of resources, as well as the large scale of the new fishery. In the course of writing the article, the theoretical aspects of the issue under study, the value of Kamchatka crab meat, the reserves of the Barents Basin, as well as methods of freezing crab limbs are analyzed.

Ключевые слова: Камчатский краб Баренцева моря; ценность мяса; запасы; замораживание; промысел.

Keywords: Kamchatka crab of the Barents Sea; the value of meat; stocks; freezing, fishing.

Камчатский краб (*Paralithodes camtschaticus*) – ценный промысловый объект, широко распространенный в дальневосточных морях. Его вселение в Баренцево море было одним из проектов рыбохозяйственной отрасли 1930-1960-х гг. по интродукции ценных промысловых видов во внутренние водоемы и моря России [2].

В 1960-1970-х гг. в Баренцево море было выпущено около 15 тыс. экз. молоди и взрослых крабов. Вселенный вид успешно акклиматизировался и к настоящему моменту образовал самовоспроизводящуюся популяцию на акватории от Лофотенских островов на западе до архипелага Новая Земля на востоке.

С увеличением общей численности краба в Баренцевом море происходило постепенное расширение его ареала и увеличение плотности популяции на отдельных акваториях. В 1994-1996 гг. наиболее плотные скопления отмечались в узкой прибрежной полосе Западного и Восточного Мурмана. С 1997 г. взрослые крабы стали регулярно встречаться в восточных районах побережья Мурмана, а с 1998 г. на этих акваториях впервые были отмечены высокие концентрации молоди.

В 2002-2003 гг. наблюдалось дальнейшее расширение ареала камчатского краба в северо-восточном направлении, а также увеличение плотности распределения в традиционных районах его обитания. В 2004 г. крабы крупных размеров были впервые отмечены в районе Канинской банки на глубоководных участках с глубинами 160-210 м.

В 2004-2008 гг. в районах Западного и Восточного Мурмана отмечалось постепенное снижение плотности крупных самцов. В 2004 г. благодаря значительному увеличению численности популяции россий-

ский флот начал коммерческую эксплуатацию запаса. До этого времени камчатский краб, в соответствии с правилами рыболовства, являясь акклиматизированным видом, мог изыматься только при проведении научно-исследовательских работ [2].

По результатам моделирования динамики биомассы промыслового запаса, последние шесть лет он стабилен и варьирует в пределах 170-220 тыс. т. В последние три года отмечается незначительная тенденция к росту запаса от 176 тыс. т в 2017 г. до 196 тыс. т в 2019 г. [4, с. 6]

Наблюдаемое в последние десятилетия повышение температуры баренцевоморских вод благоприятно сказалось на запасах камчатского краба и привело к смещению его промысловых скоплений в восточные районы Баренцева моря. Результаты исследований 2020-2021 г. свидетельствуют о высокой численности этого вида, в связи с чем рекомендовано увеличить ОДУ краба камчатского в Баренцевом море на 0,875 тыс. тонн – с 10,940 тыс. тонн до 11,815 тыс. тонн.

Следует сделать вывод о том, что величина промыслового запаса камчатского краба в Баренцевом море на акватории его добычи в настоящее время находится на высоком уровне. Наблюдаются положительные тенденции в трендах показателей состояния запаса на акватории промысла по модели истощения Лесли и траловой съемки.

Крабовое мясо действительно очень мягкое, нежное и считается деликатесом. В мясе членистоногого содержится высокая концентрация полезных активных веществ, которые делают организм здоровее, а самого человека счастливее. Содержание незаменимых кислот в крабе в несколько раз превышает аналогичный показатель в рыбе и других морепродуктах. Это: 80 % влаги, 1,4 % липидов, 19 % белка, 2 % золы, 2 % гликогена [3].

Крабы – рекордсмены по содержанию Натрия (Na).

Крабовое мясо считается диетическим продуктом. Нутрициологи советуют включать его в рацион худеющим и тем, кто следит за своей фигурой. Но не следует забывать о дозировке: приемы пищи, состоящие из морепродуктов, не должны появляться в меню более трёх раз в неделю.

За счет витаминного (таурин, токоферол, аскорбиновая кислота) и нутриентного (полиненасыщенные жирные кислоты, йод, цинк, кальций) состава продукт полезен при малокровии, ухудшении работы органов зрения и сердечно-сосудистых патологиях.

Чем еще полезно мясо краба:

- укрепляет сердечную мышцу;
- снижает уровень холестерина в крови и удерживает его перманентный показатель;
- защищает организм от патологий сердца и сосудов (выполняет роль своеобразной профилактики);

- нормализует уровень гормонов щитовидной железы и улучшает функциональность эндокринной системы;
- способствует росту производительности органов зрения, борется с проблемой сухости глаз;
- улучшает пищеварительную систему, «разгоняет» метаболизм и способствует лучшей усвояемости пищевых продуктов;
- борется с сильными психоэмоциональными перенапряжениями, защищает нервную систему от депрессивных состояний и тревожности;
- поднимает настроение и дает ощущение умиротворения;
- предотвращает преждевременное старение всех систем организма и кожного покрова;
- выполняет роль афродизиака и повышает либидо у обоих партнеров.

Пищевая ценность (из расчета на 100 грамм сырого камчатского краба) представлена в таблице 1 [3].

Таблица 1.

**Пищевая ценность
(из расчета на 100 грамм сырого камчатского краба)**

Калорийность	96 кКал
Белки	18,2 г
Жиры	1 г
Углеводы	0 г
Пищевые волокна	0 г
Вода	78,9 г
Зола	1,9 г

Витаминный состав (в миллиграммах из расчета на 100 грамм сырого камчатского краба) представлен в таблице 2.

Таблица 2.

**Витаминный состав (в миллиграммах из расчета
на 100 грамм сырого камчатского краба)**

Ретинол (А)	0,03
Тиамин (В1)	0,05
Рибофлавин (В2)	0,08
Ниацин (В3)	2,5
Пантотеновая кислота (В5)	0,6
Пиридоксин (В6)	0,35

Фолиевая кислота (B9)	0,02
Кобаламин (B12)	0,001
Аскорбиновая кислота (C)	1
Токоферол (E)	1,5
Никотиновая кислота (PP)	3

Баланс микро- и макроэлементов (в миллиграммах из расчета на 100 грамм сырого камчатского краба) показан в таблице 3 [3].

Таблица 3.

Баланс микро- и макроэлементов (в миллиграммах из расчета на 100 грамм сырого камчатского краба)

Калий (K)	310
Кальций (Ca)	100
Магний (Mg)	50
Натрий (Na)	250
Сера (S)	182
Фосфор (P)	260
Железо (Fe)	4,3

Тем не менее в мясе членистоногого может скрываться серьезная опасность. В чем она заключается? По природе своей трофической цепи крабам приходится довольствоваться падалью. Трупы других животных не всегда полезны и питательны, поэтому после неудачного приема пищи членистоное может быть заражено различными инфекциями, микробами и микроорганизмами. Зараженный краб вполне может оказаться «на тарелке», если не пройдет проверку на соответствие знаку качества. Некачественное мясо может стать причиной тяжелого токсического отравления, потери слуха, зрения, нарушений функциональности центральной/периферической нервной системы.

Замораживание конечностей крабов на промысле традиционно осуществляется двумя способами – воздушным и рассольным [6, с. 13].

Современные воздушные морозильные установки обеспечивают равномерное охлаждение воздуха и выравнивание потерь влаги в продукте, они технологичны в условиях промысла, отвечают требованиям безопасности и оптимально энергозатратны. Однако в случае воздушного замораживания крабовых конечностей равномерное воздействие охлаждаемой среды сложно обеспечить за счёт частично закрытого панцирем мяса и частично открытого – в «розочке». Наряду с воздушным,

на крабовых судах используется рассольное замораживание. Вместе с тем условия теплообмена в циркулирующем тузлуке лучше, чем в воздухе.

Таким образом, как при воздушном, так и при рассольном замораживании крабовых конечностей имеются свои положительные и свои отрицательные стороны.

Крабовый промысел ориентирован на рынок как внутренний, так и зарубежный, соответственно, сложившиеся традиции потребителей предопределяют использование технологий замораживания. Так, на восточном рынке в большей мере востребовано необработанное сырьё, в крайнем случае, продукция должна быть воздушного замораживания [6, с. 14].

Продукция рассольного замораживания ориентирована на американский рынок. Поскольку замороженный камчатский краб Баренцева моря в начале 2000-х гг. также в основном направлялся на американский рынок, это предопределило использование рассольного замораживания. В настоящее время данная продукция в большей мере поступает европейским потребителям.

В рыбной отрасли нормы выхода продуктов переработки крабов используются в качестве мер регулирования промысла для верификации величины фактических уловов, поэтому важным является установление влияния способов замораживания на конечный выход продукции.

Таким образом, Камчатский краб, вселенный в Баренцево море в 1960-х гг. сформировал новую популяцию, промышленная эксплуатация которой ведется с 2004 г. Чужеродный статус и промысловая ценность обусловили интерес к биологии и экологии вида-вселенца. С 2000-х годов ученые Мурманского морского биологического института ведут исследования камчатского краба, которые позволяют оценить его роль в местных донных сообществах [1, с. 134].

В территориальном море и внутренних морских водах России камчатский краб распространен к востоку от границы с Норвегией до 45°30'в.д. Современной южной границей распространения камчатского краба по канинскому берегу Воронки Белого моря является 68°01'с.ш., по мурманскому берегу – 67°40'с.ш. На распространение краба в пределах территориального моря России решающее влияние оказывает придонная температура и гидрологический режим вод на акватории расселения.

Наблюдаемая тенденция к увеличению преобладающей ширины карапакса камчатского краба в прибрежье Баренцева моря может указывать на снижение пресса нелегального промысла.

Прибрежные районы Мурмана и п-ова Канин в пределах территориальных вод России являются местом размножения камчатского краба,

а также участком развития его молоди. Данное обстоятельство следует учитывать при управлении запасом этого ценного вида биоресурсов в Баренцевом море [5, с. 189].

Также важно отметить, что рыночная стоимость мяса краба примерно на порядок превышает стоимость трески.

Полученные сведения имеют прикладное и теоретическое значение для рыбопромысловой науки. За последние несколько лет получены новые данные, касающиеся популяционной динамики, симбиотических взаимоотношений, питания и размножения краба в прибрежье Баренцева моря.

Список литературы:

1. Дворецкий А.Г. Камчатский краб в прибрежье Баренцева моря: обзор исследований ММБИ // Труды Кольского научного центра РАН. – 2020. – №11. – С. 134-149.
2. Динамика вылова камчатского краба [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://barenzevo.arktikfish.com/index.php/ekosistema-barentseva-morya-i-rybolovstvo/164-dinamika-vylova-kamchatskogo-kraba> (дата обращения: 24.05.22).
3. Краб [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://foodandhealth.ru/moreprodukty/krab/#poleznye-svoystva> (дата обращения: 24.05.22).
4. Материалы общего допустимого улова в районе добычи (вылова) водных биологических ресурсов во внутренних морских водах Российской Федерации, в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации, в исключительной экономической зоне Российской Федерации и Каспийском море на 2021 год (с оценкой воздействия на окружающую среду). Часть 3. Беспозвоночные животные и водоросли. Часть 4. Морские млекопитающие. Северный рыбохозяйственный бассейн. – ФГБНУ «ВНИРО». – 43 с.
5. Стесько А.В. Распределение и состояние запаса камчатского краба в территориальных водах России в Баренцевом море // Вопросы рыболовства. – 2015. – Т. 16, №2. – С. 175-192.
6. Харенко Е.Н. Анализ норм выхода продуктов переработки крабов при рассольном и воздушном замораживании // Водные биологические ресурсы. – 2016. – Т. 159. – С. 13-22.

1.8. ТРАНСПОРТ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕМПФИРОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ ЖИДКОСТЕЙ В ПРИЦЕПАХ-ЦИСТЕРНАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Кошля Геннадий Иванович

*ст. преподаватель,
Белорусский государственный аграрно-технический университет,
Республика Беларусь, г. Минск*

Гегедеш Марина Григорьевна

*канд. техн. наук, доцент,
Белорусский государственный университет транспорта,
Республика Беларусь, г. Гомель*

COMPUTER MODELING APPLICATION FOR THE ESTIMATION OF LIQUID OSCILLATIONS DAMPING EFFECTIVENESS IN TANK TRAILERS OF AGRICULTURAL VEHICLES

Koshlya Hennadz

*Senior Lecturer,
Belarusian State Agrarian Technical University,
Belarus, Minsk*

Maryna Gegedesh

*Cand. Tech. Sciences, Associate Professor,
Belarusian State University of Transport,
Belarus, Gomel*

Аннотация. В работе представлены результаты численного решения системы дифференциальных уравнений движения жидкого груза в прицепе-цистерне для сельскохозяйственных работ в ANSYS CFX,

позволяющие определить влияние установки системы внутренних перегородок на параметры колебания жидкости при различных уровнях ее заполнения для случая экстренного торможения транспортного средства.

Abstract. The paper demonstrates results of numerical solution of a system of differential equations for the movement of a liquid cargo in an agricultural tank trailer in ANSYS CFX, allowing to determine the effect of installing an internal baffle system on the parameters of liquid oscillations at various levels of tank filling for the case of vehicle emergency braking.

Ключевые слова: демпфирование колебаний жидкости; компьютерное моделирование; конечноэлементная модель.

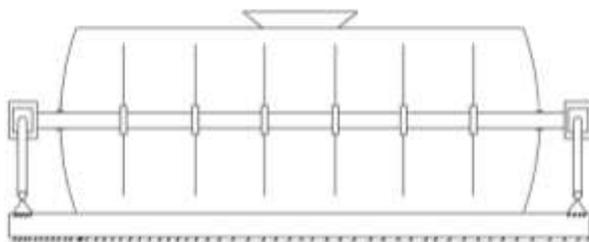
Keywords: liquid oscillations damping; computer simulation; finite element model.

Различные жидкости составляют значительную долю грузов, транспортируемых в цистернах. Несмотря на использование при производстве автоцистерн и прицепов-цистерн современных материалов и технологий, они по-прежнему оказываются участниками дорожно-транспортных происшествий, вызванные, среди прочих причин, недостаточной управляемостью и устойчивостью транспортного средства при переходных режимах движения транспортных средств. Значительная часть автоцистерн и прицепов-цистерн производится для нужд сельского хозяйства. Уровень заполнения таких цистерн варьируется и зависит от вида перевозимой жидкости и особенностей рабочего процесса агрегата.

Для уменьшения влияния инерционных нагрузок от колеблющейся внутри цистерны жидкости на динамику транспортного средства используются сплошные и проницаемые перегородки различных типов, например, как описано в [1–4]. Причем, эффективность применения каждого демпфирующего устройства необходимо исследовать для каждого конкретного случая. В Белорусском государственном аграрно-техническом университете несколько лет разрабатываются конструкции перегородок, которые позволили бы максимально снизить влияние инерционных сил, действующих со стороны транспортируемой жидкости на резервуар и шасси автомобиля. На базе созданного варианта [8] разрабатывается его более усовершенствованная версия, схема которой представлена на рисунке 1.



а)



б)

**Рисунок 1. Транспортное средство с прицепом-цистерной (а)
и предлагаемая система перегородок (б)**

Таким образом, цель представленной работы – оценка эффективности демпфирования колебаний жидких грузов предлагаемой системой перегородок, устанавливаемой в резервуар прицепа-цистерны, при переходных режимах движения транспортного средства на основе компьютерного моделирования.

Для полного учета явлений, происходящих при трогании с места и торможении автоцистерны, необходимо использовать модель жидкости как сплошной среды. В работе решаются задачи, при которых давления жидких грузов не достигают значительных величин, поэтому при всех расчетах колебаний жидкостей их можно считать несжимаемыми.

Общие соотношения, которые характеризуют перетекание жидкостей в резервуарах цистерн и справедливы как для ньютоновских, так и для неньютоновских жидкостей, включают динамические уравнения, отнесенные к единице массы, а также уравнения сохранения массы и энергии. Они имеют следующий вид [5, 7]:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = F_x + \frac{1}{\rho} \left(-\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \right); \\
 \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = F_y + \frac{1}{\rho} \left(-\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} \right); \\
 \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = F_z + \frac{1}{\rho} \left(-\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} \right); \\
 \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0; \\
 \rho C_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} \right) = \frac{\partial Q}{\partial t} + k_T \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \Phi_d,
 \end{array} \right. \quad (1)$$

где u, v, w – проекции вектора скорости частицы жидкости на оси x, y, z соответственно, м/с²;

F_x, F_y, F_z – проекции внешних объемных (массовых) сил, Н/м³;

ρ – плотность жидкости, кг/м³;

p – изотропное напряжение (давление), Па;

τ_{ij} – компоненты тензора напряжений, Па.

C_p – удельная теплоемкость жидкого груза при постоянном давлении, Дж/(кг·К);

T – температура жидкости, К;

$\frac{\partial Q}{\partial t}$ – удельная скорость тепловыделения внешних источников,

Дж/(кг·с);

k_T – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);

Φ_d – часть механической энергии, переходящая в тепловую за единицу времени, отнесенная к единице массы, Дж/(кг·с):

$$\Phi_d = \mu \left[2 \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 \right], \quad (2)$$

μ – коэффициент динамической вязкости, Па·с.

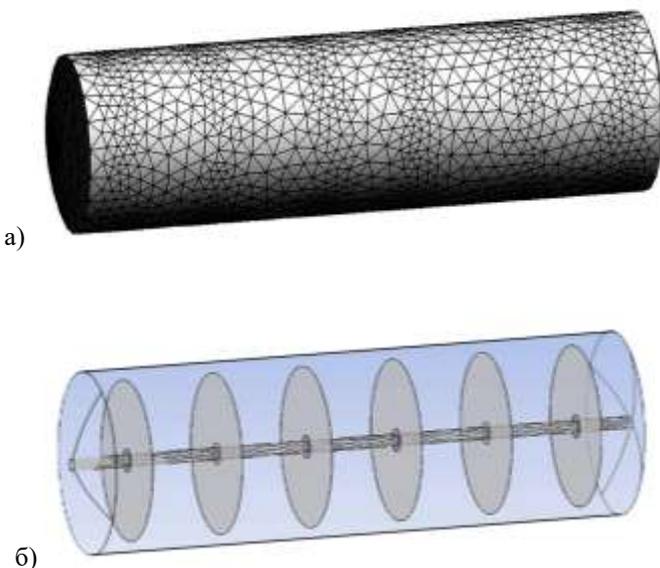
Для определения параметров движения жидкости, имеющей постоянную вязкость, достаточно решить систему первых четырех уравнений системы (1). При этом температурное поле может быть рассчитано из пятого уравнения системы на основании уже полученного поля скоростей.

Особенность расчетной схемы цистерны с жидкостью заключается в наличии поверхности раздела между жидкостью и воздухом. В таком случае непрерывные решения определяются в прилегающих к этой поверхности областях. Граничные условия на границе раздела воздуха и жидкого груза включают в себя условия для скоростей и напряжений. Граничное условие для скоростей предполагает, что частицы первой жидкости не перемешиваются с частицами второй.

Аналитическое решение уравнений (1) для задач о перетекании жидкости при произвольных начальных и граничных условиях до настоящего времени не получено, поэтому для их анализа используют численные методы. Программные продукты компании ANSYS позволяют решать как отдельные задачи гидродинамики, так и комплексные связанные задачи, включающие анализ жидкостей и твердых тел. В качестве инструмента для решения уравнений (а) использован программный комплекс ANSYS CFX.

Выполнен расчет перетекания жидкости в резервуаре с длиной 1,445 м и высотой 0,4 м на основе трехмерных моделей. Размеры резервуара соответствуют техническим характеристикам агрегата для перевозки воды АПВ-3, максимальная транспортная скорость которого составляет 15 км/час [6]. Расчетная схема представлена на рисунке 2. При разбиении модели на конечные элементы в области поперечной перегородки была введена более детальная сетка конечных элементов. Шаг по времени при решении задач о перетекании жидких грузов составил 0,001 с; общее время моделирования – 2 с.

Материал, принятый в качестве исходного для резервуара и перегородок – сталь, транспортируемый жидкий груз – вода. Коэффициент поверхностного натяжения жидкости был принят равным 0,072 Н/м, что соответствует параметрам воды. Предполагалось, что перегородки жестко присоединены к валу, проходящему через продольную ось симметрии резервуара. Толщина вала составляет 27 мм, толщина перегородки в месте стыковки с валом – 3 мм, диаметр утолщенной части перегородки составляет 50 мм, диаметр всей перегородки – 350 мм, толщина более тонкой части перегородки – 1 мм.



**Рисунок 2. Расчетная схема прицепа-цистерны:
конечноэлементная (а) и геометрическая (б) модели**

Рассмотрены случаи движения транспортного средства при 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 % и 80 % уровнях ее заполнения при его движении по прямолинейной траектории с замедлением, равным $0,4g$, и начальной скоростью движения 15 км/час.

Результаты расчетов показали, что в резервуаре без и с перегородками максимальные давления возникают сразу после начала торможения (рисунок 3) в месте соединения левого по ходу движения транспортного средства торца с нижней частью оболочки резервуара (рисунок 4). В резервуаре с установленной системой перегородок области повышенного давления возникают также местах установки перегородок. Как следствие, в названной части оболочки резервуара возможно существенное увеличение напряжений. Наибольшие значения максимальных давлений в резервуаре с перегородками, в среднем, на 48,19 % ниже по сравнению с резервуаром без перегородок соответственно при различных уровнях его заполнения.

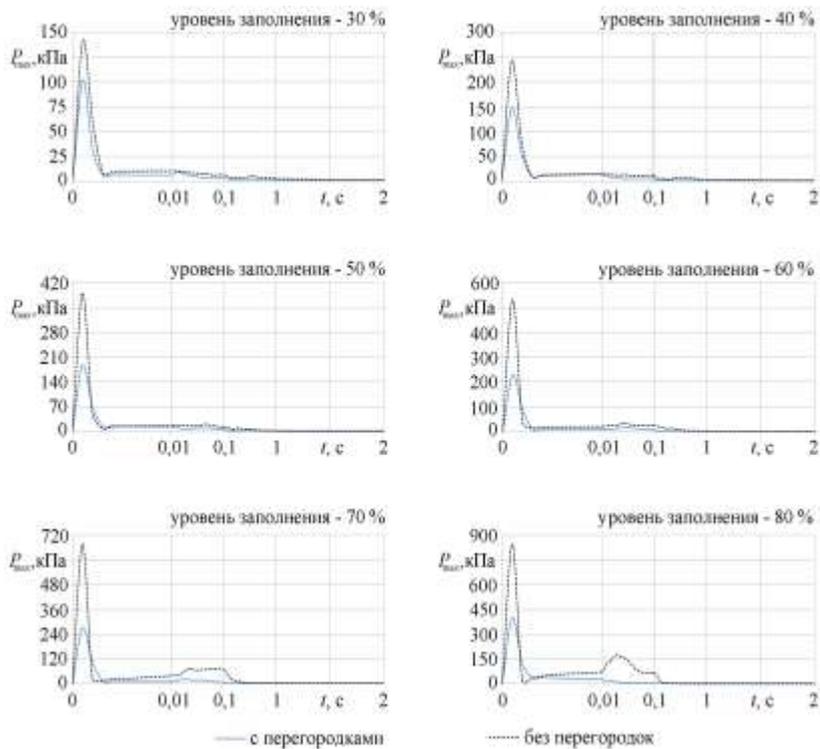


Рисунок 3. Зависимости максимальных гидродинамических давлений, возникающих при торможении в резервуарах без и с перегородками

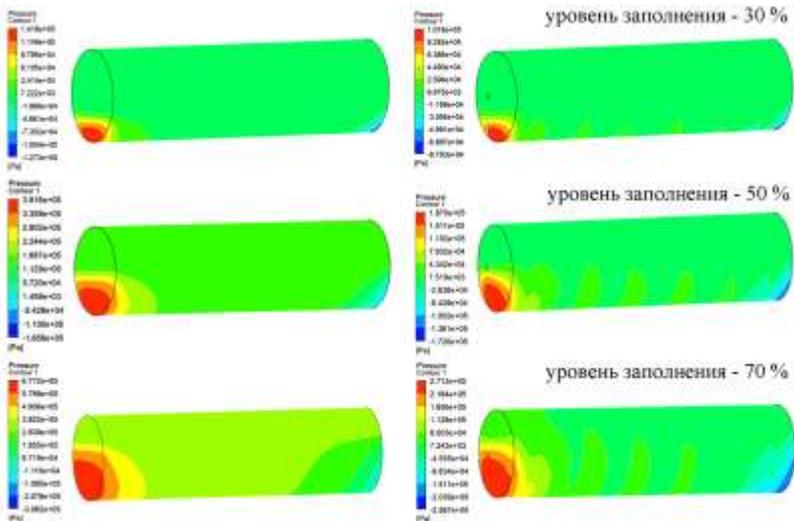


Рисунок 4. Распределение гидродинамического давления в резервуаре прицепа-цистерны без перегородок (слева) и с системой перегородок (справа) в момент $t = 0.001$ с после начала торможения с замедлением $0,4g$

Рисунок 5 демонстрирует, что за счет установки перегородок скорость частиц свободной поверхности жидкого груза существенно уменьшаются, при этом общий объем жидкого груза делится на отдельные потоки.

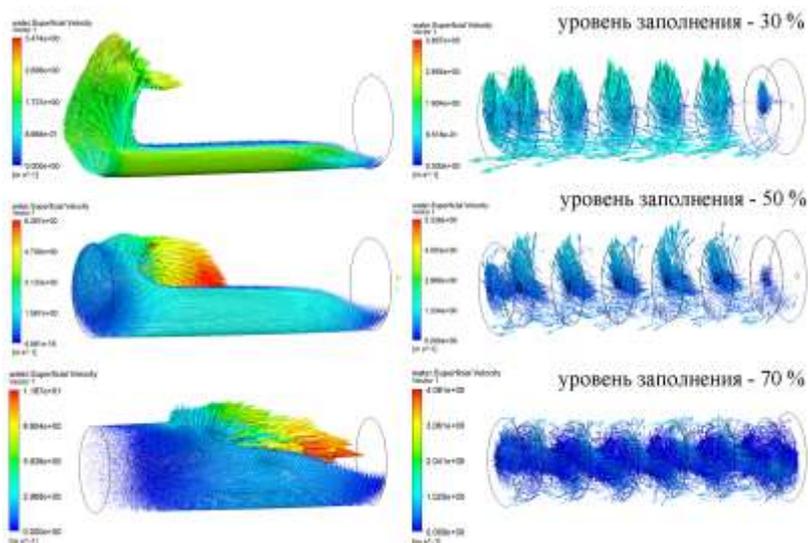


Рисунок 5. Скорости частиц поверхности воды в прицепе-цистерне без перегородок (слева) и с системой перегородок (справа) в момент $t = 0,1$ с

Как видно из рисунка 6, при использовании перегородок колебания жидкого груза прекращаются к 1,6 с после начала торможения автотранспортного средства, тогда как в резервуаре без перегородок относительное смещение жидкости продолжает происходить, что может привести к потере устойчивости прицепа-цистерны и проблемам с управляемостью автотранспортного средства.

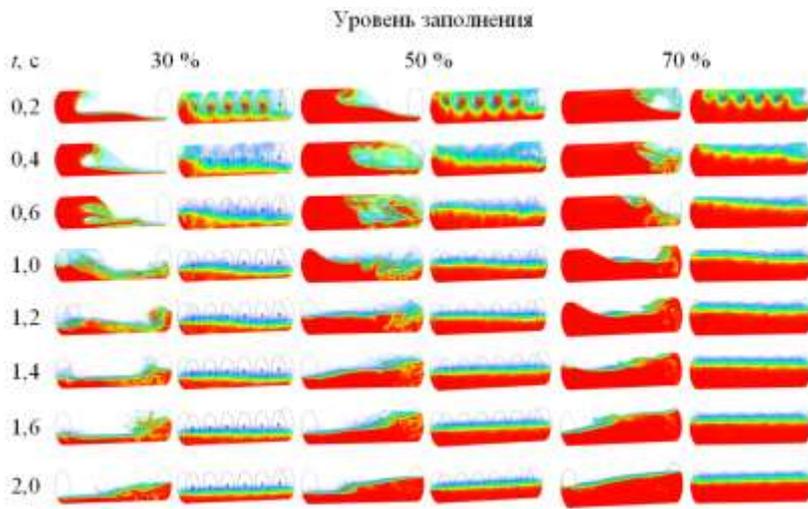


Рисунок 6. Положение свободной поверхности жидкости в частично-заполненном резервуаре без и с перегородками при торможении транспортного средства с замедлением $0,4g$

Таким образом, система перегородок позволят уменьшить скорости относительного смещения жидкого груза и разделить жидкость на потоки меньшего объема, в результате чего инерционные силы, действующие на жидкий груз, уменьшаются, а демпфирование колебаний жидкого груза происходит с большей скоростью, чем при его транспортировке в резервуаре без перегородок, что позволяет повысить устойчивость и управляемость транспортного средства.

Список литературы:

1. Firouz-Abadi R.D. et al. A 3D BEM model for liquid sloshing in baffled tanks // International journal for numerical methods in engineering. – 2008. – Vol. 76. – No 9. – pp. 1419–1433.
2. Golla S.T. Experimental study on the effect of centrally positioned vertical baffles on sloshing noise in a rectangular tank / S.T. Golla, B. Venkatesham. // Applied Acoustics. – 2021. – Vol. 176. – Paper 107890. – 15 p.
3. Xue M.A. Numerical simulation of sloshing phenomena in cubic tank with multiple baffles / M.A. Xue, J. Zheng, P. Lin // Journal of Applied Mathematics. – 2012. – Paper ID 245702 – 21 p.

4. Yu., L. Experimental investigation of parametric sloshing in a tank with vertical baffles / L. Yu., M.A. Xue, Z. Jiang. // *Ocean Engineering*. – 2020. – Vol. 213. – Paper 107783. – 13 p.
5. Андерсен Д. Вычислительная гидромеханика и теплообмен / Д. Андерсен, Дж. Таннехилл, Р. Плетчер. – М.: Мир, 1990. – 384 с.
6. АПВ-3 агрегат для перевозки воды, самозаправляющийся [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agroru.com/doska/apv-3-agregat-dlya-perevozki-vody-samozapravlyajuschij-sya-57923.htm>. – Дата доступа: 20.01.2022.
7. Кузнецова М.Г. Моделирование колебаний жидких грузов в резервуарах с различными перегородками / М.Г. Кузнецова // *Механика. Исследования и инновации: межд. сб. науч. тр. Вып. 9.* – Гомель: БелГУТ, 2016. – С. 67–77.
8. Цистерна: патент на изобретение 8273 Республика Беларусь МПК7 В 65D 88/12, В60 Р 3/22 / В.Я Тимошенко, А.О. Шимановский, А.В. Новиков, Г.И. Кошля; заявитель Белорусский государственный аграрный технический университет. – № u 20110870; заявл. 2011.11.08; опубл. 2012.06.30.

1.9. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

МОДАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ТЕЛЕЖКИ МОСТОВОГО КРАНА

Пахомов Александр Николаевич

*канд. техн. наук, доцент,
Сибирский федеральный университет,
РФ, г. Красноярск*

Чертыков Петр Николаевич

*магистрант
Сибирский федеральный университет,
РФ, г. Красноярск*

MODAL CONTROL OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE FOR A TROLLEY OF A BRIDGE CRANE

Alexander Pakhomov

*Candidate of Science, associate Professor,
Siberian Federal University,
Russia, Krasnoyarsk*

Petr Chertykov

*Undergraduate,
Siberian Federal University,
Russia, Krasnoyarsk*

Аннотация. Объектом исследования является система асинхронного электропривода тележки мостового крана с модальным управлением. Предмет исследования – подавление колебаний груза, свободно подвешенного на канате, с применением модального регулятора скорости груза.

Abstract. The object of research in the article is an asynchronous electric drive system of trolley of a bridge crane with modal control. The subject of research is the suppression of fluctuations of the cargo, freely suspended on the rope, using a modal speed regulator.

Ключевые слова: модальное управление; электропривод тележки мостового крана; переходный процесс.

Keywords: modal control; electric drive of trolley of a bridge crane; the process of transition.

Среди современных грузоподъемных механизмов на промышленных предприятиях часто встречается мостовой кран. При перемещении тележки возникает раскачивание подвешенного груза. Порядка 20% времени полного цикла перегрузочных операций затрачивается на ожидание завершения колебаний груза. Кроме того, раскачивание груза приводит к увеличению динамической нагрузки на привод и металлическую конструкцию крана [2].

В данной статье рассматривается способ подавления колебаний груза при помощи модального управления электропривода перемещения тележки мостового крана.

В качестве объекта исследования рассматривается электропривод перемещения тележки мостового крана с подвешенным грузом. Структурная схема представлена на рисунке 1. Блок «АД» является математической моделью асинхронного двигателя (АД) в декартовой системе координат $u-v$, вращающейся со скоростью магнитного поля ω_0 , уравнения которой представлены в [1]. В качестве примера в работе взят АД RA250M2 с номинальными значениями мощности $P_n = 55$ кВт и частоты вращения ротора $n_n = 2950$ об/мин.

Блок «МК» является математической моделью механической части тележки мостового крана [3], которая состоит из тележки с приведенной массой $m_t = 133,5$ т и груза массой $m_{гп} = 150$ т, подвешенного на канате длиной $h = 30$ м.

На структурной схеме приняты следующие обозначения: Ψ_{23} и ω_3 – задание на потокосцепление и скорость ротора АД; k_{11} и k_{12} – коэффициенты обратных связей модального регулятора обеспечивающие стабилизацию потокосцепления ротора АД; k_{01}, k_{02}, k_{03} – коэффициенты обратных связей модального регулятора скорости перемещения тележки v_t , силы, прикладываемой к грузу при его отклонении от вертикального положения F_{12} и скорости груза $v_{гп}$; k_{1u} и k_{2u} – коэффициенты усиления, обеспечивающие требуемые потокосцепление и скорость перемещения тележки мостового крана при наличии обратных связей; блоки «БК» и «МКР» – блок компенсации перекрестных связей и модель электромагнитного контура ротора АД (рассмотрены в [6]);

$k_{П}$ – коэффициент передачи преобразователя частоты; C_g – коэффициент АД; $\eta_{ред}$ – КПД редуктора; ρ – радиус приведения между скоростью двигателя и скоростью тележки; c_{12} – коэффициент механической связи между массами тележки и груза; F_c – сила сопротивления передвижению тележки с грузом; p, k_2, Ψ_{23} – число пар полюсов АД, коэффициент электромагнитной связи и величина задания на потокосцепления ротора АД.

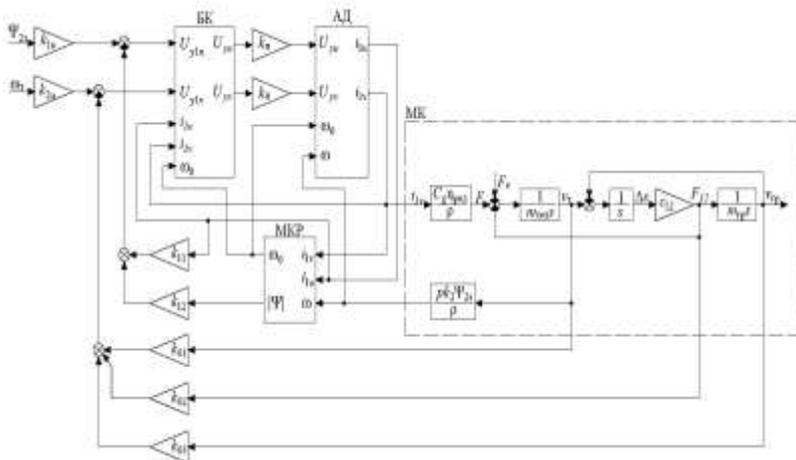


Рисунок 1. Структурная схема электропривода перемещения тележки мостового крана с модальным управлением

Синтез модального регулятора производится отдельно для двух каналов регулирования: канал регулирования потокосцепления ротора АД с настройкой на модульный оптимум (подробно описан [1]) и канал регулирования скорости тележки мостового крана с настройкой по Баттерворту [5], который рассматривается в настоящей статье.

Система уравнений электропривода перемещения тележки мостового крана в форме Коши имеет вид [3]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dv_{\tau}}{dt} &= \frac{k_{п}}{R_3 T_3} \cdot \frac{C_g \eta_{\text{ред}}}{\rho m_{\tau}} i_{1v} - \frac{F_c}{m_{\tau}} - \frac{F_{12}}{m_{\tau}} \\ \frac{dF_{12}}{dt} &= c_{12}(v_{\tau} - v_{\text{гп}}) \\ \frac{dv_{\text{гп}}}{dt} &= \frac{F_{12}}{m_{\text{зп}}} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

На основе системы уравнений (1) можно записать матрицу динамики и входа:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -\frac{1}{m_{\tau}} & 0 \\ c_{12} & 0 & -c_{12} \\ 0 & \frac{1}{m_{\text{гп}}} & 0 \end{pmatrix} \quad \text{и} \quad B = \begin{pmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ b_{31} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{k_{п}}{R_3 T_3} \cdot \frac{C_g \eta_{\text{ред}}}{\rho m_{\tau}} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Характеристический полином замкнутой системы по вектору состояния объекта управления определяется выражением:

$$G(p) = |p \cdot E - (A - B \cdot k)| = D(p), \quad (2)$$

где k – коэффициент модального регулятора; E – единичная матрица; $D(p)$ – желаемый характеристический полином.

Для определения коэффициентов k модального регулятора, обеспечивающих желаемое распределение корней характеристического полинома [1], подставим в (2) выражения матриц динамики и входа:

$$\begin{aligned} G(p) &= \left| p \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} - \left(\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ b_{31} \end{pmatrix} \cdot (k_{01} \quad k_{02} \quad k_{03}) \right) \right| = \\ &= p^3 + b_{11} k_{01} p^2 + (a_{21} b_{11} k_{02} - a_{23} a_{32} + a_{12} a_{21}) p + (a_{21} a_{23} b_{11} k_{03} - a_{23} a_{32} b_{11} k_{01}). \end{aligned}$$

Определим коэффициенты ОС при настройке системы по разложению Баттерворта [5]: перерегулирование $\sigma = 7,1\%$, а относительное время переходного процесса $\tau_{п.п} = 5,9 \omega_0^{-1}$. Нормированное желаемое уравнение имеет вид:

$$p^3 + c_1 p^2 + c_2 p + c_3,$$

где $c_1 = 2$; $c_2 = 2$; $c_3 = 1$ – коэффициенты нормированного уравнения.

Приравняв коэффициенты приведенных двух уравнений при равных степенях p , определяем коэффициенты модального регулятора k :

$$k_{01} = 0,135, \quad k_{02} = 2,45 \cdot 10^{-6}, \quad k_{03} = 0,153.$$

Переходные процессы скорости груза и тележки приведены на рисунках 2 и 3 соответственно.

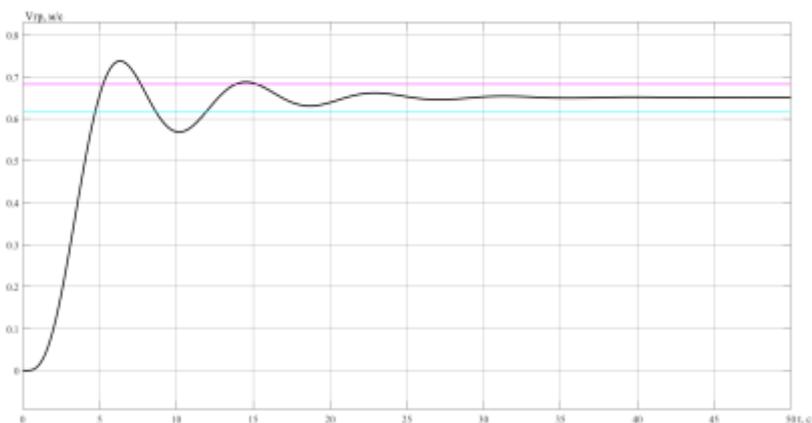


Рисунок 2. Переходный процесс скорости груза замкнутой системы с модальным управлением

В начальный момент времени $t = 0$ подается сигнал задание на потокосцепление ротора АД ψ_{23} . После того как потокосцепление ротора АД достигнет заданного установившегося значения (работа канала регулирования потокосцепления), в момент времени $t = 0,2$ производится скачкообразное изменение задания на скорость ω_3 и включается в работу второй канал регулирования.

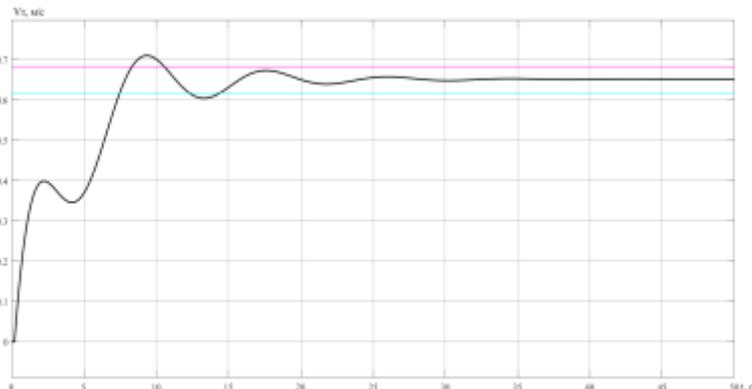


Рисунок 3. Переходный процесс скорости тележки замкнутой системы с модальным управлением

Время и перерегулирование переходного процесса скорости груза составляет $t_{\text{пер.гр}} = 15$ с, $\sigma_{\text{гр}} = 13,19\%$; скорости тележки $t_{\text{пер.т}} = 14,5$ с, $\sigma_{\text{т}} = 8,93\%$. Из графиков видно, что характер переходных процессов близок к теоретически ожидаемому. По сравнению переходных процессов, представленных в работе [4], модальный регулятор обеспечивает эффективное подавление колебаний скорости груза.

Список литературы:

1. Коротков М.Ф., Пахомов А.Н., Федоренко А.А. Модальное управление электроприводом переменного тока // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. – 2011. № 3 (36). – С. 70–74.
2. Мещеряков В.Н. Динамика электромеханических систем подъемно-транспортных механизмов с асинхронным электроприводом: монография. – Липецк: ЛГТУ, 2002. – 120 с.
3. Онищенко Г.Б. Теория электропривода: учебник / Г.Б. Онищенко. – М.: ИНФРА-М, 2015. – 294 с.
4. Пахомов А.Н. Модернизация закона управления электроприводом перемещения тележки грузоподъемного крана // Глобус: технические науки. – 2020. – № 3 (34). – С. 31-33.
5. Терехов В.М. Осипов О.И. Системы управления электроприводов: Учебник для студ. высш. учеб. заведений. – М.: «Академия», 2005. – 304 с.
6. Чертыков П.Н., Пахомов А.Н. Влияние перекрестных связей в системе асинхронного электропривода с модальным управлением // Научный форум: Технические и физико-математические науки: сб. ст. по материалам XXXVIII междунар. науч.-практ. конф. – № 9(38). — М., Изд. «МЦНО», 2020.

СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕКТОРНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С АИН

Федоренко Александр Александрович

канд. техн. наук, доцент,
Сибирский федеральный университет,
РФ, г. Красноярск

Клендер Иван Львович

магистрант
Сибирский федеральный университет,
РФ, г. Красноярск

SYNTHESIS OF REGULATORS AND RESEARCH OF A VECTOR ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE WITH AVI

Alexander Fedorenko

Candidate of Science, Associate Professor,
Siberian Federal University,
Russia, Krasnoyarsk

Ivan Klender

Undergraduate
Siberian Federal University,
Russia, Krasnoyarsk

Аннотация. В данной работе, на основе математического описания объекта управления обоснована функциональная схема и проведён синтез векторной системы частотного автоматического управления электроприводом с подчиненным регулированием переменных, решены вопросы ориентации координатной системы для регулирования комплексных переменных с использованием встроенных в двигатель датчиков потока-сцепления ротора асинхронного двигателя, разработана математическая модель преобразователя частоты, учитывающая его дискретные свойства.

Abstract. In this paper, on the basis of a mathematical description of the control object, a functional diagram is substantiated and a synthesis of a vector

system of frequency automatic control of an electric drive with a subordinate regulation of variables is carried out, the questions of orientation of the coordinate system for regulating complex variables are solved using the flux linkage sensors of the rotor of an asynchronous motor built into the motor, a mathematical model of the frequency converter has been developed, taking into account its discrete properties.

Ключевые слова: асинхронный электропривод; САУ электропривода; векторное и частотное управление; автономный инвертор напряжения; координатный преобразователь; ориентированная система координат; неподвижная система координат.

Keywords: asynchronous electric drive; ACS of the electric drive; vector and frequency control; autonomous voltage inverter; coordinate converter; oriented coordinate system; fixed coordinate system.

Структурная схема модели векторной САУ с регуляторами тока компенсирующими внутренние обратные связи двигателя, представленная на рисунке 1, выполнена на основе работы [1].

Схема характеризуется тем, что при определении структур регуляторов тока учтено и компенсировано влияние внутренних перекрёстных обратных связей звена тока и э.д.с. вращения двигателя. Преобразователь частоты представлен безынерционным звеном.

Особенностью структурной схемы модели является то, что модель асинхронного двигателя здесь выполнена в неподвижной декартовой системе координат (система α, β).

Блок ориентации, указанный на рисунке 1 как БО, реализован в упрощенном варианте согласно уравнениям:

$$\psi_r = \sqrt{\psi_{\alpha r}^2 + \psi_{\beta r}^2}, \quad (1)$$

$$\cos\theta = \frac{\psi_{\alpha r}}{\psi_r}, \quad (2)$$

$$\sin\theta = \frac{\psi_{\beta r}}{\psi_r}. \quad (3)$$

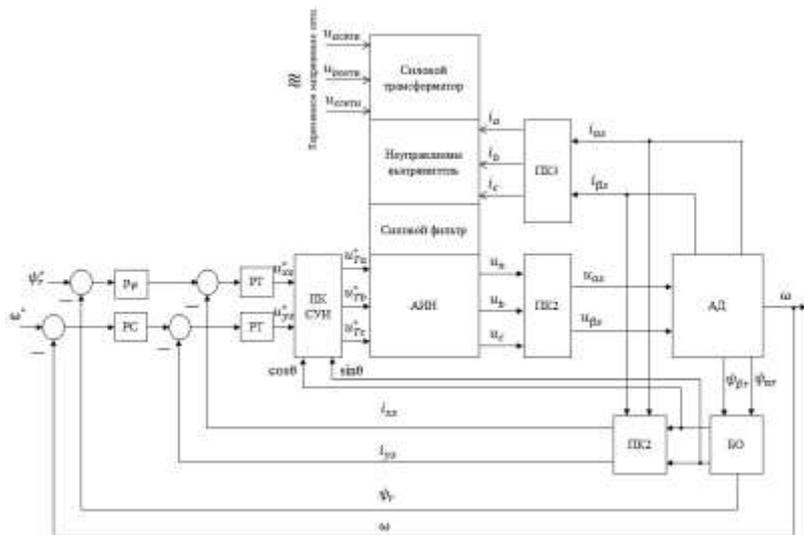


Рисунок 1. Структурная схема модели САУ электроприводом

В данной работе для оценки влияния свойств преобразователя частоты (ПЧ) на качество процессов двигателя использована более точная схема ПЧ [2].

Для согласования двух структурных схем моделей векторной САУ и ПЧ, выполняемых в различных координатных системах, в структурную схему включены – на входе АИН координатный преобразователь (ПК), преобразующий управляющий АИН вектор из ориентированной по \$\psi_r\$ системы координат \$(u_{\alpha s}, u_{\beta s})\$ в натуральную трёхфазную систему координат \$u_a^*, u_b^*, u_c^*\$ в соответствии с уравнениями:

$$\bar{u}_{\alpha s}^* = \bar{u}_{x s}^* \cos \theta_k - \bar{u}_{y s}^* \sin \theta_k, \quad (4)$$

$$\bar{u}_{\beta s}^* = \bar{u}_{x s}^* \sin \theta_k + \bar{u}_{y s}^* \cos \theta_k, \quad (5)$$

$$u_a^* = u_{\alpha s}^*, \quad (6)$$

$$u_b^* = -\frac{1}{2} u_{\alpha s}^* - \frac{\sqrt{3}}{2} u_{\beta s}^*, \quad (7)$$

$$u_c^* = -\frac{1}{2} u_{\alpha s}^* + \frac{\sqrt{3}}{2} u_{\beta s}^*. \quad (8)$$

На выходе с АИН установлен ПК₂, преобразующий из трёхфазной системы координат в неподвижную декартову систему координат на основе уравнений:

$$u_{\alpha} = u_a, \quad (9)$$

$$u_{\beta} = \frac{\sqrt{3}}{2}(u_c - u_b). \quad (10)$$

Для приведения выходного тока инвертора и тока в двигателе к единой системе координат использован координатный преобразователь ПК₃, выполняемый в соответствии с уравнениями:

$$i_a = i_{\alpha}, \quad (11)$$

$$i_b = -\frac{1}{2}i_{\alpha} + \frac{\sqrt{3}}{2}i_{\beta}, \quad (12)$$

$$i_c = -\frac{1}{2}i_{\alpha} - \frac{\sqrt{3}}{2}i_{\beta}. \quad (13)$$

Структурная схема, представленная на рисунке 1, пригодная для проведения более глубоких исследований с учётом дискретных свойств ПЧ. Проведённые исследования показали работоспособность модели и её соответствие реальным системам.

Список литературы:

1. Брючко М.Д. Синтез регуляторов и исследование векторной системы частотного управления АД : специальность 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» : диссертация на соискание учёной степени магистра / Брючко Михаил Дмитриевич ; Сибирский федеральный университет. – Красноярск, 2019. – 84с.
2. Хомяк В.В. Математические модели неуправляемого трёхфазного мостового выпрямителя / В.В. Хомяк, А.А. Федоренко // Перспективные научные исследования: опыт, проблемы и перспективы развития. Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. – Уфа, 2020. – С. 101 – 107.

1.10. ЭНЕРГЕТИКА

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАМАГНИЧИВАНИЯ И УЧЕТ НАСЫЩЕНИЯ МАГНИТОПРОВОДА ПРИ РАСЧЕТЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВИБРАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Олимовна Малика Халикова

ст. преподаватель

кафедры Естественно научных дисциплин,

Ташкентский филиал

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,

Республика Узбекистан, г. Ташкент

На сегодняшний день широкому применению вибрационных машин (ВМ) с электромагнитными виброционными двигателями (ЭМВД) в различных отраслях промышленности, в том числе – в испытательных вибрационных стендах для устройств и оборудовании производства мельниц и дробильных устройств, в значительной степени препятствуют трудности, связанные с поддержанием на заданном уровне их производительности и эффективности.

Сегодня в расчетах при проектировании ВМ не учитываются нелинейности элементов ВМ.

Предложены достаточно эффективные способы частотного управления выходными величинами ЭМВД. Однако они не позволяют поддерживать максимальную (резонансную) амплитуду колебаний рабочего органа и производительность ВМ [1], в связи с не учетом влияния нелинейностей на режимы работы ЭМВД для решения вопросов:

- взаимного влияния нелинейных элементов преобразователя частоты (ПЧ) с нелинейными элементами механической колебательной системы и пульсирующей индуктивностью ЭМВД;
- обеспечения сочетания производительных режимов работы электромагнитных колебательных контуров с эффективным энергосберегающим режимом механической колебательной системы «ЭМВД-ВМ»;
- усовершенствования существующих и создания новых высокоэффективных энергосберегающих технических средств необходимо проведение теоретических и экспериментальных исследований, направленных на изучение взаимного влияния характеристик нелинейных элементов ЭМВД и ПЧ.

Обмотки в реактивном ЭМВД создают переменный пульсирующий магнитный поток, часть которого, протекая через рабочий воздушный зазор между сердечником и якорем электромагнита, создает вибро-возбуждающее усилие, с которым якорь притягивается к сердечнику.

В результате взаимодействия этого усилия с силами упругих элементов, якорь, соединенный с р.о вибромашины, начинает совершать колебательное движение.

В исследованиях и расчетах к настоящему времени, влияние насыщения магнитной системы на величины и формы токов в обмотках, электромагнитное усилие, следовательно, на режимы работы ЭМВД не принимались во внимание.

Поэтому возникающие из-за насыщения высшие гармонические тока обмотки ЭМВД при его питании от преобразователя частоты (ПЧ) приводят к срыву коммутации управляемых элементов ПЧ, следовательно, к нестабильной работе системы ЭМВД-ПЧ.

Еще в расчетах считалось, что для конкретного значения статического рабочего воздушного зазора ($\delta_0 = const.$) мгновенное значение магнитного потока в ярме Φ_0 электромагнита линейно зависит от мгновенного значения тока i в обмотке ЭМВД, т. е. влиянием периодически изменяющегося рабочего воздушного зазора между стержнем и якорем электромагнита, совершающим колебательное движение, пренебрегалось:

$$\Phi_0 = L_1 \cdot i \quad (1)$$

где L_1 – постоянная индуктивность. Такое положение может быть справедливым для электромагнитных ВВ со значительным запасом ($\delta_0 \geq 2$ мм) статического рабочего воздушного зазора, выпущенных промышленностью до недавнего времени.

В современных ЭМВД с улучшенными весогабаритными показателями принимается $\delta_0 < 2$ мм.

При их проектировании расчетную индукцию выбирают выше колена насыщения характеристики намагничивания.

Поэтому экспериментальные исследования подтверждают, что даже при наличии рабочего воздушного зазора между якорем и стержнем электромагнита, в магнитопроводе наблюдается насыщение отдельных его частей.

Материалом магнитопровода ЭМВД является листовая электротехническая сталь с электрической изоляцией между листами. Магнитная характеристика горячекатаной электротехнической стали типа 1413, снятая на постоянном токе, будет выглядеть в форме петли гистерезиса (рис. 1). Ее форма зависит от сорта электротехнической стали, размеров

и конструкции магнитной системы, частоты перемагничивания и температуры стали.

Рассматриваемая функция является нелинейной зависимостью, каждый период перемагничивания отличается друг от друга. Восходящие и нисходящие ветви характеристики не совпадают.

Площадь петли этой зависимости характеризует потери на перемагничивание (гистерезис).

Если потерями на гистерезис, возникающими при переменном токе, будем пренебрегать, то при неподвижном якоре этим кривым будут соответствовать (рис. 2) характеристика намагничивания:

$$\Phi_0 = f(i_\mu) \quad (2)$$

снятая на переменном токе – зависимость мгновенных значений магнитного потока в ярме электромагнита Φ_0 от реактивной составляющей намагничивающего тока в обмотке электромагнита i_μ .

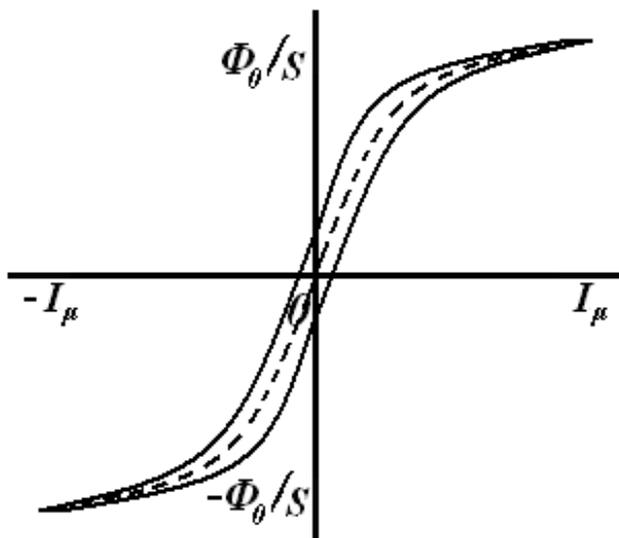


Рисунок 1. Магнитная характеристика электротехнической стали

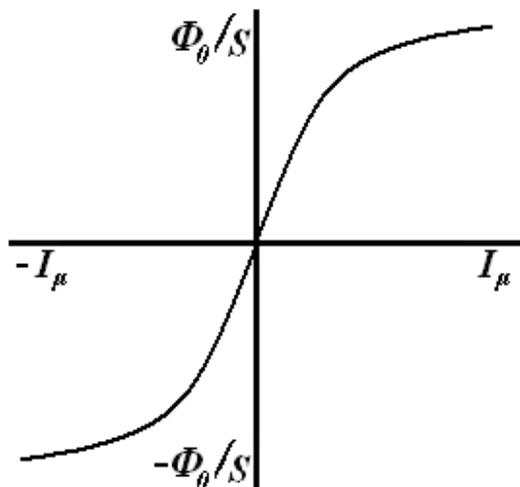


Рисунок 2. Характеристика намагничивания без учета потерь на гистерезис

Для исследования влияния этой нелинейности на параметры, режимы работы ЭМВД и гармонический состав намагничивающего тока обмотки, необходимо найти аналитическое описание функции – провести аппроксимацию функции $\Phi_0 = f(i_{\mu})$, т. е. вместо экспериментальной кривой (2) записать ее аналог в форме аналитической записи:

$$\Phi_{0\xi} = f_{0\xi}(i_{\mu}) \quad (3)$$

Для нахождения зависимости двух данных величин существуют множество методов аппроксимации.

Список литературы:

1. Алимходжаев К.Т., Халикова М.О.. Взаимное влияния нелинейностей элементов электромагнитных вибрационных двигателей со встроенным параллельным инвертором // Энергия тежаш муаммолари. № 4, 2015.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

РАЗДЕЛ 2.

МАТЕМАТИКА

2.1. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ, КОМПЛЕКСНЫЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

ЧАСТНЫЕ РЕШЕНИЯ НЕВОЗМУЩЕННОГО УРАВНЕНИЯ ШТУРМА-ЛИУВИЛЛЯ НА ПОЛУОСИ

Гасымова Айнур Рамазан к.

*д-р философии по математике,
Гянджинский Государственный Университет,
Азербайджан, г. Гянджа*

PARTIAL SOLUTIONS OF THE UNPERTURBED STURM-LIOUVILLE EQUATION ON THE SEMIAXIS

Ainur Qasimova

*Doctor of Philosophy in Mathematics,
Ganja State University,
Azerbaijan, Ganja*

Аннотация. В развитии многих важных направлений математики и физики большую роль сыграли понятия и методы, зародившиеся в процессе изучения уравнений Штурма – Лиувилля $L \equiv -\frac{d^2}{dx^2} + q(x)$.

В настоящей статье исследовано решение обратной задачи для возмущенного уравнения Штурма с растущим потенциалом на бесконечном

интервале $[0, \infty)$. Получена формула для вычисления производной от спектральной функции оператора Штарка, доказано существование оператора преобразования с условием на бесконечности.

Abstract. In the development of many important areas of mathematics and physics, the concepts and methods that arose in the process of studying such simple objects as the Sturm-Liouville - $L \equiv -\frac{d^2}{dx^2} + q(x)$ equation played an important role. In this article, we study the solution of the inverse problem for the perturbed Stark equation with a growing potential on an infinite interval. A formula is obtained for calculating the derivative of the spectral function of the Stark operator, and the existence of a transformation operator with the condition at infinity is proved.

Ключевые слова: уравнения Штурма-Лиувилля, равенство Парсеваля, оператор преобразования, производная спектральной функции.

Keywords: Sturm-Liouville equations, Parseval equality, transformation operator, derivative of a spectral function.

1. Частные решения уравнения $-y'' - xy = \lambda^2 y$.

В данной работе рассматривается граничная задача вида:

$$-y'' - [x - p(x)]y = \lambda^2 y \quad 0 \leq x \leq \infty \quad (1.1)$$

$$y(0) = 0 \quad (1.2)$$

при финитном потенциале $p(x)$ [1,4].

Находится и исследуется решение уравнения (1) при $p(x)=0$ ($x > a$).

$$\psi_1^+(x, \lambda) = x^{\frac{1}{2}} H_{\frac{1}{3}}^{(1)} \left\{ \frac{2}{3} x \sqrt{\lambda^2 + x} \right\} \quad (1.3)$$

($H_{\frac{1}{3}}^{(1)}$ - функция Ганкеля).

Лемма 1.1. Уравнение (1.1) имеет решение $\psi_1^+(x, \lambda) = x^{\frac{1}{2}} H_{\frac{1}{3}} \left\{ \frac{2}{3} x \sqrt{\lambda^2 + x} \right\}$ принадлежащее пространству $L_2[0, \infty)$ при $\text{Im} \lambda > 0$.

Исследуем некоторые частные решения уравнения

$$-y'' - xy = \lambda^2 y. \quad (1.4)$$

С этой целью положим

$$y = u(x, \lambda)e^{\omega(x)} \quad (1.5)$$

Функцию $\omega(x)$ определяем из того условия, что коэффициент при искомой функции $\omega(x)$ в дифференциальном уравнении уничтожился бы член, содержащий x . Для этого достаточно $\omega(x)$ выбрать следующим

образом: $\omega(x) = \frac{2i}{3}x^{\frac{3}{2}}$. Тогда

$$y(x, \lambda) = e^{\frac{2i}{3}x^{\frac{3}{2}}} u(x, \lambda) \quad (1.6)$$

где для $u(x, \lambda)$ имеет место уравнение

$$u'' 2ix^{\frac{1}{2}}u' + \left(\frac{i}{2}x^{-\frac{1}{2}} + \lambda^2\right)u = 0 \quad (1.7)$$

Решая это уравнение получаем [1]:

$$u(x, \lambda) = x^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{2i}{3}} H_{\frac{1}{3}} \left\{ \frac{2}{3} x \sqrt{\lambda^2 + x} \right\} \quad (1.8)$$

Подставляя (1.8) в формулу (1.5) получим решение уравнения (1.4)

$$y(x, \lambda) = x^{\frac{1}{2}} H_{\frac{1}{3}} \left\{ \frac{2}{3} x \sqrt{x + \lambda} \right\} \quad (1.9)$$

То есть, линейно-независимыми решениями уравнения (1.4) являются функции [3]

$$\theta_1(x, \lambda) = x^{\frac{1}{2}} J_{\frac{1}{3}} \left\{ \frac{2}{3} x \sqrt{\lambda^2 + x} \right\} \quad (1.10)$$

$$\theta_2(x, \lambda) = x^{\frac{1}{2}} Y_{\frac{1}{3}} \left\{ \frac{2}{3} x \sqrt{\lambda^2 + x} \right\} \quad (1.11)$$

2. Равенство Парсеваля

Введем обозначения

$$\begin{cases} X_1 = 2x\sqrt{\lambda^2 + x} \\ T_1 = \frac{2}{3}t\sqrt{\lambda^2 + t} \end{cases} \quad (2.1)$$

Вычислим вронскиан решений (1.12) и (1.13)

$$W[\theta_1, \theta_2]_{x=0} = \left\{ x X_1' W \left[J_{\frac{1}{3}}(X_1); Y_{\frac{1}{3}}(X_1) \right] \right\}_{x=0} = \left\{ \frac{2}{\pi} + \frac{x}{2\pi(\lambda^2 + x)} \right\}_{x=0} = \frac{2}{\pi}$$

То есть ,

$$W[\theta_1, \theta_2]_{x=0} = \frac{2}{\pi} \quad (2.2)$$

Здесь мы учитываем, что вронскиан решений $J_\nu(z), Y_\nu(z)$ равно $\frac{2}{\pi z}$
т.е. [3]

$$W[J_\nu(z), Y_\nu(z)] = \frac{2}{\pi z} \quad (2.3)$$

Обозначим через $\varphi_0(x, \lambda), \theta_0(x, \lambda)$ - решения уравнения (1.6) с начальными условиями

$$\varphi_0(0, \lambda) = 0, \quad \varphi_0'(0, \lambda) = 1 \quad (2.4)$$

$$\theta_0(0, \lambda) = 1, \quad \theta_0'(0, \lambda) = 0 \quad (2.5)$$

Очевидно, что

$$\varphi(x, \lambda) = a(\lambda) \theta_1(x, \lambda) + b(\lambda) \theta_2(x, \lambda) \quad (2.6)$$

Учитывая условия (2.4), (2.5), находим

$$a(\lambda) = -\frac{\pi}{2} \theta_2(0, \lambda), \quad b(\lambda) = \frac{\pi}{2} \theta_1(0, \lambda)$$

Подставляя эти значения в (2.6) получим

$$\varphi_0(x, \lambda) = \frac{\pi}{2} (-\theta_1(x, \lambda) \theta_2(0, \lambda) + \theta_2(x, \lambda) \theta_1(0, \lambda)) \quad (2.7)$$

Учитывая асимптотику функций $J_\gamma(z), Y_\gamma(z)$ [1],

$$\varphi_0(x, \lambda) \approx \frac{3}{2(\lambda\sqrt{\lambda^2+x})^{\frac{1}{2}}} \sin(X_1), \quad (X_1 = \frac{2}{3}x\sqrt{\lambda^2+x})$$

Аналогично находим асимптотику $\theta_0(x, \lambda)$

$$\theta(x, \lambda) \approx \sqrt{\frac{\lambda}{\lambda^2+x}} \sin\left(\frac{2}{3}x\sqrt{\lambda^2+x}\right)$$

Отметим, что функция

$$H_{\frac{1}{3}}^{(1)}(X_1) = J_{\frac{1}{3}}(X_1) + iY_{\frac{1}{3}}(X_1) \quad (2.8)$$

содержит множитель

$$e^{iX_1} = e^{i\frac{2}{3}x\sqrt{\lambda^2+x}} = e^{\frac{2ix}{3}\left(x^{\frac{1}{2}} + \frac{\lambda^2 x^{-\frac{1}{2}}}{x} + \dots\right)} = e^{\frac{2i}{3}x^{\frac{3}{2}}\left(1 + \frac{\lambda^2}{x} + \dots\right)}$$

который при $\text{Im} \lambda \geq 0$ экспоненциально убывает при $x \rightarrow \infty$. Итак, лемма 1 доказана.

Очевидно, что $\psi_1^+(x, \lambda) = \theta_0(x, \lambda) + m_0(\lambda)\varphi_0(x, \lambda)$ является функцией Вейля [3], поэтому она может отличаться от $H_{\frac{1}{3}}^{(1)}(X_1)$ лишь постоянным множителем

$$\psi_1^+(x, \lambda) = cx^2 H_{\frac{1}{3}} \left\{ \frac{2}{3} x \sqrt{\lambda^2 + x} \right\}, \quad c = \text{const} \quad (2.9)$$

Отсюда $m_0(\lambda) = -\frac{\psi_1^{+'}(0, \lambda)}{\psi_1^+(0, \lambda)}$. Тогда производная $K_0(\lambda)$ от спектральной функции, порожденная уравнением (1.6) и граничным условием $y(0) = 0$ определяется как известно [4] следующим образом:

$$k_0(\lambda) = -Jmm_0(\lambda).$$

Поэтому

$$k_0(\lambda) = -\frac{1}{2i} \left[\frac{\Psi_1^+(0, \lambda)}{\psi_1^+(0, \lambda)} - \frac{\overline{\psi_1^+(0, \lambda)}}{\psi_1^+(0, \lambda)} \right] = -\frac{1}{2i} \frac{W \left[\psi_1^+(x, \lambda); \overline{\psi_1^+(x, \lambda)} \right]_{x=0}}{\left| \psi_1^+(0, \lambda) \right|^2} \quad (2.10)$$

Учитывая, что $W \left[H_\nu^{(1)}(z), H_\nu^{(2)}(z) \right] = -\frac{4i}{\pi z}$ после некоторых вычислений получим

$$W \left[\psi_1^+(x, \lambda); \overline{\psi_1^+(x, \lambda)} \right]_{x=0} = -\frac{4i}{2\pi} \quad (2.11)$$

$$\left| \psi_1^+(x, \lambda) \right|_{x=0}^2 = \left(\frac{2}{\frac{2}{3} \sqrt{\lambda^2 + x}} \right)_{x=0} = 3\lambda, \quad \left| \psi_1^+(0, \lambda) \right|^2 = 3\lambda \quad (2.12)$$

Подставляя [1,3] (2.11), (2.12) в (2.10) получим

$$K_0(\lambda) = \frac{2}{3\pi\lambda} \quad (2.13)$$

Поэтому формула разложения выглядит так

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \varphi_0(x, \lambda) \varphi_0(t, \lambda) K_0(\lambda) d\lambda = \delta(x-t) \quad (2.14)$$

Лемма 2.1 Производная $K_0(\lambda)$ от спектральной функции, порожденная задачей $-y'' - xy = \lambda^2 y$, $y(0) = 0$ $0 \leq x \leq \infty$ определяется по формуле

$$K_0(\lambda) = \frac{2}{3\pi\lambda} \quad (2.15)$$

Список литературы:

1. A.R. Ahmedova. On the inverse problem of Scattering Theory for the Perturbed Starks equation on a Semiaxis. // Georgian Mathematical Journal. vol 3. 22 (2015), pp. 295-304, 2015, DOI:10.1515/gmj-2015-0029.
2. A.R. Kasimova. Solution of the Simplest Nonlinear Wave Equations by the Inverse Scattering Problem Method. // 1st International Symposium On Recent Advances In Fundamental And Applied Sciences (Isfas-2021)". Turkey. 2021.
3. А.Р. Гасымова. Анализ спектральных характеристик возмущенного оператора Штарка с растущим потенциалом. дис. д-ра филос. по мат.: 1202.01 ; НАН Азерб., Ин-т Математики и Механики.- Б., 2016.- 121 с.
4. В.А. Юрко. Введение в теорию обратных спектральных задач. 2007 г. 450 стр.

РАЗДЕЛ 3.

МЕХАНИКА

3.1. ДИНАМИКА, ПРОЧНОСТЬ МАШИН, ПРИБОРОВ И АППАРАТУРЫ

ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТВОЛА № 2 РУДНИКА 1 РУ РУП «ПО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ» НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Диулин Денис Александрович

*генеральный директор,
ОАО «Трест Шахтоспецстрой»
Республика Беларусь, г. Солигорск*

Гегедеш Марина Григорьевна

*канд. техн. наук, доцент,
Белорусский государственный университет транспорта,
Республика Беларусь, г. Гомель*

LOADING CAPACITY ESTIMATION FOR VERTICAL MINE SHAFT NO 2 OF THE 1ST EM BASED ON COMPUTER MODELING

Diulin Denis

*General manager,
JSC "Trest Shahtospetsstroy",
Belarus, Soligorsk*

Gegedesh Maryna

*PhD, assoc. prof. in Mechanics
Belarusian State University of Transport,
Belarus, Gomel*

Аннотация. В работе приведены исследования по оценке несущей способности вертикального ствола № 2 рудника 1 РУ Солигорского месторождения калийной соли. С использованием инженерного программного комплекса ANSYS выполнено компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния ствола на основе рассчитанных аналитическим способом значений давлений от горных пород, окружающих выработку, с учетом истончения в процессе эксплуатации шахты чугунного тюбинга.

Abstract. The paper presents investigations on the estimation of the loading capacity of vertical mine shaft No 2 of the 1st EM of the Soligorsk potash salt mines. Using the ANSYS engineering software package, a computer simulation of the stress-strain state of shaft was performed on the basis of analytically calculated pressures from rocks surrounding the mine taking into account the cast iron tubing thinning during the mine operation.

Ключевые слова: вертикальный ствол шахты; компьютерное моделирование; напряженно-деформированное состояние; прочность ствола шахты.

Keywords: vertical mine shaft; computer simulation; stress-straine condition; mine shaft strength.

Подземные вертикальные выработки всегда имеют замкнутый контур поперечного сечения и используются, как правило, при больших глубинах залегания полезных ископаемых [1], как, например, на Старобинском месторождении в районе г. Солигорска (Республика Беларусь).

Стабильность стволов шахт является ключевой проблемой их эксплуатации и зависит от механических свойств породного массива, надежности и прочности бетонной крепи и чугунных тюбингов ствола. Вертикальные стволы шахт относят к выработкам 1-го класса в соответствии с классификацией свода правил СП 91.13330.2012 Подземные горные выработки [2]. При нарушениях нормальной эксплуатации таких подземных сооружений работа предприятия вынуждена останавливаться. Одна из основных задач анализа стабильности ствола шахты заключается в оценке несущей способности крепи ствола, выполненной на основе анализа напряженно-деформированного состояния (далее НДС) ствола шахты.

Различными авторами проводились аналитические, например, в [3–5], и численные [6, 7] расчеты прочности и устойчивости различных подземных сооружений. При этом большинство авторов отмечают тот факт, что не существует какого-то общего решения для конструкций

всех видов и для каждого подземного сооружения нужно учитывать как горно-геологический состав пород в конкретной местности, так и особенности проходки стволов.

Поэтому цель представленной работы заключается в оценке НДС вертикального ствола № 2 рудника 1 РУ Солигорского месторождения калийной соли на основе компьютерного моделирования.

В соответствии с [8] ствол №2 рудника 1РУ РУП «ПО «Беларуськалий» пройден Белорусским СШУ треста «Шахтспецстрой» до проектной отметки – 503,0 м, диаметром в свету – 7 м и принят в эксплуатацию в 1963 году.

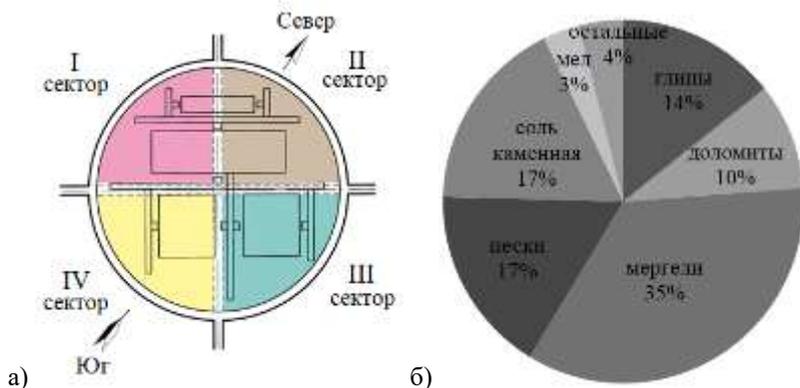


Рисунок 1. Разбивка сечения вертикального ствола № 2 рудника 1РУ РУП «ПО « Беларуськалий» на сектора для осмотра крепи [8] (а) и геологический состав горных пород на руднике 1РУ (б)

Крепление верхней части ствола выполнено с отметки 3,385 м до отметки 415,0 м усиленными чугунными тубингами шахтного типа с толщиной стенки от 40 до 70 мм с заполнением затубингового пространства бетоном. Тип тубингов (их толщина) и толщина затубингового бетонного крепления приведены в таблице 1. Нижняя часть ствола с отметки 422,05 м до отметки 494,7 м закреплена монолитной бетонной (М150), местами железобетонной крепью толщиной 560 мм с последующей облицовкой его специальным строительным кирпичом марки 150 и 300 толщиной в один кирпич. Ниже тубинговой колонны крепление осуществлено бетоном марки 150 толщиной около 560 мм с последующей облицовкой его специальным строительным кирпичом марки 150 и 300 толщиной в один кирпич. Зумпфовая часть между отметками 494,7 м и 503,0 м закреплена чугунными тубингами серии Ш-50 с заполнением затубингового пространства бетоном марки 150.

Таблица 1.

**Характеристика крепи ствола №2 рудника 1РУ
на участке между отметками 3,385-415,0 м [8]**

Тюбинговая крепь				Бетонная крепь (затюбинговая)			
Участок крепи ствола		Характеристики тюбингов		Участок крепи ствола		Характеристики бетонной крепи	
глубина, м	№№ ярусов армировки	тип	толщина спинки, мм	глубина, м	№№ ярусов армировки	марка бетона	толщина крепи, мм
1	2	3	4	5	6	7	8
3,385-75,0	2-27	Ш-40	40	0,0-47,46	1-17	150	730
75,0-166,0	27-58	Ш-50	50	47,46-162,7	17-56	150	520
166,0-269,0	58-93	Ш-60	60	162,7-167,7	56-58	150	390
296,0-414,0	93-142	Ш-70	70	167,7-172,7	58-60	150	380
				172,7-268,0	60-93	150	310
				268,0-413,5	93-142	150-200	300

При обследовании [8] выявлено, что степень коррозии тюбинговой крепи ствола уменьшается в направлении от устья в сторону зумпфа. Наиболее интенсивная коррозия наблюдается в верхней части тюбинговой колонны на участке между 2-30 ярусами армировки, что выражается в разрушении на 30-40% от первоначального размера ребер жесткости, стенок тюбингов, а также болтов, скрепляющих тюбинги между собой. Поэтому моделирование НДС выполнялось для этого участка ствола.

Расчет параметров нагружения (q_{ni}) участков ствола № 2 рудника 1РУ сведены в таблицу 2. Давление в нижней точке участка определено по формуле бокового давления на шахтный ствол при пересечении вертикальной выработкой различных по своим физико-механическим свойствам пород [9]:

$$q_n = \gamma_{cp} \cdot H \cdot \operatorname{tg}^2 \left(\frac{90^\circ - \varphi_{cp}}{2} \right), \quad (1)$$

где H – глубина шахты, м;

$\gamma_{\text{ср}}$ – средневзвешенное значение объемного веса пород, Н/м³;
 $\varphi_{\text{ср}}$ – средневзвешенное значение угла внутреннего трения, градус.

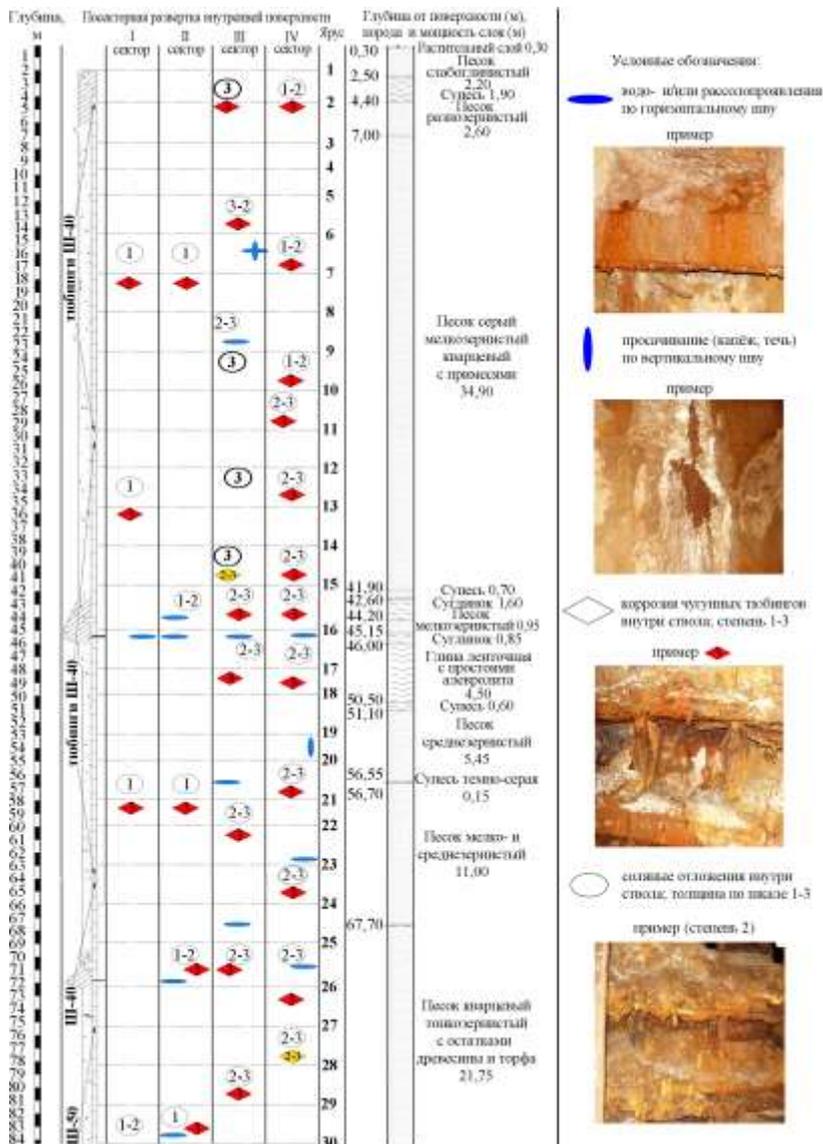
Таблица 2.

**Расчет давлений от горных пород на ствол №2 рудника 1РУ
на 1-30 ярусах**

H , м	Наименование породы	γ_i , кг/м ³	φ_i , рад	$\Sigma\gamma_i \cdot (H_i - H_{i-1})$, кг/м ²	$\Sigma\varphi_i \cdot (H_i - H_{i-1})$, рад·м	$\gamma_{\text{ср}}$, кг/м ³	$\varphi_{\text{ср}}$, рад	$q_{n(i-1)}$, кН/м ²	$q_{n(i)}$, кН/м ²
0,30	растительный слой	1024	18	307,2	5,40	1024	18	0,000	1,535
2,50	песок слабо-глинистый	1710	32	4069,2	75,80	1627,680	30,320	1,535	13,140
4,40	супесь	957	29	5887,5	130,90	1338,068	29,750	13,140	19,453
7,00	песок разно-зернистый с гравием и галькой	1820	35	10619,5	221,90	1517,071	31,700	19,453	32,416
41,90	песок мелко-зернистый, кварцевый с примесями	2016	29	80977,9	1234,00	1932,647	29,451	32,416	270,791
42,60	супесь	900	28	81607,9	1253,60	1915,678	29,427	270,791	273,158
44,20	суглинок темно-серый средней плотности	850	24	82967,9	1292,00	1877,102	29,231	273,158	279,904
45,15	песок серый мелко-зернистый	1710	32	84592,4	1322,40	1873,586	29,289	279,904	284,720
46,00	суглинок	850	24	85314,9	1342,80	1854,672	29,191	284,720	288,276

$H, \text{ м}$	Наименование породы	$\gamma_i, \text{ кг/м}^3$	$\varphi_i, \text{ рад}$	$\Sigma \gamma_i \cdot (H_i - H_{i-1}), \text{ кг/м}^2$	$\Sigma \varphi_i \cdot (H_i - H_{i-1}), \text{ рад} \cdot \text{м}$	$\gamma_{\text{ср}}, \text{ кг/м}^3$	$\varphi_{\text{ср}}, \text{ рад}$	$q_{\text{н}(i-1)}, \text{ кН/м}^2$	$q_{\text{н}i}, \text{ кН/м}^2$
50,50	глина ленточная с прослоями алевролита	1200	30	90714,9	1477,80	1796,335	29,263	288,276	305,640
51,10	супесь	960	29	91290,9	1495,20	1786,515	29,260	305,640	307,619
56,55	песок средне-зернистый	1540	38	99683,9	1702,30	1762,757	30,103	307,619	324,723
56,70	супесь темно-серая	960	29	99827,9	1706,65	1760,633	30,100	324,723	325,230
67,70	песок мелко- и средне-зернистый	1600	34	117427,9	2080,65	1734,533	30,733	325,230	372,880
89,45	песок кварцевый гонко-зернистый	2020	29	161362,9	2711,40	1803,945	30,312	372,880	521,217

На рисунке 3 приведен схематический отчет о состоянии крепи ствола № 2 рудника 1РУ РУП «ПО «Беларуськалий», обследованных в рамках выполнения работ, описанных в [8].



**Рисунок 2. Горно-геологические и горно-технические условия
и техническое состояние крепи ствола № 2 рудника 1РУ
на ярусах 1-30**

Анализ НДС крепи шахт выполнен с использованием ANSYS Workbench. При моделировании статического нагружения ствола № 2 рудника 1 РУ до 30 яруса использованы следующие характеристики материалов крепи [10, 11]: плотности материалов: $\rho_{\text{бетонM150}} = 2000 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{\text{чугун}} = 7000 \text{ кг/м}^3$; модули упругости материалов: $E_{\text{бетонM150}} = 19 \text{ МПа}$; $E_{\text{чугун}} = 11,6 \cdot 10^4 \text{ МПа}$; коэффициенты Пуассона для материалов: $\mu_{\text{бетонM150}} = 0,2$; $\mu_{\text{чугун}} = 0,22$. Расчеты выполнялись для проектных значений толщин тюбингов и значений, составляющих 60 % от исходной толщины в соответствии с результатами обследования ствола шахты, приведенными в [8]. Результаты расчета приведены на рисунках 4 и 5.

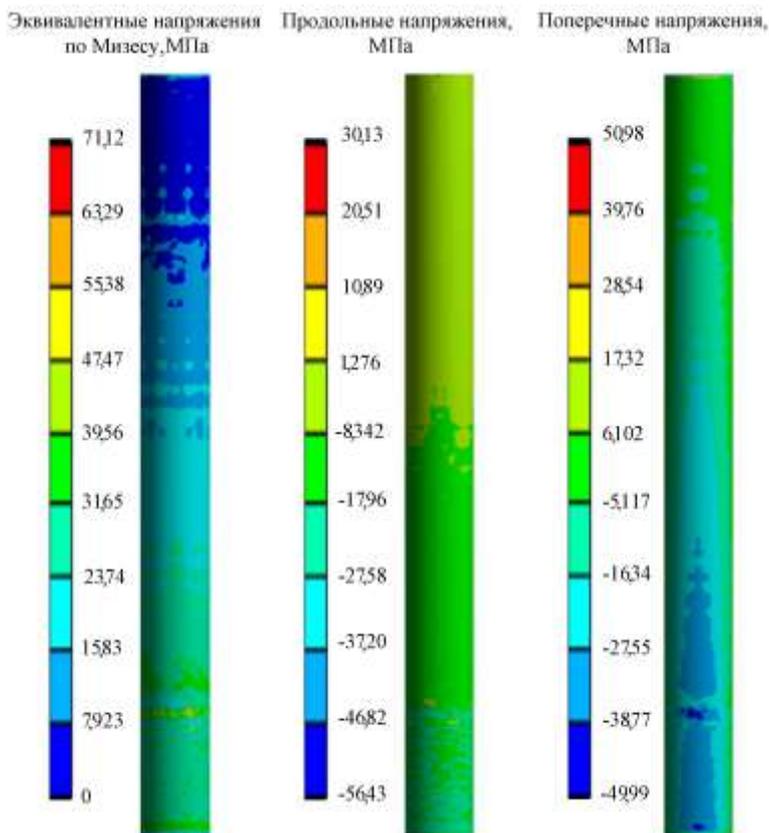


Рисунок 4. Результаты расчета НДС тюбинга ствола № 2 рудника 1 РУ для проектных значений толщин материалов на 1-30 ярусах армировки

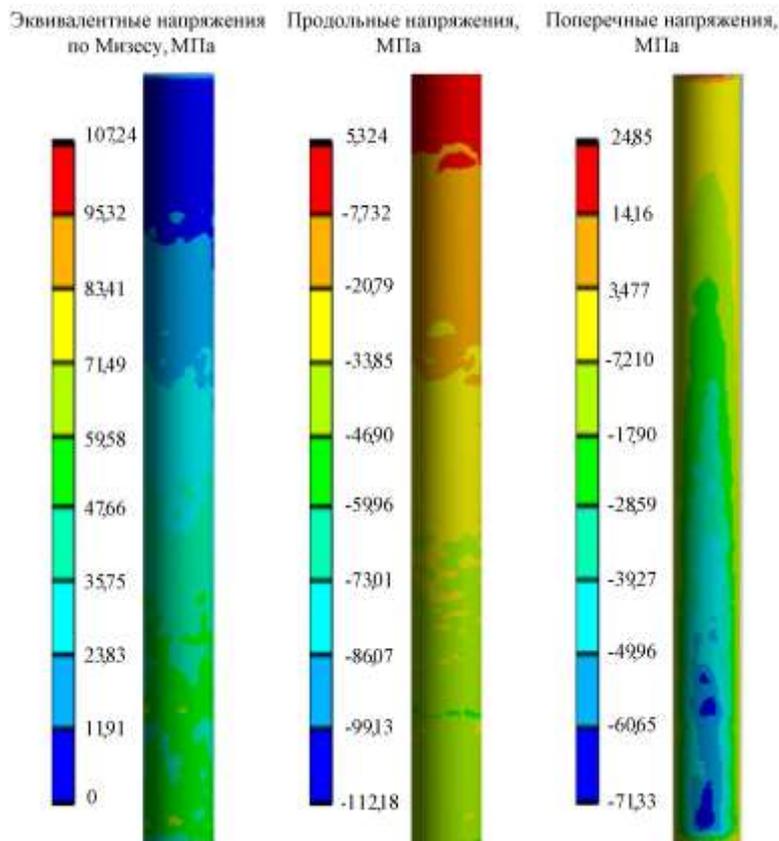


Рисунок 5. Результаты расчета НДС тюбинга ствола № 2 рудника 1 РУ для реальных значений толщин материалов на 1-30 ярусах армировки

Как показывают результаты расчета НДС ствола шахты, при уменьшении толщины тюбинга на 40 % максимальные эквивалентные напряжения по Мизесу возрасли более, чем на 50 %. Сжимающие напряжения в продольном направлении ствола увеличились на 98,8 %, а в поперечном направлении – на 42,7 %, при этом они не превышают допусаемых для чугуна значений. Однако рекомендуется проводить мероприятия по укреплению чугунного тюбинга, а также по выявлению остаточной толщины бетонной крепи в местах истонченного тюбинга для снижения вероятности возникновения аварийной ситуации на шахте.

Список литературы:

1. Долгий И.Е. Основы горного производства: учеб. пособие / И.Е. Долгий, А.А. Силантьев. – СПб: СПбГГУ, 2003. – 96 с.
2. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений: учеб. для вузов / Н.С. Булычев. – М.: Недра, 1994. – 382 с.
3. Лисковец А.С. Анализ способов крепления, тампонажа закрепного пространства горных выработок и методов расчета взаимодействия крепи с массивом горных пород / А.С. Лисковец, В.П. Тациенко // Техника. – 2021. – №. 1. – С. 27–52.
4. A case study on large deformation failure mechanism of deep soft rock roadway in Xin'An coal mine, China / S.Q. Yang et al. // Eng. Geol. 2017. – Vol. 217. – P. 89–101.
5. The Unified Strength Theory for Plastic Limit Load Analysis of Vertical Shaft Lining / G. Zhao et al. // Advances in Civil Engineering. – 2018. – Vol. 2018. – 6 p.
6. Пашкова О.В. Обоснование технических и технологических решений по сооружению пристольных выработок в пройденных вертикальных стволах: дис. ... канд. техн. наук / О.Г. Быкова: Новочеркасск, 2015. – 145 с.
7. Investigation of deep mine shaft stability in alternating hard and soft rock strata using three-dimensional numerical modeling / X. Sun et al. // Processes. – 2019. – Vol. 7. – №. 2. – paper 7010002 – 17 p.
8. Выполнить анализ результатов проведенных обследований крепи стволов, оценить необходимость и объемы геофизических работ на деформированных участках : отчёт о НИР (промежут. по дог. № 899.С.2009, этап 1.4) / ОАО «Белгорхимпром»; рук. А.М. Ефимов; исполн.: Кафанова Т.П. [и др.]. – Минск, 2009. – 42 с. – № ГР 20092386.
9. Кологривко А.А. Проведение и крепление подземных горных выработок / А.А. Кологривко. – Мн.: БГПА, 2001. – 38 с.
10. Байер В.Е. Строительные материалы: Учебник / В.Е. Байер. – М.: Архитектура-С, 2004. – 240 с.
11. Строительные материалы и изделия: учеб. пособие / В.С. Руднов [и др.]. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 203 с.

РАЗДЕЛ 4.

ФИЗИКА

4.1. ОПТИКА

ИНДИКАТРИСА РАССЕЯННОГО СВЕТА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ НОЭЛЕКТРОЛИТОВ

Сабиров Леонард Мухаммеджанович

*д-р. физ.-мат. наук, профессор,
Самаркандский государственный университет им. Ш. Рашидова,
Республика Узбекистан, г. Самарканд*

Жураев Йулчи Тошмамадович

*канд. физ.-мат. наук, ассистент,
Самаркандский государственный университет им. Ш. Рашидова,
Республика Узбекистан, г. Самарканд*

Каршибоев Шавкат Эсирганович

*аспирант,
Самаркандский государственный университет им. Ш. Рашидова,
Республика Узбекистан, г. Самарканд*

Уринбоев Нодир Мавлон угли

*магистр,
Самаркандский государственный университет им. Ш. Рашидова,
Республика Узбекистан, г. Самарканд*

Махамадиев Мухриддин.Тожидинович

*аспирант,
Самаркандский государственный университет им. Ш. Рашидова,
Республика Узбекистан, г. Самарканд*

Сафаров Азамат Хайрилло угли*студент,**Самаркандский государственный университет им. Ш. Рашидова,
Республика Узбекистан, г. Самарканд***Зийодуллаев Азиз Нурилло угли***студент,**Самаркандский государственный университет им. Ш. Рашидова,
Республика Узбекистан, г. Самарканд*

Целый класс водных растворов органических веществ при определенной температуре и концентрации обладает необычными термодинамическими свойствами [1]. На диаграмме фазовых состояний таких растворов наблюдается существенное отклонение термодинамических параметров, таких как избыточный молярный и избыточный парциальный молярный объем, избыточная молярная и избыточная парциальная молярная энтальпии, избыточная молярная и избыточная парциальная молярная энтропия, избыточная молярная и избыточная парциальная молярная энергия Гиббса (избыточные химические потенциалы), активность коэффициенты, теплостойкость, изотермическая сжимаемость и объемное расширение [1].

Физические процессы предвещающие к этим аномалиям могут быть проявляются в молекулярном рассеянии света. Так как рассеяние обусловлено флуктуациями термодинамических параметров, то интенсивность рассеяния будет зависеть от этих флуктуации. В связи с этим мы выполнили исследование Индикатрисы рассеяния света в водных растворах не электролитов. Методика эксперимента описана в [2] работы. Размер частиц (гидродинамический радиус) рассчитывается по формуле Стокса-Эйнштейна, которая связывает размер частиц с их коэффициентом диффузии и вязкостью жидкости.

Метод динамического рассеяния света используется также для измерения скоростей потоков жидкостей и газов. Традиционно, этот вариант метода носит название лазерной доплеровской анемометрии (ЛДА). В частности, данная конфигурация метода ДРС используется для измерения электрофоретической подвижности наночастиц, откуда рассчитывается их дзета-потенциал.

В качестве примера рассмотрим диффузию монодисперсных наночастиц, диспергированных в жидкости. Хаотическое броуновское движение дисперсных частиц приводит к микроскопическим флуктуациям их локальной концентрации и соответствующим локальным неоднородностям показателя преломления среды.

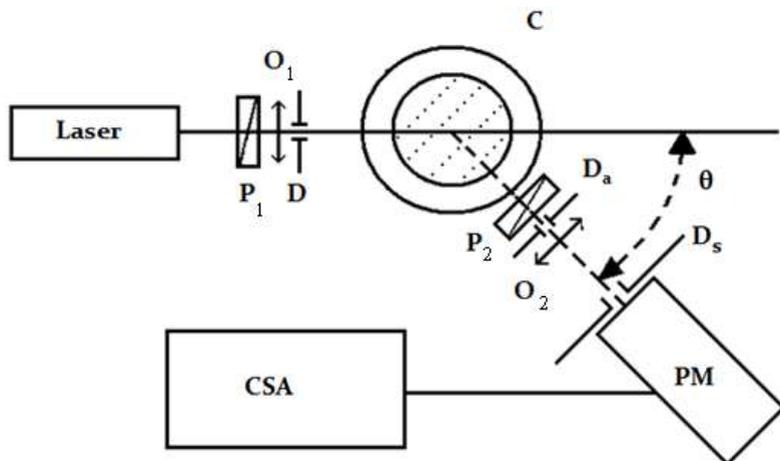


Рисунок 1. Оптическая схема экспериментальной установки

Схема экспериментальной установки: Laser – He-Ne лазер; P – поляризаторы; O – объективы или линзы; C – кювета; θ – угол рассеяния; D_a – апертурная диафрагма; PM – фотоприёмник; CSA – коррелятор; D_s – диафрагма перед фотоприёмником (катодная).

Апертурная диафрагма D_a и катодная диафрагма D_s позволяют обеспечить пространственную когерентность рассеянного света. Они выделяют площадь когерентности на фотокатоде, т.е. такую площадь, внутри которой разность хода света, рассеянного в разных точках площади боковой проекции объёма рассеяния, составляет менее $\lambda/2$. Прибор позволяет исследовать растворы полимеров, биополимеров и коллоидные системы. Измерение размеров частиц возможно в диапазоне от 0.5 нм (размер молекулы воды) до 6 мкм. Источником излучения служит термостабилизированный диодный лазер с длиной волны 654 или 445 нм (мощностью 25 мВт). Необходимый для исследования объем образца – от 0.2 до 10 мл. Прибор позволяет также исследовать угловые зависимости интенсивности светорассеяния в диапазоне от 10° до 150° . Температура термостатирования устанавливается от 15°C до 105°C , возможно исследование температурных зависимостей размеров частиц в данном диапазоне температур. Прибор также позволяет исследовать временные зависимости размеров частиц при их агрегации. Для растворов и коллоидов, содержащих как отдельные частицы, так и агрегаты из них, возможно исследование фрактальной размерности агрегатов. Для измерения электрофоретической подвижности наночастиц в суспензию вводится два электрода, к которым прикладывается напряжение, а в

лазерный луч перед линзой О1 вводится раздвоитель пучка. Направление раздвоителя должно совпадать с направлением поля. Тогда объём рассеяния освещается двумя лучами, сходящимися под малым углом $\phi \approx d/f$, где d – расстояние между параллельными пучками на выходе раздвоителя, а f – фокус линзы О1. Интерференция этих лучей дает в направлении поля распределение интенсивности $I \sim \sin(2\pi x/\Lambda)$, $\Lambda = \lambda / (2 \sin(\phi/2))$, и при движении частиц через такую решётку со скоростью V в АКФ появляется множитель $\cos((2\pi V/\Lambda)\tau)$. Зная напряжённость поля, радиус и скорость частиц нетрудно определить их заряд и дзета-потенциал.

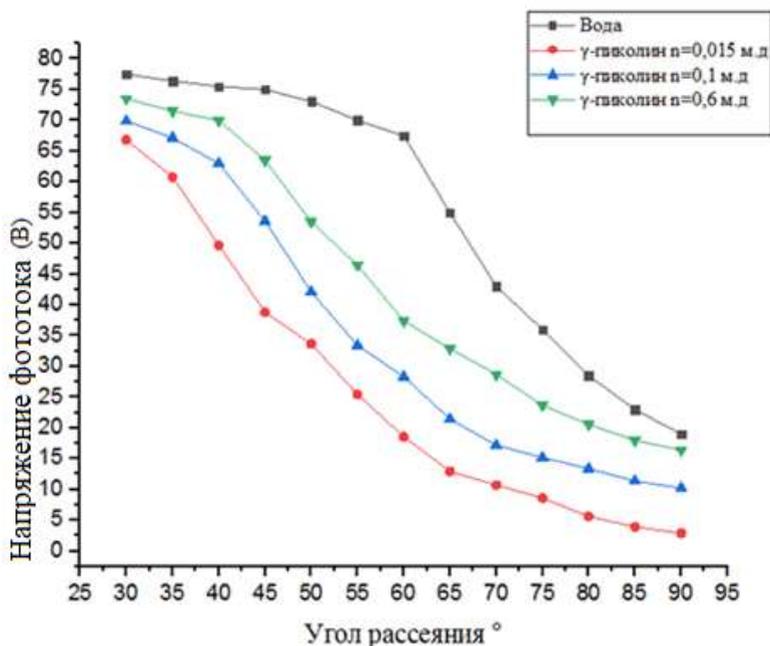


Рисунок 2. Результаты измерения индикатрисы

При прохождении лазерного луча через такую среду часть света будет рассеяна на этих неоднородностях. Флуктуации интенсивности рассеянного света будут соответствовать флуктуациям локальной концентрации дисперсных частиц.

Результаты измерения относительной интенсивности МРС в зависимости от угла рассеяния представлены на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, что относительная интенсивность рассеяние света МРС сильно зависеть от концентрации γ -пиколина в воде. Причём это изменение различна для различных углов рассеяния. На угловой зависимости можно выделить прямолинейную зависимость которая различна для различны концентрации. Незначительное количество молекул γ -пиколина существенно влияет на интенсивность МРС для всех углов рассеяния. Таким образом мы можем сделать вывод о том, что присутствие чужо родных молекул сплошной сетки водородных связи воды приводить заметному изменению структуры трехмерной сплошной сетки в объеме рассеяния водном растворе. Таким образом исследования МРС в зависимости от концентрации при различных углах рассеяния может быть использована для диагностики структуры раствора [2].

Список литературы:

1. D. Subramanian, J.B. Klauda, J. Leys, M.A. Anisimov- Термодинамические аномалии и структурные флуктуации в водных растворах третьего бутилового спирта. Вестник СПбГУ. Сер. 4. 2013. Вып. 1
2. В.Е. Эскин – Рассеяние света растворами полимеров. Наука. 1973.

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*Сборник статей по материалам LIV международной
научно-практической конференции*

№ 4 (54)
Июнь 2022 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 13.06.21. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 6,125. Тираж 550 экз.

Издательство «МЦНО»
123098, г. Москва, ул. Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74
E-mail: tech@nauchforum.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3



НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru