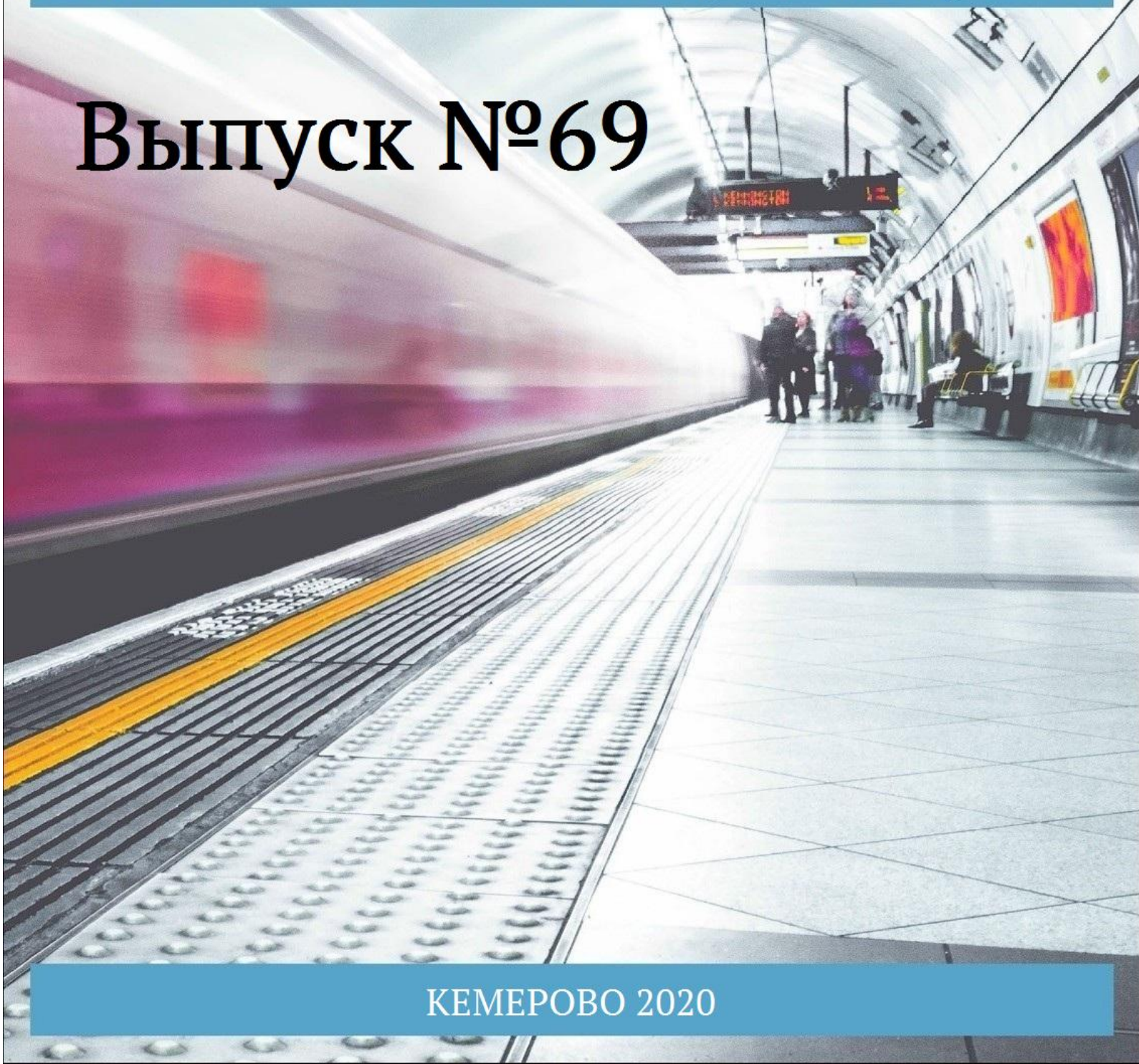
ТОЧНАЯ НАУКА

естественнонаучный журнал

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

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



Выпуск №69

КЕМЕРОВО 2020

20 января 2020 г.
ББК Ч 214(2Рос-4Ке)73я431
ISSN 2500-1132
УДК 378.001
Кемерово
Журнал выпускается ежемесячно, публикует статьи по естественным наукам. Подробнее на www.t-nauka.ru
За точность приведенных сведений и содержание данных, не подлежащих открытой публикации, несут ответственность авторы.
Редкол.:
Никитин Павел Игоревич - главный редактор, ответственный за выпуск журнала
Баянов Игорь Вадимович - математик, специалист по построению информационно-аналитических систем, ответственный за первичную модерацию, редактирование и рецензирование статей
Артемасов Валерий Валерьевич - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей
Зимина Мария Игоревна - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей
Нормирзаев Абдукаюм Рахимбердиеви - кандидат технических наук, Наманганский инжинерно-строительный институт (НамМПИ)
Безуглов Александр Михайлович - доктор технических наук, профессор кафедры математики и математического моделирования, Южно-российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) им. М.И .Платова,
Наджарян Микаел Товмасович - кандидат технических наук, доцент, Национальный политехнический университет Армении
Шушлебин Игорь Михайлович - кандидат физико-математических наук, кафедра физики твёрдого тела Воронежского государственного технического университета
Равшанов Дилшод Чоршанбиевич - кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технология, машины и оборудования полиграфического производства», Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими
Крутякова Маргарита Викторовна – доцент, кандидат технических наук, Московский политехнический университет
Гладков Роман Викторович - кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации вооружения и военной техники Рязанского гвардейского высшего воздушно-десантного командного училища
Моногаров Сергей Иванович - кандидат технических наук доцент Армавирского механико-технологического института (филиал) ФГОУ ВО КубГТУ
Шевченко Сергей Николаевич - кандидат технических наук, доцент кафедры СЭУ, Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота РФ
Отакулов Салим - Доктор физико-математических наук, профессор кафедры высшей математики Джизакского политехнического института
А.О. Сергеева (ответственный администратор)[и др.];

Естественнонаучный журнал «Точная наука», входящий в состав «Издательского дома «Плутон», был создан с целью популяризации естественных наук. Мы рады приветствовать студентов, аспирантов, преподавателей и научных сотрудников. Надеемся подарить Вам множество полезной информации, вдохновить на новые научные исследования.
Издательский дом «Плутон» www.idpluton.ru e-mail: admin@idpluton.ru
Подписано в печать 20.01.2020 г. Формат 14,8×21 1/4. | Усл. печ. л. 2.2. | Тираж 500.
Все статьи проходят рецензирование (экспертную оценку).
Точка зрения редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых статей.
Авторы статей несут полную ответственность за содержание статей и за сам факт их публикации.
Редакция не несет ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи.
При использовании и заимствовании материалов ссылка обязательна.

Содержание

1. ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ……..……..……..……...2
Каюков И.Ю., Константинов А.В., Жалилова А.А.

2. РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ УПРАВЛЕНИЯ ТОВАРНЫМИ ЗАПАСАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ……..……...7
Каюков И.Ю., Константинов А.В.

3. ЭНЕРГИЯ ФОТОНА. ИТОГ…….……....10
Ломашевич С.А.

4. РЕШЕНИЕ РАЗНОСТНОГО УРАВНЕНИЯ МЕТОДОМ СТРЕЛЬБЫ (ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ)…….…….…….....14
Веретенников В.Н., Большаков В.А.

5. ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ БАЗ ДАННЫХ…….....19
Юшин А.В., Храмов В.Ю.

6. МИКРОЭЛЕКТРОНИКА В РОССИИ…….……....27
Бармаков К.Р.

7. ОЦЕНКА ХИМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НАХЧЫВАНСКОЙ АВТОНОМНОЙ РЕСПУБЛИКИ…….…….…...30
Мамедова Ф. С., Махмудова Н.В., Ибрагимова Л.Н.

8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАМЕРЫ ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ…….……...37
Комкова В.С., Ушков И.В.

9. СНИЖЕНИЕ СЛЕМИНГА ДНИЩА КОНСТРУКЦИИ, СОЕДИНЯЮЩЕЙ КОРПУСА МНОГОКОРПУСНОГО СУДНА……..……..42
Дубровский В.А.

10. ФОТОН. ФОРМИРОВАНИЕ КВАНТА……..……..……..53
Ломашевич С.А.

11. РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТОВ ДЛЯ ОСНОВНОЙ И ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ……..……..…….……..….56
Нормирзаев А., Нуриддинов А.

12. УТОЧНЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ЗУБЧАТЫХ МУФТ С ЭВОЛЬВЕНТНЫМ ПРОФИЛЕМ ЗУБЬЕВ ВТУЛКИ И ОБОЙМЫ……..……..……..….59
Половинкина Н.Б., Александров А.Р.

Каюков Игорь Юрьевич
Kayukov Igor Yurevich
студент, Самарский Государственный Технический Университет, кафедра Автоматизации технологических процессов и производств
г. Самара. E-mail: Igoryn.Kayukov@yandex.ru

Константинов Алексей Вадимович
Konstantinov Aleksey Vadimovich
студент, Самарский Государственный Технический Университет, кафедра Автоматизации технологических процессов и производств
г. Самара. E-mail: GGboba1@yandex.ru

Жалилова Анна Александровна
Zhalilova Anna Aleksandrovna
преподаватель, Самарский Государственный Технический Университет, кафедра Автоматизации технологических процессов и производств
г. Самара. E-mail: odinanya@yandex.ru

УДК 004.738.5

ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ

INTERNET OF THINGS

Аннотация: Интернет вещей представляет собой концепцию вычислительной сети различного рода физических предметов, которые оснащены всевозможными встроенными технологиями, позволяющими им поддерживать связь как друг с другом, так и со внешней средой. Данная концепция рассматривает организацию таких сетей в качестве явления, благодаря которому возможно перестраивать различного рода общественные, а также экономические процессы, не требующие человеческого участия.

Abstract: The Internet of things is a concept of a computer network of various kinds of physical objects that are equipped with all sorts of built-in technologies that allow them to communicate with each other and with the external environment. This concept considers the organization of such networks as a phenomenon through which it is possible to reconstruct various social and economic processes that do not require human participation.

Ключевые слова: интернет вещей, вычислительная сеть, сети 5G, искусственный интеллект, технологии межмашинного взаимодействия.

Keywords: Internet of things, computer network, 5G networks, artificial intelligence, inter-machine interaction technologies.

Знакомьтесь, IoT: откуда он появился и как развивался в России?

Появился интернет вещей (он же iOT) в 1999 году как осмысление возможности взаимодействия физических предметов как с внешней средой, так и друг с другом. Начиная с 2010 года, данная концепция начала очень активно пополняться технологическим содержанием. Постоянно внедряются все новые идеи ее реализации на практике. Наиболее активно этому способствует:

- появление различного рода беспроводных сетей, в том числе 5G,
- развитие технологий машинного взаимодействия,
- освоение программно-определяемых сетей,
- облачные вычисления.

В Российской Федерации интернет вещей впервые начала развивать компания Huawei Enterprise Business Group. Изначально он проник в промышленную сферу. Таким образом существенно сократились затраты на производство и значительно улучшилось его качество. В частности, интернет вещей был взят на вооружение российской компанией КАМАЗ. В настоящее время у нее уже целых два проекта, которые реализуются благодаря этой концепции. Это модернизация конвейеров для сборки автотранспорта и разработка беспилотного автомобиля.

Использование умных инструментов на этапе сборки позволит снизить процент брака и правильно выполнять затяжку основных важных узлов конструкции, без вибрации, риска порчи деталей. Тестирование беспилотного КАМАЗа назначено на 2019 год. Помимо автомобильной промышленности интернет вещей в Российской Федерации активно используют операторы связи.

Конечно, огромную роль в развитии интернета вещей в Российской Федерации сыграли различного рода иностранные корпорации, открыв в нашей стране инновационные центры и регулярно поставляя новое программное обеспечение.[1]

Особенности и тренды IoT. Развитие «интернета вещей» в России

К особенностям интернета вещей необходимо отнести следующее:

- Доступность облачных вычислений;
- Повсеместность беспроводных сетей;
- Постоянное удешевление электронных составляющих;
- Постоянное увеличение числа приложений для различного рода мобильных устройств, а также количества их скачиваний из специальных магазинов приложений;
- Дальнейшее распространение сети интернет;
- Увеличение объемов продаж, а также наличного парка смартфонов и планшетов;
- Постоянно увеличивающаяся пропускная способность каналов;
- Постоянное увеличение интереса к сектору промышленного интернета вещей (Industrial IoT) различных предприятий;
- Постоянное развитие технологий межмашинного взаимодействия;
- Все больше компаний предоставляет программное обеспечение для интеграции своей продукции и сервисов;
- Происходит постоянное освоение программно-конфигурируемых сетей;
- Постоянно удешевляется обработка данных.

Говоря об особенностях применения «интернета вещей» в России, необходимо отметить, что на текущий момент времени наша страна значительно отстает от других государств в плане внедрения именно тех современных технологий, которые во всем остальном мире являются наиболее востребованными. Речь, в частности, идет об искусственном интеллекте, а также робототехнике. Это объясняется многими факторами. В частности, экономическими, финансовыми, правовыми, нормативными, а также ментальными. Российская Федерации как государство является достаточно консервативным. То есть не склонным к различного рода технологическим экспериментам. К тому же использование интернета вещей в Российской Федерации существенным образом затрудняет нестабильность экономической ситуации, плохая внутренняя конкуренция, а также инертность персонала и менеджмента крупных организаций. Но поддержка нашим государством данной технологии позволяет нам уже отметить наметившиеся тренды:

1. Наличие искусственного интеллекта в оконечных устройствах.

Что это означает? Например, камера видеонаблюдения в метрополитене, на вокзале, в аэропорту сможет не только фиксировать перемещение людей, но распознавать их по полу, возрасту, национальности, другим признакам, вести параллельно подсчет пассажиров и оценивать загруженность станции/платформы/терминала. Это существенно снижает нагрузку на сотрудников, облегчает поиски конкретных личностей при необходимости, данные с камер могут использоваться для оптимизации транспортного сообщения. Внедрение температурных датчиков позволит вовремя исключить людей с повышенной температурой из мест скопления людей и предупредить развитие эпидемий. На сегодняшний момент пилотные проекты в этом направлении уже существуют и тестируются.

2. AI и блокчейн как стандарт качества контроля

Искусственный интеллект контролирует исправность работы энергетического оборудования, помогает оптимизировать энергопотребление, снизить расходы на его обслуживание и ремонт. В медицине с его помощью проверяют правильность решения врача о постановке диагноза, предположительной динамике развития заболевания, эффективность назначенного лечения. Программы, направленные на распознавание речи и изображений, внедряются в сферу торговли, что позволяет адаптировать ассортимент магазина под конкретные запросы покупателя, анализировать покупательские потребности человека тоже можно с помощью искусственного интеллекта. Это

значительно повысит продажи и будет способствовать развитию действительно индивидуального подхода к клиенту. Блокчейн выступает гарантом постпродажных услуг: доставки, страхования и т.п.

3. Интеграция iOT-платформ для «умных» городов

В понятие «умный город» входит сбор, анализ, обработка, хранение данных со всех датчиков. Каждое устройство – это определенный разработчик и функционал, поэтому их работу нужно уметь координировать, чтобы разные платформы и приложения работали совместно, помогая решать определенную задачу. Это требует от специалистов умения создавать общую облачную платформа, где и происходит в автоматическом режиме обмен информацией между различными городскими инфраструктурами и подключенными устройствами.

4. Потребность в развитии iOT и появлении операторов

Технологичность современности и развитие мировых тенденций к оцифровке данных делает интернет вещей необходимостью в будущем и его обязательной составляющей. Некоторые сферы торговли уже почувствовали на себе необходимость облегчить процесс контроля поставок и инвентаризации, например, это можно сказать о товарообороте алкоголя и пушных изделий – правительство в целях борьбы с контрафактом потребовало обязательного нанесения маркировки на данные типы продукции. В 2019 году к обязательно маркируемой продукции могут отнести одежду и обувь.

5. Постепенная замена физической IT-инфраструктуры облачной

Отказ от выделенных серверов сейчас уже стало общей тенденцией. На смену им пришли облачные технологии. Это удешевляет разработку программных продуктов и ускоряет их вывод на рынок. Было установлено, что разработка чат-ботов, приложений, сервисов в сфере финансов, iOT-сервисов с применением архитектуры serverless обходилась разработчикам в 15-20 раз дешевле.[2]

Благоволит ситуации и интерес к развитию iOT в России зарубежных специалистов в данной области. Например, о России как о лидирующей площадке для сотрудничества заявил бренд Huawei. Эта компания проводит обширную образовательную деятельность в сфере цифровых коммуникаций и инфраструктурных решений. Свои знания и умения специалисты в сфере IT могут продемонстрировать в ходе соревнований Huawei Honor Cup. Это мероприятие – отличный шанс для молодых IT-специалистов, студентов и аспирантов заявить о себе и начать совместную работу с одним из лидеров iOT-направления. Соревнования всегда имеют широкую огласку в СМИ, информацию о конкурсе в соцсетях можно найти по хэштегу #huaweihonorcup.

Интернет вещей как повседневность: в чем ценность применения IoT?

Интернет вещей наиболее широко используется в следующих сферах:

1. Агрокультура. Различного рода умные устройства достаточно широко применяются как в животноводстве, так и в фермерстве. В основном это так называемые дроны, а также инструменты, ускоряющие выполнение важных ежедневных задач: проверки состава грунта, прогноза климатических изменений, анализ состояния здоровья скота, определения местонахождения больных животных.

2. Промышленность. В этой области достаточно широко используются сенсорные экраны, программы для создания дизайна в футуристическом стиле, а также точных вычислений. Это позволяет существенно увеличить уровень продуктивности, а также исправить всевозможные ошибки, допущенные человеком.

3. Торговля. Благодаря использованию различного рода умных устройств можно существенно улучшить покупательский опыт людей, часто посещающих торговые центры. Все самые необходимые им товары или же услуги появляются непосредственно у них перед глазами как только они заходят в магазин. Кроме того, благодаря использованию интернета вещей в области ритейла можно наиболее точно настроить рекламу, значительно улучшить цикл поставок, а также проанализировать какие товары или же услуги являются наиболее востребованными на определенный момент времени. Также, интернет вещей предоставляет возможность бесконтактной оплаты различного рода товаров или же услуг.

4. Здравоохранение. В данной области интернет вещей не просто оказывает влияние на жизнь и здоровье людей, но еще и существенным образом упрощает работу врачей. Так, например, сотрудники скорой помощи могут принимать вызовы по интернету. К тому же, интернет вещей позволяет выработать индивидуальный подход к лечению конкретного пациента. Однако тут пока что не все так гладко. Существующие приложения нуждаются в серьезной доработке.[3]

Нужно ли развивать интернет вещей в России? Применяемые меры и насущные проблемы

Развивать интернет вещей в Российской Федерации, несомненно, нужно. И для этого необходимо будет принять следующие меры:

1. Устранение дисбаланса между «железом» и программным обеспечением. Рынок программного обеспечения в нашей стране является очень сильным. Чего нельзя сказать о рынке так называемого железа. Микроэлектроника перестала развиваться сразу же после того как распался Союз Советских Социалистических Республик. Наработанная компетенция по производству процессоров, чипов, датчиков, серверов и модемов отсутствует как таковая. Решение проблемы за счет импортозамещения не представляется возможным. По крайней мере, в течение ближайшего периода времени. Сейчас все «железо» делается в Российской Федерации по заграничному образцу
2. Достижение мировых показателей. В области развития интернета вещей Российская Федерация отстает от таких государств как Китай, Япония, а также Германия примерно на пять лет.
3. Устранение неоднородности. В настоящее время рынок интернета вещей в Российской Федерации является очень фрагментированным. Отсутствуют единые национальные стандарты, как сбора, так и обработки информации. В итоге есть несколько успешных проектов. Однако в целом картину нельзя назвать положительной. И весьма серьезным сдерживающим фактором здесь является экономический. То есть срок возврата капиталовложений в интернет вещей невозможно предсказать.

Перспективы развития IoT в России

Интернет вещей в Российской Федерации будет скорее не корпоративным, а индустриальным. То есть его использовать будут именно индустрии, тем более, что свою заинтересованность в этом они уже выразили.

Также развитие iOT в Российской Федерации приведет к изменению бизнес-моделей различного рода промышленных предприятий. К примеру, авиастроительными компаниями будут изготавливаться детали, имеющие специальные метки, благодаря которым можно будет осуществлять передачу информации. Потому как некоторые из отечественных предприятий, которые относятся к авиационной промышленности, являются звеньями мировой цепи производства и вполне могут стать глобальными лидерами, внедрение интернета вещей является просто необходимым.[4]

По причине очень большой доли участия государства в экономике в качестве основного драйвером роста интернета вещей будет выступать именно сегмент его государственного потребления и стимулирования через различного рода крупные государственные корпорации. В частности, такими драйверами будут являться следующие сферы:

1) жилищно-коммунальное хозяйство;
2) умная энергетика;
3) умные города
4) умная медицина.

Больше всего интернет вещей в Российской Федерации будет развиваться в области медицины, а также в области жилищно-коммунального хозяйства. Также достаточно перспективной сферой для развития интернета вещей является сельское хозяйство, потому как данная отрасль в последние несколько лет значительно утратила свои позиции. Особенно в плане экспорта. Нельзя сбрасывать со счетов и потребительский рынок. Даже несмотря на факт того, что потенциал его является значительно более низким по сравнению со всеми остальными рынками по причине различного рода отрицательных факторов в экономике.

Что же касается российских нефтегазовых компаний, то для них интернет вещей в настоящее время не является приоритетным направлением развития.

Исходя из всего вышеизложенного можно сделать вывод о том, что сегодняшнее отставание интернета вещей в Российской Федерации не является необратимым. Скажем больше: отечественные разработчики имеют абсолютно все шансы на то, чтобы занять нишу IIoT-решений для различного рода сырьевых, а также перерабатывающих предприятий.

Игнорирование общемировых тенденций развития является тупиковым путем для российского интернета вещей. Преследуя цель сохранения конкурентоспособности даже на внутреннем рынке, топ-менеджеры крупных российских организаций вынуждены преодолевать

различного рода стереотипы инертного мышления, а также ментально подстраиваться под современные реалии мировой экономики.

Самой главной отличительной особенностью интернета вещей в Российской Федерации является то, что государству отводится огромная роль регулятора и заказчика различного рода процессов цифровой трансформации. И причем такая активность может иметь как положительный, так и отрицательный характер. С одной стороны, даже у маленьких организаций появляется шанс пробиться, то есть заключить контракт с какой-либо крупной государственной корпорацией. С другой же стороны существует очень большая вероятность бюрократизации всех процессов, которые связаны с построением так называемой цифровой экономики.[5]

Для того, чтобы обеспечить должное развитие интернета вещей в Российской Федерации государство должно провести ревизию нормативно-правовой базы в части регулирования различного рода производственных процессов. Также весьма целесообразным представляется разработка комплекса мер, которые бы могли стимулировать спрос на IoT-решения для различного рода коммерческих организаций. Причем, это должно быть именно стимулирование, а не принуждение.

Библиографический список:

1. Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд. — СПб.: Питер, 2010. — 944 с.
2. Э. Таненбаум, Д. Уэзеролл. Компьютерные сети. Издательство ПИТЕР, 5-е изд. — СПб.: Питер, 2012. — 960 с.
3. А. Сергеев. Основы локальных компьютерных сетей. Издательство ПИТЕР, 2016. – 532с.
4. Олейникова А.В., Нуртай М.Д., Шманов Н.М. Перспективы развития связи 5G. Издательство ТРТУ, издание второе, 2015. С. 233-235.
5. Зараменских Е.П. Интернет вещей. Исследования и область применения. Монография / Е.П. Зараменских. - М.: ИНФРА-М, 2016. - 752 с.

Каюков Игорь Юрьевич
Kayukov Igor Yurevich
студент, Самарский Государственный Технический Университет, кафедра Автоматизации технологических процессов и производств
г. Самара. E-mail: Igoryn.Kayukov@yandex.ru

Константинов Алексей Вадимович
Konstantinov Aleksey Vadimovich
студент, Самарский Государственный Технический Университет, кафедра Автоматизации технологических процессов и производств
г. Самара. E-mail: GGboba1@yandex.ru

УДК 004

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ УПРАВЛЕНИЯ ТОВАРНЫМИ ЗАПАСАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR IMPROVING THE MANAGEMENT OF THE COMPANY'S INVENTORY

Аннотация: В ООО «Газпром трансгаз Самара» используется «Информационно-управляющая система предприятия материально-технических ресурсов», позволяющая автоматизировать снабженческо-сбытовую деятельность. Технологические контуры системы поддерживают специализированные автоматизированные рабочие места (АРМ) от кладовщика до высшего руководства объединения. Система формирует около 200 аналитических отчетов и справок для всех уровней управления материальными потоками предприятий и подразделений-филиалов.

Abstract: Gazprom transgaz - Samara LLC uses the concept "Information management system for the enterprise of material and technical resources of transgaz", which allows transgaz to automate the supply and marketing activities of transgaz. The technological contours of this system support the administration of specialized automated temporary jobs represented (APM) from the storekeeper of achievement to the top management of the original Association. The system of the apparatus generates about 200 analytical reports analyzing and references for all the necessary levels of time management of material flows for enterprises and divisions-branches of production.

Ключевые слова: Информационно-управляющая система предприятия материально-технических ресурсов, автоматизированные рабочие места (АРМ), управление материальными потоками, деятельность склада, управление товарными запасами.

Keywords: The information management system allows enterprises of material and technical transgas resources, automated temporary work stations (APMS), material flow management, warehouse activities, inventory management.

Повышение эффективности системы управления товарными запасами ООО «Газпром трансгаз Самара»

Сквозные технологические контуры системы охватывают весь жизненный цикл движения МТР: заявочную кампанию и договорные отношения с поставщиками/потребителями; поступление, хранение, перемещение и реализацию продукции; диспетчеризацию процессов; складской учет и инвентаризацию складов; экономическое планирование; работу с материально-ответственными лицами; претензионную работу в круглосуточном режиме.

Однако данная система не позволяет ответить на следующий фундаментальный вопрос оптимизации запасов продукции на складе: какова должна быть величина товарного запаса на складе , чтобы минимизировать издержки по управлению запасами и обеспечить высокий уровень обслуживания (поставок), она не выполняет прогнозирование уровня потребляемого материального потока, не производит расчет уровня страхового запаса.

В результате снижается эффективность работы системы управления товарными запасами, так как на складах хранятся как востребованные, так и невостребованные товарные запасы, методы оптимизации в управлении запасами не применяются.

Для устранения выявленных недостатков и повышения эффективности работы системы управления запасами продукции на складе предлагается использовать новые алгоритмы управления базами данных.[1]

Весь процесс деятельности склада подразделяется на:

– приемку товара (принятие произведенной продукции из производственного цеха по сопроводительным документам и передача его на хранение);

– хранение (основная и самая сложная функция склада, подразумевает все действия с продукцией: складирование, комплектование, оформление документации на товар, списание);

– отгрузку и возврат товара (выдача скомплектованного товара клиенту, либо возврат в производственный отдел);

Процесс хранения, в свою очередь подразделяется на:

– формирование отгрузочных документов (в соответствии с оплаченным счетом от клиента); на данном этапе формируются отгрузочные документы, а также документы, согласно которым будет произведено комиссионирование(комплектация) товара для дальнейшей отгрузки клиенту, либо возврата в производственный цех;

– складирование (непосредственное размещение продукции на складе).

Основу системы управления товарными запасами продукции ООО «Газпром трансгаз Самара» представляет база данных: электронных форм документов, данных о клиентах, данные о производстве продукции, оперативно-учетные данные об отгрузках товаров со склада, справочные данные.[2]

Прогнозирование уровня материального потока

Важнейшее значение в управлении товарными запасами имеет прогнозирование материальных потоков.

Для прогнозирования материальных потоков использован метод экстраполяции.

Сущность метода заключается в использовании элементов экономико-математического моделирования, в частности моделирование уравнений регрессии различного вида для описания линии тренда с последующим расчетом прогнозных оценок товарных запасов.

Методика решения задачи:

Первый этап – установление целей и задачи исследования, анализ объекта прогнозирования.

Задачи исследования:

– построение аппроксимирующих функций, адекватно описывающих исходный динамический ряд;

– выполнение трендового анализа;

– построение прогноза годовой потребности в счетчиках газа.

Второй этап – подготовка исходных данных.

Третий этап – логический отбор видов аппроксимирующих функций.

Четвертый этап – получение точечного прогноза.

Зная прогнозируемую годовую потребность в товарных запасах, представляется целесообразным определить оптимальный размер заказа товара с целью минимизации издержек заказа и хранения.

Вычисление оптимального размера заказа произведем в три этапа:

Первый этап – установление цели и задач исследования.

Задачи исследования:

– анализ и уточнение исходных данных;

– определение оптимального размера затрат на создание запаса;

– определение оптимального размера затрат на хранение запаса;

– определение оптимального размера среднего значения текущего запаса;

– определение оптимального количества заказов за год;

– определение оптимального периода между заказами.

Второй этап – подготовка исходных данных.

Третий этап - построение таблицы и ввод исходных данных в MS Excel.

При определении оптимального размера заказа возникает необходимость в сравнивании полученных результатов с фактическими, полученными, в ООО «Газпром трансгаз Самара» при заказе товарной продукции на следующий период.

Четвертый этап – выполнение расчетов.

Пятый этап – анализ результатов.

Разработанная методика позволяет выполнять прогнозирование товарных и производственных запасов всех видов и производить оптимизацию размера заказа продукции, обеспечивающую минимизацию затрат на создание и хранение запасов.[3]

Предложения по совершенствованию управления товарными запасами продукции в ООО «Газпром трансгаз Самара»

В результате исследования системы управления товарными запасами продукции в ООО «Газпром трансгаз Самара» установлено:

– процесс материально-технического снабжения не является оптимальным, а действует по наиболее простому варианту, т.е. план закупок материальных ресурсов осуществляется в соответствии с поданными заявками потребителей на квартал или год;

– одна из основных задач управления материально-технического снабжения и комплектации по соблюдению оптимальных размеров производственных запасов, материально-технических ресурсов, снижения затрат, связанных с их приобретением, поставкой и хранением – не выполняется;

– план закупок на год составляется без использования методов оптимизации, прогнозированием спроса на товарную продукцию не занимаются;

– действующая в компании ИУСП МТР требует модернизации, так как заложенный в ней алгоритм не обеспечивает решение задачи оптимизации запасов продукции.

Разработаны следующие предложения по совершенствованию управления товарными запасами продукции в ООО «Газпром трансгаз Самара».[4]

1. «Информационно-управляющая система предприятия материально-технических ресурсов» (ИУСП МТР) подлежит модернизации в части расчета прогнозируемого спроса товарной продукции и на основании полученных данных - оптимизации заказа товарной продукции на следующий год (квартал).
2. В состав группы АСУ вместо должности оператора ЭВМ ввести должность информатика-аналитика со следующими обязанностями: компьютеризация управленческих решений в ООО «Газпром трансгаз Самара», использование новых информационных технологий в системе управления товарными запасами.
3. В случае незагруженных площадей склада, представляется целесообразным ведение деятельности по коммерческому предоставлению услуг хранения.
4. Внести изменение в должностные инструкции сотрудников, участвующих в подготовке и принятии решений по управлению запасами товарной продукции в ООО «Газпром трансгаз Самара».[5]

Заключение:

1. Система управления товарными запасами продукции ООО «Газпром трансгаз Самара» позволяет автоматизировать снабженческо-бытовую деятельность, однако для повышения эффективности работы системы необходимо компенсировать ряд недостатков действующей в компании ИУСП МТР.
2. Разработаны предложения по совершенствованию управления товарными запасами продукции в ООО «Газпром трансгаз Самара».

Библиографический список:

1. Антонов, А.Н. Основы современной организации производства: учебник / Л.С. Морозова. - М.: Дело и Сервис, 2004. - 432 с.
2. Гаджинский, А.М. Управление запасами в компании / А.М. Гаджинский // Справочник экономиста. - 2008. - №9. - С.118-127.
3. Костюкова, Е.И. Механизм регулирования процесса воспроизводства материально-технических ресурсов / Е.И. Костюкова // Экономический анализ: теория и практика. - 2008. - №18. - С.13-17.
4. Бланк, И.А. Управление финансовыми ресурсами / И.А. Бланк. - М.: Омега-Л, 2019. - 313 с.
5. Руденко, А.М. Управление человеческими ресурсами: учебное пособие / А.М. Руденко. - РнД: Феникс, 2015. - 350 с.

Ломашевич Святослав Александрович
Lomashevich Svyatoslav Aleksandr
Начальник Теор. Отдела. К Ф-М Н. Направление - математическая физика.
Исследовательский Центр Харитоново. Калуга 37177.
8-911-736-55-09. E–mail: lamasvet@yandex.ru

УДК 530.1

ЭНЕРГИЯ ФОТОНА. ИТОГ.

ENERGY OF FOTON. FINAL RESULT.

Аннотация. Акцент сделан на процессы распада в треке фотона и на сравнение величин энергии , измеренных в координатных системах - наблюдателя и фотона. Высказаны критические замечания относительно реликтового излучения. Рассмотрены вопросы динамики распада, ранее не исследованные.

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

Summary. The frequence balance between two coordinate systems are discussed and new theoretical result phenomenal degrades of photon are investigate.

Key words: photon energy, trek of cloud photons, potential energy , limit frequence quant.

Введение. Основные формулы.

Обращаясь к результатам по исследованию распада фотона, для настоящего исследования укажем на две формулы [1 , стр.6-17]:

- линейная зависимость энергии от времени

$$\varepsilon = \varepsilon_0(1 - \frac{t}{t_1}) \qquad (1)$$

- время жизни фотона

$$t_1 = \frac{h}{\theta} e^{\frac{h}{\theta}v_o}$$

где: - ε_0 - начальная энергия, $\frac{h}{\theta}$ - константа, равная 10^{-12} с., v_0 - начальная частота фотона.

Отметим, что формула (1) получена из общих физических законов и ,как следствие , в предельном случае $\varepsilon = 0$ - формула (2) соответствует логике - время жизни равно интервалу одиночного распада умноженному на число распадов m = $e^{\frac{h}{\theta}v_o}$, которое может быть вычислено различными способами [1. Стр. 13].

Формулы (1) и (2) предопределены двумя фундаментальными законами физики :

- принципом наименьшего действия,
- распределением Бозе - Эйнштейна .

Традиционно вариационное исчисление при решении задач по определению траектории оперирует в координатах пространства и импульса (x, p_x). При исследовании распада фотона оказалось естественным и продуктивным использование понятие действия, т. е. произведения энергии на время - (E и t), которое наиболее точно соответствует явлениям природы , поскольку энергия является обобщающим понятием всего в мире существующего (включая и массу тела) , а время - фундаментальная сущность во Вселенной , неразрывная в понятии пространство-время.

Энергия фотона.

Рассмотрение энергии фотона в системе трека распадающихся фотонов приводит к формулам (1) и (2), которые реализовались по алгоритму: зависимость энергии фотона от времени вычислена вариационным исчислением определения минимальной по времени траектории в пространстве E – t уравнением Эйлера [1], при граничных условиях t = 0 , $\varepsilon_0 = hv_0$ и t = t_1, $\varepsilon = 0$. Это - $\varepsilon = C_1 t + \boldsymbol{C_2}$ **(3)**

Определение же C_2 сделано с помощью распределения статистической физики Б-Э. [2, стр. 308].

Ещё раз подчеркнём – формула (1) вычислена на основании принципа наименьшего действия (здесь буквально E - t) и с учётом свойства бозонов. В предельном случае $\varepsilon = 0$ из (1) определяется время жизни фотона (2).

Энергия в треке (“облаке”) фотонов.

Полная энергия в треке вычисляется по формуле:

$$E = \theta \; e^{\frac{h}{\theta}v_o} \qquad (4)$$

При значении $v_0 > 10^{13}$ c^{-1} энергия принимает большие величины, которые не противоречат выводам СТО [3,стр. 36] , [4, стр.92] :

$$\mathbf{E} = E_0 \left(\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \right)^{-1} ,$$

Так что , при v = c реализуется бесконечное значение для энергии.

Начальной формулировкой задачи исследования распада [1, стр. 3-7] и далее рассмотрением свободной энергии и энтропии фотона [1, стр. 12-13] вычислено число распадов фотона $M = e^{\frac{h}{\theta}v_o}$, относящееся (всей постановкой задачи) к треку, т.е. к системе координат фотона.

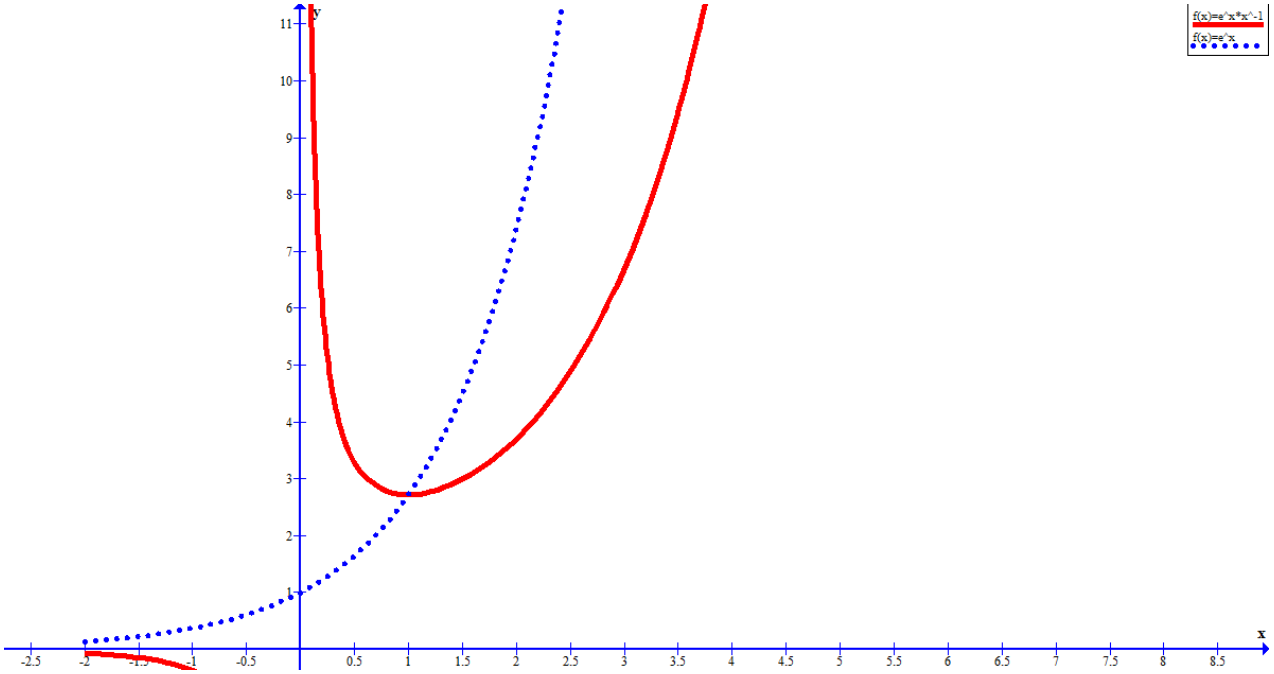
Логически, что справедливо, для наблюдателя число актов распада: $m = \frac{h}{\theta}v_o$, что отличается от M. Однако, если при $\varepsilon = \theta$ в (1) в числитель подставить переменную $t = \frac{h}{\theta}m$, в ответе получим для количества актов распада - M, т.е. величину из трека. Поэтому, возвращаясь к рассмотрению энергии в треке, укажем, что, например, для частоты фотона - 10^{15} c^{-1} (видимый свет) получаем энергию в треке 10^{388} Дж. , что в рамках разумного представляет бесконечность. Полное согласие с СТО, хотя в вычислениях уравнений (1) и (2) положения СТО заложены не были и полученный результат следует только из изложенной в [1] и [5 , стр.12] теории.

Граничная для фотона область энергий (частот).

Граница * реликтового фона * составляет 10^{12} c^{-1} по частоте и 10^{-22} Дж. по энергии (рис.2) , что в точности совпадает с ранее [1] вычисленным квантом распада θ. Поясним: в область микроволнового фона передаётся энергия , оставшаяся от M событий и по величине меньшая θ, т.е. когда у фотона остаётся энергия, меньшая чем необходимо для излучения кванта распада θ, оставшаяся энергия заполняет *реликтовый* фон - это явление и позволяет фону находиться при неизменном уровне энергии. На границе фона значения, что естественно, M и m совпадают из-за малости показателя экспоненты.

Системы отсчета (координат).

При рассмотрении отношения $\frac{M}{m}$, оказывается , что отношение величин энергии в треке и в системе координат наблюдателя связны этим же отношением, что подтверждает существование двух координатных систем отсчета - наблюдателя и трека, в которых количества M и m, E_0 и E не совпадают. Множитель, коррелирующий величины в двух системах: $\beta = \frac{e^{\frac{h}{\theta}v_o}}{\frac{h}{\theta}v_o}$.



На рис.1 представлен график множителя β (красным цветом, экспонента - синим , для сравнения), где x = $\frac{h}{\theta}\nu_o$. Видно - с ростом аргумента значение β растёт подобно экспоненте - график e^x представлен для сравнения. Граничная точка x =1 есть минимум функции $\beta(\nu_.)$ и указывает на значение предельной для кванта частоты - $\nu_. = 10^{12}$ c^{-1} .

Сумма энергии распадающихся фотонов.

Из соображений общего понимания явления распада рассмотрим энергию в треке из координат наблюдателя. Распадающиеся фотоны, движущиеся со скоростью света и существующие одновременно, размножаются дискретно и последовательн с периодом $\frac{h}{\theta_.} = 10^{-12}$ с потерей кванта энергии θ: сумма энергии распадающихся фотонов выражается уравнением

$$E_{tr} = \sum_{i=0}^{m}(h\nu_0 - i\theta) ,$$

Так что в сумме имеем $E_{tr} = (m+1)\, h\nu_0$, т.е. в треке энергия в m раз больше чем в координатах наблюдателя.

Тождества как доказательство.

* Тестовые * проверки для теории распада фотона позволяют установить корректность утверждений теории.

1. Коэффициент β уравнивает энергии t и T координатных систем:

   $\beta\ h\nu_0 = \theta\ e^{\frac{h}{\theta}\nu_o}$, что приводит к тождеству $\theta\, h\nu_0 = \theta\, h\nu_0$.

2. Величина $\frac{h}{\theta_.} = 10^{-12}$c , постулированная в [5] как квант времени, входит во все формулы теории распада. Важным для проверки является потенциальная энергия фотонов , полученная из уравнения потенциальной энергии тождественных частиц [6, стр.607]: при переходе к фотону необходимо вычислить параметр r , который определяет расстояние и для фотона r определено как произведение кванта времени на скорость света r = $\frac{h}{\theta_.}$ c . Потенциальная энергия для фотонов :

$$U(\nu) = -\theta \ln\left(1 + \exp\left(-\frac{h\nu}{\theta}\right)\right).$$

оказалась удовлетворяющей равенству $\frac{dU(\nu_.)}{d\nu_.} = \frac{dE(\nu_.)}{d\nu_.}$, что подтверждает изложенное ранее [1, стр. 31-35] перераспределение энергии фотона в энергию потенциальную. Тождество производных подтверждает справедливость постулата: $\frac{h}{\theta_.}$ - квант времени, а также равенство r = $\frac{h}{\theta_.}$ c .

3. В [1] M определено из свободной энергии фотона . Если задачу поставить иначе:

сколько должно быть m_x , чтобы при распаде осталась минимальная энергия θ, т.е. найти m_x из основного уравнения (1), подставив в (1) t_1 и t = $\frac{h}{\theta}m_x$. В результате - $m_x = M$, т.е. измерение из координат наблюдателя в трек приводит к тому же результату.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ.

1. Критика реликтового догматизма

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

- интенсивность излучения МКФ - $10^{-14}\ \frac{Дж}{м^3}$
- вещества, твёрдых тел - масса во Вселенной (усреднённо) $10^{-28}\ \frac{Кг}{м^3} = 10^{-11}\ \frac{Дж}{м^3}$.

Это захватывающи центры , * ловушки* для фотонов, количество которых в 1 $мм^3$ 10^2, т.к. минимальная энергия фотона в состоянии распада 10^{-22} Дж., следовательно $\frac{10^{-11}}{10^{-22}} = 10^{11}$ в $м^3$ или 10^2 в $мм^3$.

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

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

2. На рис. 2 представлены измерения космического излучения по всему диапазону энергий в аппроксимированном изложении для акцентирования проблемы , очевидно : формирования кластера фотонов вблизи частоты $10^{12}\,с^{-1}$ и с уменьшением энергии ниже 10^{-22} Дж. – формирование волн с температурой T = 2.7 К, как следствие прекращения квантования и переход в новое состояние - волновое.

Обратимся к рис. 2: следует признать, что для энергии 10^{-22} Дж. частота имеет значение 1.5×10^{11} и эта величина не является определяющей для МКФ с T = 2.7К. Точное значение можно вычислить из равенства kT = $h\nu_{.}$, откуда получается : $\nu_{.} = 0.57\times 10^{11}с^{-1}$, что логично укладывается в распределение излучения (рис.2) и преобразование квантов в волну при распаде фотона. Вычисления по формуле E = $\varepsilon_0 E^2 + \mu_0 H^2$ приводит к тому же результату, но более трудоёмко.

Заключение.

Формулы и уравнения, впервые полученные при исследовании распада фотона :

$$\varepsilon = \varepsilon_0(1 - \frac{t}{t_1})$$

$$t_1 = \frac{h}{\theta} e^{\frac{h}{\theta}\nu_o}$$

$$U(\nu) = -\theta \ln\left(1 + \exp\left(-\frac{h\nu}{\theta}\right)\right).$$

$$E = \theta\ e^{\frac{h}{\theta}\nu_o}$$

$$\beta = \frac{e^{\frac{h}{\theta}\nu_o}}{\frac{h}{\theta}\nu_o}$$

Библиографический список:

1. С.А.Ломашевич . Фотон. Уравнение и теория распада. – СПб изд. ‘Культ Информ Пресс’ , 2015. – 76 стр. ISBN 978-5-8392-0553-6.

2. В.К.Семенченко . Избранные главы теоретической физики. Изд. «Просвещение». М.: 1966г

3. А. Эйнштейн. Зависит ли инерция тела от содержащейся в нем энергии, Собр. научных трудов. Т.1, Изд. *НАУКА*, М., 1965., стр . 36-44.

4. А. Эйнштейн. О зависимости массы от энергии. Там же. Стр. 92-96.

5. С.А.Ломашевич. Зависимость энергии фотона от времени. Точные науки. № 63, 2019, стр. 8-16.

6. В.Г. Левич . Курс теоретической физики т.1, изд. «Наука». М.: 1971г.,

Веретенников В.Н., Большаков В.А.
Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия
Veretennikov V.N., Bolshakov, V.A.
Russian state hydrometeorological University

УДК 519.63

РЕШЕНИЕ РАЗНОСТНОГО УРАВНЕНИЯ МЕТОДОМ СТРЕЛЬБЫ (ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ)

SOLUTION OF THE DIFFERENCE EQUATION BY FIRING METHOD (COMPUTATIONAL EXPERIMENT)

Аннотация: Рассматривается метод стрельбы численного решения краевой задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка методом сеток. Проводятся вычислительные эксперименты при решении задачи Коши разными методами (Эйлера, Эйлера-Коши, Рунге-Кутта). При практической оценке погрешности найденного решения используется двойной пересчет и правило Рунге.

Abstract: The method of shooting the numerical solution of boundary value problems for ordinary differential equations of second order by the method of nets. Conducted computational experiments with the solution of the Cauchy problem by different methods (Euler, Euler-Cauchy, and Runge-Kutta). In practical error, estimation of the solution using double counting and rule Runge.

Ключевые слова: краевая задача, метод сеток, вычислительный эксперимент, равномерная сетка, ряд Тейлора, расчетная точка, аппроксимация, разностное уравнение, сеточная функция, рекуррентные формулы, алгоритм, ортогональная прогонка, правило Рунге.

Key words: boundary value problem, grid method, computational experiment, uniform mesh, the Taylor series, the design point, approximation, differential equation, grid function, recurrence formula, the algorithm, orthogonal smoke, the rule Rung.

Введение. Краевые задачи часто возникают при изучении гидрометеорологических процессов и явлений (иногда в результате разделения переменных в уравнениях с частными производными).

Цели и задачи. Овладение практическими навыками численного решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений методом сеток. Закрепление теоретических знаний в области численных методов. Проведение вычислительных экспериментов по решению краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Закрепление навыков программирования и использование графических средств визуализации.

Описание метода решения. Решение краевой задачи [1, 2]

$$p(x)y'' + q(x)y' + r(x)y = f(x), a \le x \le b \tag{1}$$

$$\alpha_0 y(a) + \beta_0 y'(a) = \gamma_0, \tag{2}$$

$$\alpha_1 y(b) + \beta_1 y'(b) = \gamma_1, \tag{3}$$

будем искать в виде линейной комбинации

$$y(x) = (1-C)y_1(x) + Cy_2(x), \tag{4}$$

где $y_1(x)$ и $y_2(x)$ - решения задач Коши:

$$\begin{aligned} &p(x)y_1''(x) + q(x)y_1'(x) + r(x)y_1(x) = f(x), a \le x \le b, \\ &\alpha_0 y_1(a) + \beta_0 y_1'(a) = \gamma_0, \\ &y_1'(a) = t_0, \text{ если } \alpha_0 \ne 0, \text{ или } y_1(a) = t_0, \text{ если } \alpha_0 = 0; \end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned}&p(x)y_2''(x)+q(x)y_2'(x)+r(x)y_2(x)=f(x),\ a\le x\le b,\\&\alpha_0 y_2(a)+\beta_0 y_2'(a)=\gamma_0,\\&y_2'(a)=t_1,\ \text{если}\ \alpha_0\ne 0,\ \text{или}\ y_2(a)=t_1,\ \text{если}\ \alpha_0=0;\end{aligned}\qquad(6)$$

Здесь t_0, t_1 - любые числа $t_0 \ne t_1$.

Коэффициенты $p(x), q(x), r(x)$ и правая часть $f(x)$ считаются непрерывными на отрезке $[a;b]$, функция $p(x)$ положительной, $\alpha_0, \beta_0, \gamma_0, \alpha_1, \beta_1, \gamma_1$ – заданные постоянные.

Вопросы существования и единственности функции $y(x)$ рассматриваются в курсе дифференциальных уравнений. Будем предполагать, что $y(x)$ существует, единственна и существуют производные от $y(x)$ достаточно высокого порядка.

Подберем постоянную C так, чтобы функция $y(x)$ удовлетворяла граничному условию (3) на конце $x=b$. Это дает

$$\alpha_1(1-C)y_1(b)+\alpha_1 C y_2(b)+\beta_1(1-C)y_1'(b)+\beta_1 C y_2'(b)=\gamma_1$$

или

$$(1-C)\big(\alpha_1 y_1(b)+\beta_1 y_1'(b)\big)+C\big(\alpha_1 y_{21}(b)+\beta_1 y_{21}'(b)\big)=\gamma_1,$$

откуда

$$C=\frac{\gamma_1-\alpha_1 y_1(b)-\beta_1 y_1'(b)}{\alpha_1\big(y_2(b)-y_1(b)\big)+\beta_1\big(y_2'(b)-y_1'(b)\big)}$$

При этом предполагается, что знаменатель не равен нулю. Таким образом, краевая задача (1) – (3) сведена к двум задачам Коши для функций $y_1(x)$ и $y_2(x)$, которые перепишем в виде задач Коши для систем дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned}&y_1'(x)=S_1(x),\\&S_1'(x)=\big(-q(x)S_1(x)-r(x)y_1(x)+f(x)\big)/p(x),\ a\le x\le b,\\&S_1(a)=t_0,\ y_1(a)=\big(\gamma_0-\beta_0 t_0\big)/\alpha_0,\ \text{если}\ \alpha_0\ne 0,\\&y_1(a)=t_0,\ S_1(a)=(\gamma_0-\alpha_0 t_0)/\beta_0,\ \text{если}\ \alpha_0=0;\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&y_2'(x)=S_2(x),\\&S_2'(x)=\big(-q(x)S_2(x)-r(x)y_2(x)+f(x)\big)/p(x),\ a\le x\le b,\\&S_2(a)=t_1,\ y_2(a)=\big(\gamma_0-\beta_0 t_1\big)/\alpha_0,\ \text{если}\ \alpha_0\ne 0,\\&y_2(a)=t_1,\ S_2(a)=(\gamma_0-\alpha_0 t_1)/\beta_0,\ \text{если}\ \alpha_0=0;\end{aligned}$$

Численное решение задачи состоит в нахождении приближенных значений $y(x_k)$ искомого решения $y(x)$ в точках $x_0, x_1, \ldots, x_n$.

Введём равномерную сетку точек $x_k = x_0 + kh,\ h=(b-a)/n$ и обозначим

$$p(x_k)=p_k,\ q(x_k)=q_k,\ r(x_k)=r_k,\ f(x_k)=f_k,\ y(x_k)=y_k.$$

Описанный алгоритм реализован в виде программы на Турбо-Паскале, предназначенной для решения краевой задачи (1) – (3) для линейного дифференциального уравнения второго порядка.

Входные параметры: a, b - значения левого и правого концов отрезка $[a;b]$;

$a0, b0, g0$ - константы, входящие в граничные условия на левом конце отрезка $[a;b]$,

$a1, b1, g1$ - константы, входящие в граничное условие на правом конце отрезка $[a;b]$;

t_0, t_1 - произвольные числа;

Px, Qx, Rx, Fx - имя функций, вычисляющих значения функций $p(x), q(x), r(x), f(x)$;

N - число частей, на которое делится отрезок $[a; b]$ узлами сетки;

Lp, Kp - рабочие массивы, размерности $N+1$ каждый.

Yi - двумерный рабочий массив, размерности $(N+1)\times 3$;

EULER, EK, RK – процедуры решения задач Коши соответственно по формулам Эйлера, Эйлера-Коши и Рунге-Кутта на прямом ходе.

Выходные параметры: Y –массив из $n+1$ чисел, содержащий вычисленное приближенное значение решения $y(x)$ задачи (1) – (3) в узлах сетки.

Перед обращением к программе необходимо:

1) составить функции (FUNCTION) Px, Qx, Rx, Fx вычисления коэффициентов уравнения $p(x), q(x), r(x), f(x)$;

2) присвоить фактические значения параметрам $a, b, a0, b0, g0, a1, b1, g1, n$;

3) Выбрать метод (Эйлера, Эйлера-Коши или Рунге-Кутта), который будет использован при решении задач Коши.

Пример 1. Методом стрельбы найти решение краевой задачи

$$x^2 y'' - 3xy' + 4y = 0.5x^3, 1 \le x \le 4,$$
$$y(1) = 0.5, \quad y(4) = 0$$

в точках $x_k = 0.1\cdot k, k = 0(1)10$. Для решения задачи Коши использовать метод Эйлера, Метод Эйлера-Коши и метод Рунге-Кутта.

Решение. Здесь $p(x) = x^2, q(x) = -3x, r(x) = 4, f(x) = 0.5x^3$,

$$\alpha_0 = 1, \beta_0 = 0, \gamma_0 = 0.5, \alpha_1 = 1, \beta_1 = 0, \gamma_1 = 0.$$

В результате вычислений по программе получены следующие результаты, записанные в таблице 1. В этой же таблице приводятся для сравнения значения точного решения задачи $y(x) = x^2 - x^2 \ln x/\ln 2$.

Таблица 1

k	x_k	Методы			$y(x_k)$
		Эйлера	Эйлера-Коши	Рунге-Кутта	
		y_k	y_k	y_k	
0	1.0	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
1	1.3	0.4724	0.4590	0.4588	0.4588
2	1.6	0.3415	0.3124	0.3124	0.3121
3	1.9	0.1314	0.0870	0.0866	0.0866
4	2.2	-0.1239	-0.1811	-0.1815	-0.1815
5	2.5	-0.3833	-0.4491	-0.4496	-0.4496
6	2.8	-0.6007	-0.6694	-0.6697	-0.6697
7	3.1	-0.7257	-0.7903	-0.7906	-0.7906
8	3.4	-0.7050	-0.7573	-0.7576	-0.7576
9	3.7	-0.4824	-0.5136	-0.5137	-0.5137
10	4.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Пример 2. Методом стрельбы найти решение краевой задачи

$$y'' - 2xy' - 2y = -4x, 0 \le x \le 1,$$
$$y(0) - y'(0) = 0, y(1) = 1 + e$$

в точках $x_k = 0.1 \cdot k,\ k = 0(1)10$. Для решения задачи Коши использовать метод Эйлера, Метод Эйлера-Коши и метод Рунге-Кутта.

Решение. Здесь $p(x) = 1,\ q(x) = -2x,\ r(x) = -2,\ f(x) = -4x$,

$$\alpha_0 = 1,\ \beta_0 = -1,\ \gamma_0 = 0,\ \alpha_1 = 1,\ \beta_1 = 0,\ \gamma_1 = 1 + e.$$

Результаты вычислений записаны в таблице 2.

Таблица 2

k	x_k	Методы			$y(x_k)$
		Эйлера	Эйлера-Коши	Рунге-Кутта	
		y_k	y_k	y_k	
0	0.0	1.0124	1.0001	1.0000	1.0000
1	0.1	1.1228	1.1101	1.1101	1.1100
2	0.2	1.2540	1.2409	1.2408	1.2408
3	0.3	1.4080	1.3943	1.3942	1.3942
4	0.4	1.5878	1.5736	1.5735	1.5735
5	0.5	1.7987	1.7841	1.7840	1.7840
6	0.6	2.0480	2.0334	2.0333	2.0333
7	0.7	2.3462	2.3324	2.3323	2.3323
8	0.8	2.7083	2.6966	2.6965	2.6965
9	0.9	3.1556	3.1480	3.1479	3.1479
10	1.0	3.7183	3.7183	3.7183	3.7183

Пример 3. Методом стрельбы найти решение краевой задачи

$$y'' + e^x y' + xy/2 = x^2,\ 0.1 \le x \le 1.1,$$
$$y(0.1) - 1.2y'(0.1) = 0,\ 2y(1.1) - 2.5y'(1.1) = -4$$

в точках $x_k = 0.1 \cdot k,\ k = 0(1)10$. Для решения задачи Коши использовать метод Эйлера, Метод Эйлера-Коши и метод Рунге-Кутта.

Решение. Здесь $p(x) = 1,\ q(x) = e^x,\ r(x) = x/2,\ f(x) = x^2$,

$$\alpha_0 = 1,\ \beta_0 = -1.2,\ \gamma_0 = 0,\ \alpha_1 = 2,\ \beta_1 = -2.5,\ \gamma_1 = -4.$$

Результаты вычислений записаны в таблице 3.

Таблица 3

k	x_k	Методы		
		Эйлера	Эйлера-Коши	Рунге-Кутта
		y_k	y_k	y_k
0	0.1	-1.2350	-1.2414	-1.2414
1	0.2	-1.3324	-1.3387	-1.3387
2	0.3	-1.4171	-1.4231	-1.4231
3	0.4	-1.4884	-1.4940	-1.4940
4	0.5	-1.5457	-1.5508	-1.5508
5	0.6	-1.5885	-1.5930	-1.5930
6	0.7	-1.6166	-1.6206	-1.6205
7	0.8	-1.6302	-1.6335	-1.6335
8	0.9	-1.6295	-1.6322	-1.6322
9	1.0	-1.6154	-1.6176	-1.6176
10	1.1	-1.5888	-1.5905	-1.5905

При практической оценке погрешности найденного решения обычно используют двойной пересчет и правило Рунге [2]. В таблице 4 приведены приближенные оценки погрешности значений

$y_k^{(i)}$ по правилу Рунге в каждом узле, полученные с шагами $h = 0.1$ и $h/2$ соответственно.

Таблица 4

k	x_k	Погрешность методов		
		Эйлера	Эйлера-Коши	Рунге-Кутта
		ε_k	ε_k	ε_k
0	0.1	0.0016	0.0000	0.0000
1	0.2	0.0016	0.0000	0.0000
2	0.3	0.0015	0.0000	0.0000
3	0.4	0.0014	0.0000	0.0000
4	0.5	0.0013	0.0000	0.0000
5	0.6	0.0011	0.0000	0.0000
6	0.7	0.0010	0.0000	0.0000
7	0.8	0.0008	0.0000	0.0000
8	0.9	0.0007	0.0000	0.0000
9	1.0	0.0005	0.0000	0.0000
10	1.1	0.0004	0.0000	0.0000

Анализ результатов вычислительного эксперимента позволяет сделать выводы и об аппроксимационных свойствах схемы и о выборе сеточной области для различных методов решения задачи Коши.

Внимательному и мыслящему читателю советуем сравнить результаты вычислительных экспериментов с методом ортогональной прогонки [3], методом дифференциальной прогонки [4], методом вариации постоянных [5].

Библиографический список:

1. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы: Учебное пособие. – М.: Наука. 1987. – 600 с.
2. Калиткин Н.Н. Численные методы. – М.: Наука. 1978. – 512 с.
3. Веретенников В.Н, Большаков В.А. Решение разностного уравнения методом ортогональной прогонки (вычислительные эксперименты). ТНЖ Точная наука. Вып. № 60. Кемерово. – 2019. – 8-16 с.
4. Веретенников В.Н. Решение разностного уравнения методом дифференциальной прогонки (вычислительные эксперименты). ТНЖ Точная наука. Вып. № 65. Кемерово. – 2019. – 17-18 с.
5. Веретенников В.Н. Решение разностного уравнения методом вариации постоянных (вычислительные эксперименты). ТНЖ Точная наука. Вып. № 61. Кемерово. – 2019. - 11-14 с.

Юшин Андрей Владимирович
Iushin Andrei Vladimirovich
Студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»
E-mail: and-yus@ya.ru

Храмов Владимир Юрьевич
Khramov Vladimir Yurievich
Научный руководитель
д.т.н, профессор
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

УДК 004.89

ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ БАЗ ДАННЫХ

TECHNOLOGY OF AUTOMATED DESIGN OF DATABASES

Аннотация: В статье представлены два подхода к созданию технологии автоматизированного проектирования баз данных реляционного типа в среде сертифицированного общего программного обеспечения Минобороны России, рекомендованного к обязательному использованию при создании образцов вооружения и военной техники. Первый подход основан на использовании существующих инструментальных средств (CASE-средств) проектирования баз данных. Второй подход связан с разработкой перспективного программного комплекса автоматизированного проектирования баз данных, реализующего предложенную автором систему моделей, методик и алгоритмов проектирования реляционных баз данных.

Abstract: The article presents two approaches to the creation of technology for the automated design of relational-type databases in the environment of certified general software of the Ministry of Defense of Russia, recommended for mandatory use in the creation of samples of weapons and military equipment. The first approach is based on the use of existing tools (CASE-tools) for database design. The second approach is associated with the development of a promising software package for computer-aided design of databases that implements a system of models, methods and algorithms for designing relational databases proposed by the author.

Ключевые слова: технология автоматизированного проектирования; реляционные базы данных; технологическая операция; CASE-средства; комплекс автоматизированного проектирования.

Key words: computer-aided design technology; relational databases; technological operation; CASE means; computer-aided design complex.

Введение

На сегодняшний день отсутствует единая, сквозная технология проектирования баз данных (БД) автоматизированных систем военного назначения (АС ВН) в среде сертифицированного общего программного обеспечения (ОПО) Минобороны России, поддерживаемая соответствующими математическим обеспечением и инструментальными средствами.

Основной раздел

Разработанные в [1] методики, модели и алгоритмы проектирования БД составляют теоретическую основу, позволяющую реализовать вышеуказанную технологию. С учетом сложности и трудоемкости решаемой проблемы в статье рассматриваются два подхода к созданию технологии автоматизированного проектирования БД.

Первый подход основан на использовании существующих инструментальных средств (CASE-средств) проектирования БД [2-8]. При данном подходе проектирование концептуальной, логической и физической моделей БД осуществляется с использованием существующих коммерческих CASE-средств, причем физическая модель ориентирована на использование при реализации БД конкретной целевой системы управления базами данных (СУБД). Следует особо отметить тот факт, что представленные в [1] методики, модели и алгоритмы проектирования БД в полном объеме не поддерживаются существующими CASE-средствами, которые обладают ограниченными семантическими возможностями при моделировании БД на концептуальном уровне, не позволяют осуществлять автоматизированную поддержку нормализации отношений реляционной базы данных,

в данных средствах отсутствуют возможности моделирования операций, выполняемых над отношениями базы данных (как в графическом виде, так и на языке манипулирования данными), а также возможности поддержки требований ссылочной целостности данных для связей с частичным участием сущностей.

Второй подход к созданию рассматриваемой технологии связан с разработкой перспективного программного комплекса автоматизированного проектирования баз данных, реализующего систему методик, моделей и алгоритмов проектирования БД, представленную в [1].

Под технологией автоматизированного проектирования баз данных будем понимать взаимосвязанную и упорядоченную совокупность технологических операций (рис. 1), приводящую к разработке физической модели БД в среде целевой СУБД. При этом под моделью БД понимается совокупность трех составляющих [12]: структуры (совокупность взаимосвязанных отношений), ограничений целостности (ограничения целостности сущностей, ограничения ссылочной целостности) и операций, выполняемых над отношениями (операции реляционной алгебры).

В соответствии с [8, 10] можно выделить следующие основные задачи создания технологии автоматизированного проектирования баз данных с использованием существующих CASE-средств:

− определение совокупности технологических операций автоматизированного проектирования баз данных;

− конкретизация и формализация отдельных технологических операций автоматизированного проектирования баз данных;

− определение последовательности выполнения технологических операций автоматизированного проектирования баз данных.

При разработке технологии автоматизированного проектирования баз данных с использованием существующих CASE-средств были приняты следующие основные допущения.

1. Технология описывает последовательность технологических операций в пределах одного витка спиральной модели жизненного цикла баз данных [6, 13].

2. Внутри одного витка спирали технологические операции не имеют обратной связи, анализ результатов осуществляется в конце витка, после чего принимается решение об инициализации нового витка.

3. При переходе от витка к витку спиральной модели происходит накопление информации и повторное использование моделей проектируемой базы данных.

Исходя из вышеуказанных задач, с учетом принятых допущений и результатов экспериментальных исследований возможностей инструментальных средств разработки приложений баз данных [1, 10] была разработана технология автоматизированного проектирования баз данных с использованием существующих CASE-средств, последовательность выполнения технологических операций которой представлена на рис. 1.

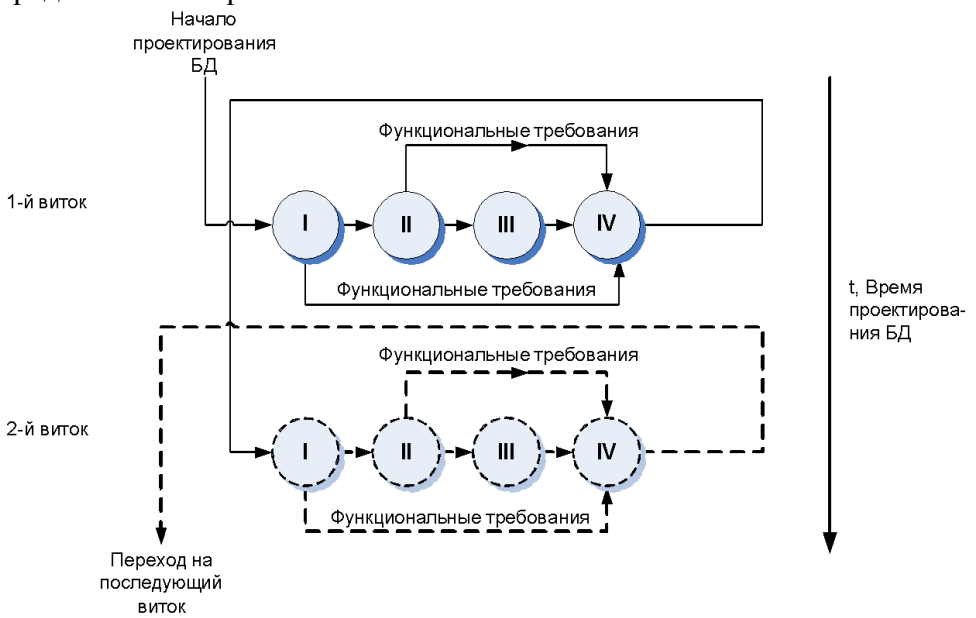


Рис.1. Последовательность выполнения технологических операций при автоматизированном проектировании баз данных

Необходимость создания перспективного комплекса автоматизированного проектирования баз данных (далее по тексту – комплекса) обусловлена тем фактом, что существующие коммерческие инструментальные средства автоматизированного проектирования БД не способны на настоящий момент обеспечить в полном объеме реализацию представленных моделей, методик и алгоритмов восходящего и нисходящего проектирования баз данных [1, 14].

К основным недостаткам данных средств следует отнести:

- ограниченные возможности графической поддержки основных абстрактных механизмов расширенной модели «сущность-связь» на фазе концептуального проектирования баз данных;
- ограниченный набор правил преобразования расширенной модели «сущность-связь» в логическую модель (реляционная модель данных) на фазе логического проектирования баз данных;
- отсутствие возможности графического отображения на концептуальной и логической моделях проектируемой базы данных путей выполнения операций над данными (транзакций);
- отсутствие возможности генерации кода на псевдоязыке и SQL-кода для выполняемых операций (транзакций);
- отсутствие возможности автоматизированного анализа логической модели базы данных на нарушение правил нормализации.

Архитектура перспективного комплекса автоматизированного проектирования баз данных лишена указанных недостатков.

Исходными данными для комплекса являются результаты фазы анализа требований, представленные с использованием существующих методологий структурного анализа информационных систем [2, 3, 6, 7, 15].

Основными компонентами комплекса являются:

- база метаданных, которая включает всю информацию, используемую и получаемую на выходе других компонентов;
- концептуальный проектировщик, который осуществляет построение глобальной концептуальной модели проектируемой базы данных, являющейся входом для логического проектировщика;
- логический проектировщик, который преобразует концептуальное описание проектируемой базы данных в логическое описание, являющееся входом для физического проектировщика;
- физический проектировщик, который осуществляет подсоединение целевой СУБД и генерацию физической модели базы данных в ее среде.

Главным компонентом комплекса является база метаданных, функционирующая как центральный репозиторий всей информации, которая создается и используется во время различных фаз проектирования.

Все входные данные комплекса (DFD-диаграммы, словарь данных и миниспецификации процессов) загружаются в базу метаданных. Концептуальный проектировщик, используя нужную ему информацию, осуществляет построение глобальной концептуальной модели (схемы) БД, которая далее сохраняется в базе метаданных и используется логическим проектировщиком. Описание структуры базы метаданных представлено на рис.2.

Концептуальный проектировщик обеспечивает построение глобальной концептуальной модели проектируемой базы данных. При этом им поддерживаются все абстрактные механизмы расширенной модели «сущность-связь» (EER-модели) [14]. Построение глобальной концептуальной модели осуществляется в соответствии с методиками построения локальных и глобальной концептуальных моделей базы данных [1].

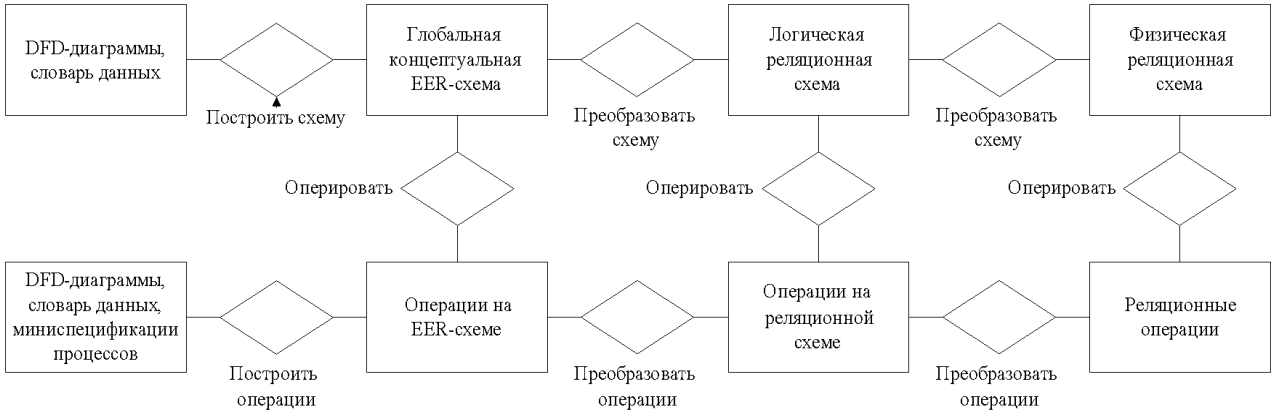


Рис.2. Описание структуры базы метаданных

Пример построения глобальной концептуальной модели базы данных концептуальным проектировщиком представлен на рис.3.

Кроме решения задачи построения глобальной концептуальной модели базы данных концептуальным проектировщиком решается также задача построения операционных схем (диаграмм) транзакций. Пример построения операционной схемы для транзакции вида «Найти режимы работы и наименования станций спутниковой связи для антенн с диаметром X» представлен на рис.4

На фазе логического проектирования концептуальная схема преобразуется в логическую схему, в которой структура данных ориентирована на реляционную модель. Данная задача решается логическим проектировщиком, который реализует следующие функции:

- осуществляет преобразование логической модели базы данных (EER-модель) в реляционное представление в соответствии с правилами [1, 14] и формирует ее описание на языке определения данных DBDL в соответствии с методикой построения глобальной логической модели базы данных, представленной в [1];

- осуществляет устранение возможных нарушений правил нормализации в полученных отношениях реляционной схемы базы данных. Для этого в состав логического проектировщика включается система автоматизированного проектирования схемы реляционной базы данных на основе функциональных зависимостей [16];

- формирует описание правил поддержки ссылочной целостности полученных отношений логической модели базы данных в соответствии с правилами, представленными в [1];

- осуществляет построение операционных диаграмм запросов для полученных отношений логической модели базы данных, используя в качестве исходных данных операционные схемы, построенные концептуальным проектировщиком.

Рис.3. Пример построения глобальной концептуальной модели базы данных концептуальным проектировщиком

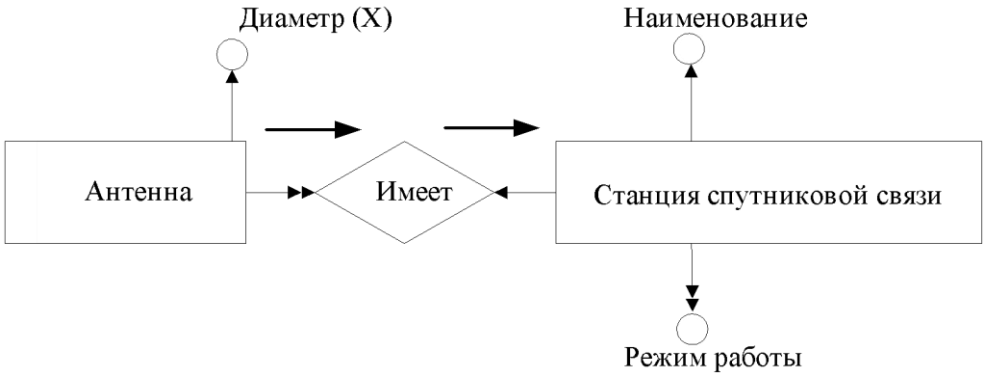


Рис.4. Пример построения операционной схемы для транзакции «Найти режимы работы и наименования станций спутниковой связи для антенн с диаметром X» концептуальным проектировщиком

Пример построения логическим проектировщиком глобальной логической модели базы данных и операционной схемы для транзакции «Найти режимы работы и наименования станций спутниковой связи для антенн с диаметром X» для исходной глобальной концептуальной схемы (рис.3) и операционной диаграммы, представленной на рис.4, приведен на рис.5 и 6 соответственно.

На фазе физического проектирования логическая модель базы данных преобразуется в физическую модель, в которой структура данных ориентирована на реляционную модель целевой СУБД. Данная задача решается физическим проектировщиком, который реализует следующие функции:

- осуществляет соединение с системой управления базами данных;
- осуществляет генерацию физической схемы базы данных в среде целевой СУБД;
- осуществляет генерацию триггеров для полученного логическим проектировщиком описания ограничений ссылочной целостности отношений реляционной базы данных;
- осуществляет генерацию SQL-кода для операционных схем транзакций, полученных логическим проектировщиком.

Пример построения физическим проектировщиком физической схемы базы данных для исходной глобальной логической модели базы данных (рис.5) и операционной схемы транзакции, представленной на рис.6, приведен на рис.7,8 соответственно.

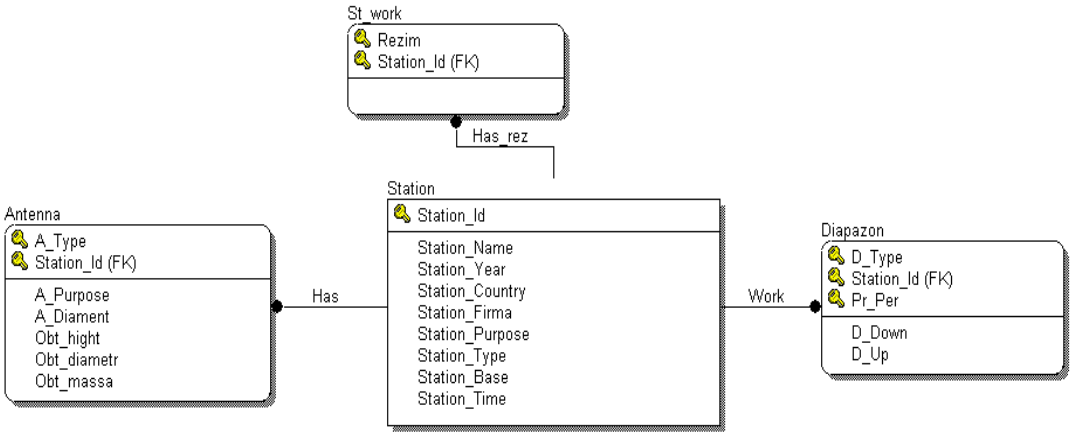


Рис.5 - Пример построения глобальной логической модели базы данных логическим проектировщиком

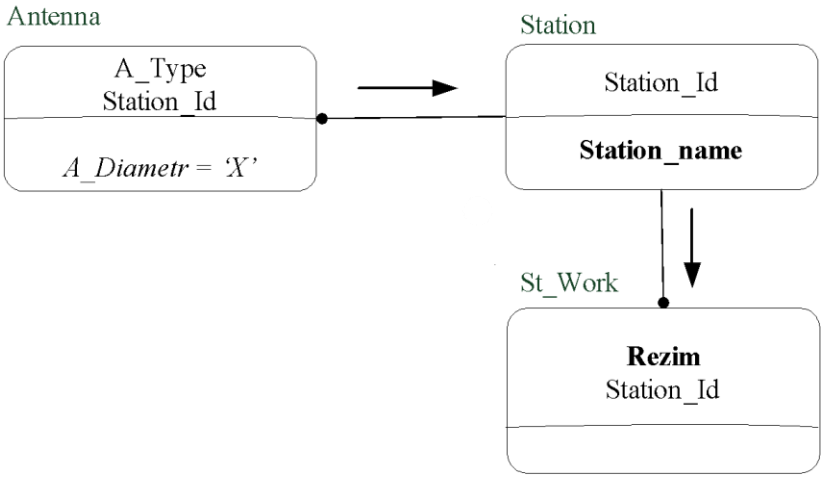


Рис.6. Пример построения операционной схемы для транзакции «Найти режимы работы и наименования станций спутниковой связи для антенн с диаметром X» логическим проектировщиком

```
CREATE TABLE Antenna (
A_Type              VARCHAR(15)  NOT NULL
A_Purpuse           VARCHAR(30)  NOT NULL
A_Diametr           VARCHAR(10)  NOT NULL
Obt_hight           VARCHAR(10)  NULL
Obt_diametr         VARCHAR(10)  NULL
Obt_massa           VARCHAR(10)  NULL
Station_Id          INTEGER      NOT NULL
);
CREATE UNIQUE INDEX XPKAntenna ON Antenna
(
A_Type              ASC
Station_Id          ASC
);
ALTER TABLE Antenna
ADD ( PRIMERY KEY (A_Type, Station_Id) ) ;

CREATE TABLE Station (
Station_Id          INTEGER      NOT NULL
Station_Name        VARCHAR(30)  NOT NULL
```

Рис.7. Пример генерации физической схемы базы данных физическим проектировщиком

```
select Station.Station_Name, St_Work.Rezim
from Station, Antenna, St_Work
where
(Antenna.A_Diametr='X') And
(Antenna.Station_Id=Station.Station_Id) And
(Station. Station_Id=St_Work.Station_Id);
```

Рис.8. Пример генерации SQL-кода для транзакции «Найти режимы работы и наименования станций спутниковой связи для антенн с диаметром X» физическим проектировщиком

Заключение

1. Предложены два подхода к созданию технологии автоматизированного проектирования баз данных. Первый подход основан на использовании существующих инструментальных средств (CASE-средств) проектирования баз данных. При данном подходе проектирование концептуальной,

логической и физической моделей БД осуществляется с их использованием, причем физическая модель ориентирована на использование при реализации базы данных целевой системы управления базами данных. Существующие коммерческие CASE-средства обладают ограниченными семантическими возможностями при моделировании БД на концептуальном уровне, не позволяют осуществлять автоматизированную поддержку нормализации отношений реляционной БД, в данных средствах отсутствуют возможности моделирования операций, выполняемых над отношениями БД (как в графическом виде, так и на языке манипулирования данными), а также возможности поддержки требований ссылочной целостности данных для связей с частичным участием сущностей. Однако использование данного подхода на сегодняшний день является целесообразным ввиду отсутствия инструментальных средств проектирования баз данных в среде сертифицированного ОПО Минобороны России, исключающих данные недостатки. Второй подход к созданию вышеуказанной технологии связан с разработкой представленного в статье перспективного программного комплекса автоматизированного проектирования БД.

2. Предложена технология автоматизированного проектирования БД с использованием существующих коммерческих CASE-средств, представляющая собой совокупность следующих взаимосвязанных технологических операций, приводящих к построению физической модели базы данных в среде целевой системы управления базами данных:

- построения функциональной модели приложения с базой данных;
- построения логической модели базы данных;
- построения физической модели базы данных;
- разработки приложения с базой данных.

3. Предложена архитектура перспективного комплекса автоматизированного проектирования баз данных, включающая:

- базу метаданных;
- концептуальный проектировщик;
- логический проектировщик;
- физический проектировщик.

Практическая реализация предложенной архитектуры позволяет устранить недостатки, присущие существующим инструментальным средствам автоматизированного проектирования баз данных.

Библиографический список:

1. Кустов А.И., Ханов Э.Б., Храмов В.Ю. Методы и средства проектирования баз данных. Воронеж: Воронежский ЦНТИ – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, 2015. 188 с.

2. Вендров А.Н. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем. М.: Финансы и статистика, 2002. 352 с.

3. Вендров А.Н. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем. М.: Финансы и статистика, 2005. 544 с.

4. Маклаков С.В. BPWin и ERWin. CASE-средства разработки информационных систем. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2000. 256 с.

5. Маклаков С.В. Моделирование бизнес процессов с BPWin. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. 224 с.

6. Орлов С.А. Технологии разработки программного обеспечения. СПб.: Питер, 2004. 527 с.

7. Голиусов А.А., Храмов В.Ю., Яковлев Р.С. Сущность и взаимосвязь структурного и объектно-ориентированного подходов к разработке программного обеспечения // Материалы Международной конференции и Российской школы. Часть 3. «Системные проблемы надежности, качества, информационных и электронных технологий». М.: Радио и связь, 2005. С. 331-345.

8. Буслов С.Д., Храмов В.Ю., Яковлев Р.С. Технологическая схема проектирования специальных баз данных / В.Ю. Храмов, С.Д. Буслов, Р.С. Яковлев // Сборник трудов IX Международной научно-технической конференции «Кибернетика и высокие технологии XXI века». 2008. Том 2. С. 709-717.

9. Храмов В.Ю. Методология проектирования распределенных баз данных автоматизированных систем реального масштаба времени // Информация и космос. 2009. № 1. С. 93-101.

10. Бойко А.А., Храмов В.Ю., Яковлев Р.С. Совершенствование процесса разработки специального программного обеспечения автоматизированных систем военного назначения//

Информация и космос. 2010. № 2. С. 7-14.

11. Афанасьевский Л.Б., Горин А.Н., Чурсин М.А., Храмов В.Ю. Организация и безопасность баз данных: учеб. пособ. Воронеж: МО РФ, 2005. 546 с.

12. Беседин П.Н., Ханов Э.Б., Храмов В.Ю. Формализованное описание радиоэлектронных объектов в виде отношений реляционной алгебры // Теория и техника специальной радиосвязи. 2017. № 1. С. 72-79.

13. Мейер Д. Теория реляционных баз данных. М.: Мир, 1987. 608 с.

14. Гриценко С.А., Храмов В.Ю. Правила преобразования расширенной модели «сущность-связь» в реляционную модель данных при нисходящем проектировании баз данных // Вестник Воронежского государственного университета. 2011. № 1. С. 114-125.

15. Гриценко С.А., Храмов В.Ю. Алгоритм идентификации сущностей и атрибутов на этапе концептуального проектирования баз данных автоматизированных систем радиоэлектронной борьбы // Воронеж: Вестник ВАИУ. 2011. № 4. С. 64-70.

16. Голиусов А.А., Гриценко С.А., Храмов В.Ю. Система автоматизированного проектирования схемы реляционной базы данных // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2008611618, выданное Федеральной службой по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам 27.03. 2008 г.

Бармаков Камиль Ринатович
Студент 4 курса Пензенского государственного университета, факультет приборостроение, информационных технологии и электроники.

Barmakov Kamil Rinatovich
Student of Penza State University, Department of Instrument Engineering, Information Technology and Electronics. E-mail: Kamil.barmakov@yandex.ru

УДК 621.38

МИКРОЭЛЕКТРОНИКА В РОССИИ

MICROELECTRONICS IN RUSSIA

Аннотация: Статья о том, как куча странных научных идей, которые достаточно трудно реализовать на практике объединилась вместе в современных исследованиях, которые могут привести к созданию квантового компьютера, способного производить вычисления на несколько порядков быстрее, чем это делают наши современные электронные машины.

Abstract: An article about how a bunch of strange scientific ideas that are difficult to put into practice have come together in modern research, which can lead to the creation of a quantum computer that can perform calculations several orders of magnitude faster than our modern electronic machines do.

Ключевые слова: микроэлектроника, наука, развитие, научная идея, электронная машина, ЭВМ, сверхпроводник, квантовый компьютер, нанопроволока.

Keywords: microelectronics, science, development, scientific idea, electronic machine, computers, superconductor, quantum computer, nanowire.

В 1937 году, когда Этторе Майоран, молодой математик из итальянской команды физиков-ядерщиков под руководством Энрико Ферми выдвинул идею о том, что может существовать фермион, у которого все квантовые характеристики равны нулю, то есть он является собственной античастицей. Стандартная модель предусматривает существование бозонов, которые являются античастицами для самих себя. А вот подобный фермион известен не было, но математические выкладки Майорани свидетельствовали о том, что они все же могут существовать. В частности, такой античастицей самого себя могло быть электронное нейтрино – крошечная частица без массы и заряда, которая рождается во время бета-распада.

Однако поставить подобный эксперимент крайне трудно. Мы и до сих пор не знаем, является ли нейтрино майорановской частицей, хотя последние эксперименты свидетельствуют о том, что скорее нет, чем да. Однако это неважно, поскольку значительно интереснее неделимых майорановских частиц оказались их многокомпонентные аналоги.

Майорановские квантовые состояния казались значительно проще назвать штукой, чем определить, является нейтирино античастицей самой себя или нет. Однако они тоже требовали создания достаточно экзотических условий, поэтому впервые на практике они были получены всего несколько лет назад сразу несколькими разными способами в разных лабораториях мира. Пожалуй, наиболее интересным и перспективным является опыт китайских ученых из Пекинского университета. Для того, чтобы получить майорановские квантовые состояния, они обратились к другим удивительным идеям физиков, которые до сих пор имели достаточно ограниченное применение в технике.

Прежде всего, они применили сверхпроводники. Это материалы, в которых при определенных условиях наблюдается отсутствие у материала электрического сопротивления. Эти странные на первый взгляд материалы были открыты в 1911 году, и с тех пор ученые всего мира ищут такие вещества, которые были бы сверхпроводниками при комнатной температуре. Как и в случае с майорановскими фермионами, отсутствие этого решения не мешает физикам выдвигать относительно сверхпроводников интересные идеи.

Одну из них предложил в 1962 году британский физик Брайан Джозефсон. Он предположил, что если между двумя участками сверхпроводника, разместить участок обычного проводника, то этот обычный проводник будет вести себя как сверхпроводник и будет наблюдаться еще несколько

эффектов. Хотя переход Джозефсона и был подтвержден уже через год после публикации статьи, он преимущественно так и остался занятной игрушкой в лабораториях ученых.

Правда, физики сразу поняли, что джозефсоновский переход может быть ключом к новой электронике и даже создали на его основе несколько экспериментальных микросхем. Однако вплотную к практической реализации вычислительной машины на новых принципах подошли только исследователи из Пекинского университета в своем исследовании 2017 года. Для этого им понадобилась еще одна, уже четвертая по счету, странная физическая идея. Они решили использовать в качестве мостика между двумя участками сверхпроводника не простой проводник, а топологический изолятор.

Идея топологического изолятора заключается в том, что на нанометричном уровне некоторые молекулярные структуры умеют проводить электрический ток по своей поверхности, оставаясь в середине изоляторами. Соединив топологический изолятор со сверхпроводником, ученые получили топологический сверхпроводник с эффектом Джозефсона. И вот эта странная конструкция стала и надежным, и хорошо контролируемым источником майорановских фермионов.

Действительно, на то время это был далеко не первый эксперимент, в котором воспроизводились майорановские квантовые состояния. Еще в начале 2010-х годов успело выйти несколько исследований, в которых эти состояния были получены иным образом. Но эксперимент китайцев оказался, с одной стороны, невероятно сложным, а с другой – на удивление удачным. Поэтому тогда к этому исследованию отнеслись осторожно, решив проверить.

В 2018-2019 годах вышло две статьи, которые не просто подтверждают эту работу, но и открывают новые перспективы для ее развития. Та же самая команда из Пекинского университета, опубликовала новую статью, в которой рассказала об удачной попытке управления свойствами майорановских частиц с помощью эффекта Джозефсона. Они экспериментировали с парами хиральных майорановских фермионов и пришли к выводу, что при осуществлении джозефсоновского перехода, у этих пар существует три возможных пути. Первый – обе частицы отражаются от участка топологического изолятора. Второй – обе они осуществляют переход. Третий – одна из частиц совершает переход, а другая – отражается. Поскольку даже при разделении частиц в такой паре их квантовые характеристики остаются связанными, их можно использовать для реализации еще одной странной идеи – квантового компьютера. И в этот раз эта идея действительно может оказаться такой, что изменит всю нашу жизнь.

Обычный компьютер работает на измерении энергии частиц. Энергию ниже определенного уровня он считает нулем, а высшую – единицей. И хотя делать это можно с необычайной скоростью, минимальные размеры элементов, которые улавливают эти частички, ограничивают нашу возможность наращивать мощности вычислительной техники. Так или иначе, это будет поток частиц, каждый из которых является либо единицей или нулем. Но у частицы есть еще ее квантовые характеристики, каждые из которых можно также приравнять к единице или нулю. И квантовый мир устроен таким образом, что пара характеристик одной частицы может нести в себе не два разряда, как это было бы в случае электронного компьютера, а четыре, реализуя одновременно все четыре комбинации, которые возможны. Это явление носит название суперпозиции.

Так вот, майорановские частицы в эксперименте китайских ученых уже можно использовать в качестве квантовых единиц информации – кубитов. Тем более что процессом перехода ученые научились управлять, что само по себе является сенсацией, поскольку майорановские частицы по определению являются электрически нейтральными и поэтому повлиять на них непосредственно магнитным полем невозможно. Однако исследователям удалось обойти это ограничение с помощью джозефсоновского перехода. Поэтому, квантовый компьютер уже совсем близко.

Тем более, вскоре после вышеупомянутой работы вышла еще одна. На этот раз это была работа ученых из Вюрцбургского и Гарвардского университетов. По сути, они повторили эксперимент своих пекинских коллег, создав управляемый топологический сверхпроводник. Однако здесь ученые пошли дальше и, в отличие от предыдущих экспериментов, научили майорановские квазичастицы двигаться не в одном, а в двух перпендикулярных направлениях.

Дело в том, что одномерный переход, который использовался до сих пор, не давал возможность надежно контролировать майорановские квазичастицы. Переход к двухмерности значительно способствует этому. Главный же итог этой работы заключается в том, что сейчас рассматривают джозефсоновский переход майорановских квазичастиц как ключ к квантовому

компьютеру не только китайские ученые, но и ученые в других университетах. Поэтому прогресс в исследованиях набирает обороты.

Правда у этой системы есть конкурент. В мае 2019 года вышла статья исследователей из Дельфтского университета, в котором они говорят о майорановских частицах в нанодротинах. Именно в Дельфтском университете и именно этим способом майорановские частицы впервые были получены в 2012 году. Здесь тоже имеет место мостик между двумя сверхпроводниками. Однако на этот раз он представляет собой проволоку из полупроводника нанометрического масштаба.

Теоретически этот способ немного проще, однако, несколько лет практической реализации его мешали большие шумовые помехи, возникающие при использовании такой системы.

Надежная реализация этого механизма предполагает изучение спин-орбитального взаимодействия и в сверхпроводнике, и в полупроводнике. Наличие майорановских частиц само по себе означает наличие такого взаимодействия, однако до сих пор никто этого явления не изучал. Магнитное поле, если оно достаточно сильное, подавляет сверхпроводимость. Однако оказалось, что наличие спин-орбитального взаимодействия делает сверхпроводимость более устойчивой к воздействию магнитных полей, вследствие чего в поставленном эксперименте происходит появление майорановских частиц.

Пока что сказать, какое из направлений исследований является более перспективным рано. Оба они до сих пор являются лабораторными экспериментами, которые происходят в экзотических условиях. Вполне может случиться, что в будущем квантовом компьютере будут использоваться сразу оба подхода, или вообще что-то, что объединяет в себе их элементы.

Интересно здесь другое. Физико-технические исследования понемногу выходят на тот уровень, когда для объяснения того, в чем разница между двумя разными исследованиями, а то и просто для понимания того, что происходит в них, школьной физики оказывается недостаточно. Двадцатый век принес нам немало очень странных идей, которые описывают экзотические явления, часто невероятные с точки зрения бытовой логики. И сейчас мы только приступили к применению этих идей на практике. Поэтому объяснение, почему новая технология не является магией, будет становиться все длиннее, а истории создания новых устройств – все интереснее.

Библиографический список:

1. Большой энциклопедический политехнический словарь — микроэлектроника
2. Ефимов И. Е., Козырь И. Я., Горбунов Ю. И. Микроэлектроника: Проектирование, виды микросхем, функциональная микроэлектроника. — 2-е изд. — М.: Высшая школа, 1987. — С. 9—10. — 60 000 экз.
3. Перейти обратно:1 2 3 4 Микроэлектроника / А. А. Орликовский // Большая российская энциклопедия : [в 35 т.] / гл. ред. Ю. С. Осипов. — М. : Большая российская энциклопедия, 2004—2017.
4. Перейти обратно:1 2 Ю. Носов. О рождении микроэлектроники. Величайшая научно-техническая революция и современность (рус.) // Электроника: Наука, технология, бизнес : журнал. — 2015. — Т. 144, № 4. — С. 118–128. — ISSN 1992-4178.
5. The micro breakthrough // An Encyclopaedia of the history of technology (англ.) / Ian McNeil. — London: Routledge, 1990. — P. 705. — ISBN 0-203-19214-1.
6. Отечественная микроэлектроника получит поддержку правительства. Экономика и Жизнь. Дата обращения 19 февраля 2019.

Мамедова Физза Садых кызы, Махмудова Назиля Векил кызы,
Ибрагимова Лейла Надир кызы
Mammadova Fizza Sadikh, Mahmudova Nazila Bekil,
Ibrahimova Leyla Nadir
Институт Природных Ресурсов Нахчыванского отделения НАН Азербайджана
(Азербайджан, Нахчыван).E-mail: fizze.mammadova@ mail.ru

УДК 546. 06. 504-43

ОЦЕНКА ХИМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НАХЧЫВАНСКОЙ АВТОНОМНОЙ РЕСПУБЛИКИ

ASSESSMENT OF THE CHEMICAL AND ECOLOGICAL STATE OF UNDERGROUND WATERS OF THE NAKHCHIVAN AUTONOMOUS REPUBLIC

Аннотация: Рассматриваются подходы и методы изучения пресных подземных вод, приводятся экохимические и гидрохимические характеристики этих объектов. Экологическое состояние территорий и его динамика зависят как от типа и интенсивности антропогенного воздействия, так и от естественных природных особенностей региона. Доля подземных вод в питьевом и хозяйственном водоснабжении Нахчыванской Автономной Республике составляет 25 %. В сельской местности на подземные воды приходится порядка 80 % от общего потребления. Представлены результаты сравнительной оценки химического состава подземных вод региона по гидрохимическим показателям. Выявлены негативные факторы ухудшения гео-экологического состояния подземных вод региона, а также обозначить перспективы и основные проблемы, связанные с их использованием.

Abstract: In this paper, approaches and methods for studying fresh groundwater are examined, and the ecological, chemical and hydrochemical characteristics of their current state are presented. The results of a comparative assessment of the chemical composition of groundwater in the Autonomous Republic by hydrochemical indicators are presented. The share of groundwater in drinking and domestic water supply in the Nakhchivan Autonomous Republic is 25%. In rural areas, groundwater accounts for about 80% of total consumption. Negative factors of the deterioration of the geoecological state of groundwater in the region were identified, as well as to identify the prospects and main problems associated with their use.

Ключевые слова: подземные воды, макро- и микрокомпоненты, эко-химические характеристики, гидрохимические показатели, суммарный коэффициент загрязнения

Keywords: groundwater, macro- and microcomponents, eco-chemical characteristics, hydrochemical indicators, total pollution coefficient

Внутренняя водно-гидрографическая сеть Нахчыванской Автономной Республики (реки, озера, водохранилища, водозаборные и оросительные каналы, подземные воды) образовалась в долгий геологический период и за это время претерпела значительные изменения. На развитие и изменение гидрографической сети влияют различные физико-географические факторы – климат, рельеф, геологическое строение, почва и растительность □1□. Территория автономной республики имеет сухой климат, здесь мало русел рек, площадь и объем озер невелики. Поэтому широкое использование богатых подземных вод региона в области водоснабжения и ирригации является важным фактором в развитии мелиоративно-ирригационных работ и сельского хозяйства □2□. Качество питьевой воды напрямую связано со здоровьем населения. По данным ЮНЕСКО, почти 80% заболеваний населения связано с плохим качеством воды. Однако наряду с бактериологическим составом и загрязняющими компонентами большую роль играет и естественный состав воды. В.И. Вернадский считал, что на определенных этапах геологической истории через органическое вещество проходят все элементы периодической системы. Поэтому становится очевидной необходимость изучения диагностики показателей качества подземных вод, используемых в водоснабжении региона. Подземные воды по условиям залегания подразделяют на почвенные

(родниковые, ключевые, кягризные), грунтовые (минеральные, термальные), межпластовые, артезианские.

Источники загрязнения подземных вод можно разделить на несколько видов: естественные, сельское хозяйство, промышленность, домашние хозяйства.

Подземные воды содержат некоторые примеси, даже если на них не влияет деятельность человека. Типы и концентрации природных примесей зависят от характера геологического материала, через который движутся грунтовые воды, и качества водной подпитки. Грунтовые воды, движущиеся через осадочные породы и почвы, могут собирать широкий спектр соединений, таких как магний, кальций и хлориды. Некоторые водоносные горизонты имеют высокую естественную концентрацию растворенных компонентов, таких как мышьяк, бор и селен. Влияние этих естественных источников загрязнения на качество грунтовых вод зависит от типа загрязнителя и его концентраций.

Основными сельскохозяйственными источниками загрязнения грунтовых вод являются пестициды, удобрения, гербициды и отходы животноводства. Источники сельскохозяйственного загрязнения разнообразны и многочисленны: разлив удобрений и пестицидов во время обработки, сток от погрузки и промывки пестицидных опрыскивателей или другого оборудования для нанесения, при использовании химикатов в горах. Грунтовые воды обогащаются железом при вымывании его из горных пород и глин, насыщенных пиритом. Также большое количество ионов железа поступает в водоемы и подземные воды со сточными, ливневыми стоками от предприятий различных промышленностей и с сельскохозяйственными смывами с полей. Хотя железо относят к микроэлементам, тело взрослого человека содержит примерно 3-5 г. железа, по сравнению с другими микроэлементами, это огромное количество. Железо поступает в организм основном с пищей. Обычная смешанная пища взрослого человека и питьевая вода содержат достаточное количество железа, которое покрывает все нужды организма. Недостаток железа приводит к тяжелому заболеванию-железодефицитной анемии, при котором нарушаются формирование скелета, функции центральной нервной и сосудистой системы. Но в случае употребления воды человеком с повышенным содержанием ионов железа возможны: утрата веса, раздражение кожи, аллергические реакции, увеличение размера печени, проблемы с щитовидной железой и др. Вкус воды с превышением содержания ионов железа имеет неприятный вяжущий металлический вкус, что характеризует такую воду, как непригодную ни для технического, ни для питьевого использований [3]. Именно поэтому показатель содержания ионов железа в воде относят к органолептическим лимитирующим показателям вредности. Грунтовые воды обогащаются железом при вымывании его из горных пород и глин, насыщенных пиритом. Также большое количество ионов железа поступает в водоемы и подземные воды со сточными, ливневыми стоками от предприятий различных промышленностей и с сельскохозяйственными смывами с полей. Железо в водах колодцев и скважин присутствует в окисленном и восстановленном виде, но при взаимодействии с кислородом воздуха всегда окисляется и выпадает в осадок. Такие воды в первые минуты поднятия с глубины чисты и прозрачны, но через некоторое время у них появляется ржаво-бурый оттенок, который, в свою очередь увеличивает цветность и мутность воды. Поэтому анализ воды на ионы железа, хлориды, микроэлементы, жесткость и др. показатели необходим для самых разных типов воды, а в первую очередь важен для вод питьевого назначения [4].

Оценка уровня загрязненности подземных вод проведена по единой методике. При этом за основу взята система интегральной оценки качества подземных вод, предложенная А.П. Белоусовой [5], которая предусматривает расчет суммарного коэффициента загрязнения (СКЗ) по формуле СКЗ = $\sum C_i$/ ПДК, где C_i –концентрация i-го компонента, ПДК- предельно допустимая концентрация i-го компонента, утвержденная для оценки качества воды, используемой для питьевого водоснабжения [6]

На основании значений СКЗ приняты следующие категории загрязненности подземных вод: 1) СКЗ < 1 – условна чистая; 2) СКЗ = 1-5 – слабозагрязненная; 3) СКЗ = 5-10 – весьма загрязненная; 4) СКЗ = 10-20 – очень загрязненная; 5) СКЗ = 20-50 – грязная и очень грязная; 6) СКЗ > 50 – чрезвычайно грязная.

Экспериментальная часть

Состояние подземных вод оценивается по гидродинамическим и гидрохимическим условиям. Для всех образцов воды определена степень минерализации, жесткость, количество ионов магния, кальция, сумма натрия и калия, гидрокарбонатов, хлоридов, сульфатов и pH среды. Концентрация указанных компонентов в воде выражена в мг-экв/л и мг/л. Общая жесткость воды определена титрованием пробы исследуемой воды раствором трилона Б с использованием в качестве индикатора

кислотного хрома темно-синего в среде аммиачного буферного раствора [7]. Общая жесткость рассчитывалась по формуле $C = N_{tr \cdot B} \cdot K \cdot 1000/V_{H2O}$(мг-экв/л), где $N_{tr \cdot B}$ и $V_{tr \cdot B}$–нормальность раствора трилона Б и объем, израсходованный на титрование (мл), К – поправочный коэффициент, V_{H2O} – объем воды (аликвоты), взятой для анализа (мл). Кальций и магний определены титрованием раствором трилона Б с использованием в качестве индикатора мурексида (для Ca^{2+}) и эриохрома черного Т (для Mg^{2+}) в среде аммиачного буферного раствора. Количество этих элементов рассчитано по формуле:

$X_{Ca} = V_1 \cdot M \cdot 40{,}08 \cdot 1000/V$,

$X_{Mg} = V_1 \cdot M \cdot 24{,}32 \cdot 1000/V$,

где М–молярность раствора трилона Б, V_1– объем раствора трилона Б израсходованный на титрование (мл), V – объем воды, взятой для анализа (мл).

Количество ионов хлорида определялось параллельно двумя способами – растворами $Hg_2(NO_3)_2$ и $AgNO_3$ с использованием дифенилкарбазона и хромата калия в качестве индикаторов, а количество HCO_3^--ионов определено титрованием стандартным раствором 0,1 N HCl пробы воды. Количество сульфат-ионов также определялось двумя способами: а) Титрование проведено при pH примерно 3,5 в смеси воды и метилового спирта (50:50). Сульфат бария осаждается в виде хлопьевидного осадка, обладающего высокой адсорбирующей способностью. В качестве индикатора был использован ализариновый красный S. В растворе этот индикатор имеет желтую окраску, а на поверхности осадка при добавлении небольшого избытка бария образует розовый комплекс. Изменение окраски резкое и отчетливое[8]; б) В более легком йодометрическом способе определения сульфат-ионов, при прибавлении хромовокислого бария в анализируемую воду, выделяют хромовую кислоту в эквивалентном количестве сульфат-иону, который содержится в исследуемой воде [9]. Количество ионов Cl^-, HCO_3^- рассчитано по формуле $X = N \cdot V \cdot E_A /1000V_A$. В этой формуле N и V – нормальность титрата и объем, израсходованный на титрование (мл), E_A и V_A – эквивалент определяемого компонента и объем, взятый для анализа (мл), V–объем раствора, предусмотренный для анализа (мл). Содержание бора, брома и иода определено по методам, приведенным в [10]. Общее количество ионов Na^+ и K^+ в нескольких образцах найдено методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрометре марки Thermo Scientific iCE 3500, а в остальных методом экстраполяции. pH воды проверен с помощью иономера EV-74. Общая степень минерализации определена с помощью взвешивания на аналитических весах сухой массы, полученной после испарения пробы воды объемом 100 мл. Отбор проб подземных вод проводился авторами во время полевых маршрутов в 2017 - 2020 г. в составе научной экспедиции, организованной лабораторией « Гидрогеология и минеральных вод».

Обсуждение результатов

Гигиеническим критерием качества подземных вод являются предельно допустимые концентрации (ПДК). Их нормы устанавливаются по органолептическим и санитарно-токсикологическим показателям. Первая группа показателей связана с физико-химическими свойствами воды (вкус, запах, прозрачность и т.д.), вторая – с токсичностью и возможностью накопления в организме человека нормируемых элементов и соединений. При оценке качества воды, с позиций соответствия ее состава требованиям к воде высшей категории качества, среди макрокомпонентов наибольший процент превышения ПДК типичен для ионов натрия (62%), на втором месте – суммарная концентрация ионов кальция и магния (общая жесткость 30%), а на третьем - гидрокарбонаты (12,8%) и ионы хлора (12,6%).

Исследование питьевой и оросительной воды на территории Нахчыванской Автономной Республики является основным фактором повышения мелиоративных норм и качества оросительной техники в целом в регионе. Для определения химического состава и качества воды, были проанализированы образцы вод, взятых из 225 объектов, охватывающих всю территорию автономной республики. Объектами исследования являются минеральные, термальные, кягризные, родниковые и артезианские воды автономной республики.

Химический состав некоторых анализируемых образцов воды этих источников, сгруппированных по районам, приведен в таблице 1. В таблице минеральность выражена в мг/л, жесткость и значения компонентов в мг-экв/л.

Таблица 1. Результаты химического анализа некоторых водных источников на территории автономной республики

Источники	Минераль ность	Жест кость	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^++K^+
Вайхыр, Сарыбулаг	762,2		427,0	98,6	40,2	82,16	38,9	65,5
		7,3	7,0	7, 05	1,1	4,1	3,2	2,85
Вайхыр, Вайхыр-2	810,4		439,2	120,1	36,67	84,2	38,9	77,0
		7,4	7,2	2,5	1,03	4,2	3,2	3,35
Сираб, Кенд кягриз	944,6		341,6	204,4	102,7	80,16	46,2	142,6
		7,8	5,6	5,5	2,89	4,0	3,8	6,2
Гахаб, Кенд кягриз,	606,5		341,6	36,6	62,34	64,13	31,6	57,5
		5,8	5,6	0,76	1,75	3,2	2,6	2,5
Йени йол, Кенд кягриз,	820,4		329,4	194,6	73,34	82,18	45,0	85,1
		7,8	5,4	4,05	2,06	4,1	3,7	3,7
Гюлтепе, Кенд кягриз	988,8		329,4	254,6	117,36	92,18	48,64	124,0
		8,6	5,4	5,3	3,3	4,6	4,0	5,4
Гюльшанабад, Кенд кягриз	484,3		292,8	25,5	36,67	60,12	29,2	25,0
		5,4	4,8	0,53	1,03	3,0	2,4	1,08
Гюльшанабад, кягриз Агаммед	505,8		292,8	36,8	40,5	63,12	28,94	29,0
		5,5	4,7	0,77	1,14	3,15	2,38	1,25
Джагри, Калба Аббас к.	576,3	5,0	292,8	–	33,0	52,1	29,2	19,0
			4,8	–	0,93	2,6	2,4	0,82
Джагри, Чемен к.	785		305,0	32,4	73,35	56,11	26,75	64,0
		6,0	5,0	0,68	2,06	2,8	2,2	2,78
Пайыз, Кенд кягриз	450,0		256,2	–	33,0	48,1	19,5	28,0
		4,0	4,2	–	0,93	2,4	1,6	1,2
Бузгов,Гюллу Йурд	402,4		268,4	24,6	36,67	48,1	24,3	37,0
		4,4	4,4	0,5	1,03	2,4	2,0	1,6
Назарабад, Назарабад-Дидивар	451,5		317,2	30,4	62,34	64,13	36,48	32,0
		6,2	5,2	0,63	1,75	3,2	3,0	1,4
Джагри, Машади Аббас к.	576,3		292,8	–	33,0	52,1	29,2	19,0
		5,0	4,8	–	0,93	2,6	2,4	0,82

Наджафалы Дизе, Гаджи Мамед	1035,4		305,0	36,8	60,12	48,1	26,7	38,0
		4,7	5,0	0,77	3,0	2,4	2,2	1,63
Гарачуг, Гаджи Новруз к.	1186,4		512,4	94,6	260,39	136,27	82,69	94,3
		13,6	8,4	1,97	7,33	6,8	6,8	4,1
Кешмебасар, Кенд кягриз	2244,6		414,8	979,2	201,71	340,68	92,42	190,4
		24,6	6,8	20,4	5,68	17,0	7,6	8,28
Карагала, Машади Мухтар к.	818,6		439,2	42,24	117,36	78,15	42,56	91,56
		7,4	7,2	0,88	3,3	3,9	3,5	1,08
Мазра, Кенд кягриз	612,2		280,6	92,4	66,01	56,11	19,45	91,05
		4,4	4,6	1,93	1,86	2,8	1,6	3,99
Тумбул, Хейран ханум к.	1288,4		451,4	305,28	183,37	196,39	75,39	67,16
		16,0	7,4	6,36	5,16	9,8	6,2	2,92

Единицы измерения величин, указанные в первой строке, выражены в мг/л, а единицы измерения величин во второй строке-в мг-экв/л. Из полученных данных (таблица1) видно, что результаты этого химического анализа, охватывающего все регионы автономной республики, можно считать основным критерием оценки качества воды. Исследуемые источники воды, за исключением нескольких водных объектов, полностью пригодны для использования с целью питья. Химический состав исследуемых источников воды на территории Нахчыванской Автономной Республики позволяет эффективно использовать их в водоснабжении. Данные таблицы 1 показывают, что в некоторых источниках (Ел кягриз, Сафар кягриз и др.) слабоминерализованной гидрокарбонатно-кальциевой воде содержится магний. Это выдвигается связью вод с магниевыми отложениями в недрах земли. Воды, фильтруясь через толщи пород, растворяют их, обогащаясь рядом элементов. Так при растворении соленосных толщ сложенных галитом (NaCl) воды приобретают хлоридный натриевый состав; при фильтрации через известняки - гидрокарбонатный кальциевый и т.д.

Источниками химического загрязнения подземных вод (табл. 2) являются стоки и твердые отходы предприятий, содержащие всевозможные неорганические и органические вещества. В процессе фильтрации сточных вод вблизи территории предприятия в подземных водах могут появиться тяжелые металлы, ароматические, токсические и другие вредные вещества. На сельскохозяйственных территориях воды загрязняются вследствие избыточного применения ядохимикатов и удобрений.

Таблица 2. Распределение загрязняющих веществ по территории автономной республики

Загрязняющие вещества					
Районы	**Сульфаты, хлориды**	**Соединения азота**	**Нефтепродукты**	**Фенолы**	**Тяжелые металлы**
Бабек	5	12	–	–	4
Кенгерли	5	11	–	–	5
Джульфа	6	10	–	–	4
Ордубад	6	5	–	–	6
Шахбуз	4	4	–	–	4

Шарур	7	7		–	4
Садарак	6	6	–	–	3
Итого	39	55	–	–	28

Как видно из таблицы, в автономном республике нет сильное опасности загрязнения подземных вод опасными химическими загрязнителями.

Серьезную угрозу здоровью населения представляет биологическое загрязнение вод, вызываемое микроорганизмами, возникающими на участках длительной фильтрации загрязненных хозяйственно – бытовых вод, выгребных ям, скотных дворов и т.д.

Оценка опасности загрязнения проводится с использованием индексов опасности загрязнения как одной из характеристик устойчивости окружающей среды к негативному воздействию. Для каждой группы загрязняющих веществ рассчитывался групповой индекс опасности загрязнения по предложенному нами выражению (табл.3)

Таблица 3

Характеристика загрязнения подземных вод в автономной республике (по А.П. Белоусовой)

Типы вод	Суммарного коэффициента загрязнения	Ассоциация элементов	Категория загрязнения
Родниковые воды	4,92	Na+K, Ca, Mg, HCO_3,Cl, SO_4	Слабо загрязненная
Кягризные воды	0,8	Ca, Mg, Na+K, HCO_3,Cl, SO_4	условна чистая
Минеральные воды	1,02	Ca, Mg, Na+K, SO_4, HCO_3,Cl, Y,B,CO_2	условна чистая
Артезианские воды	1,70	Ca, Mg, Na+K, HCO_3, Cl, SO_4, Fe	условна чистая
Коллекторно-дренажные воды	5,40	Na+K, Ca, Mg, HCO_3,Cl, SO_4, B, Fe, Al	Слабо загрязненная

На основании полученных результатов, за исключением нескольких, показано пригодность использования большинства изученных вод для питья и технических нужд населения. Как видно из таблиц, воды от очень мягких до умеренно жестких, среда нейтральная, либо слабощелочная. За весь период наблюдений содержание сухого остатка в подземных водах водоносного комплекса не превышало предельно допустимых концентраций. Исходя из этого, можно предположить дальнейшее стабильное содержание данного показателя в подземных водах автономной республике. Подземные воды – это запасы чистой полезной пресной воды, состав которых мало зависит от негативной экологии.

В некоторых районах Нахичеванской автономной Республики, а также в более чем 100 населенных пунктах многих районов начата установка водоочистительных установок модульного типа, большая часть которых уже сдана в эксплуатацию населения. Также были выделены дополнительные средства для строительства водоочистительных установок модульного типа в 200 населенных пунктах прибрежных районов рек Кура и Аракс.

Таким образом, можно оживить водоснабжение и экономическую деятельность региона, эффективно используя ценные водные ресурсы, включая родниковые, кягризные, минеральные, артезианские и другие подземные воды.

Библиографический список:

1. Аббасов А., Мамедова Ф., Гурбанов Г. Экология и окружающая среда во взаимоотношении общества и природы. Нахчыван, «Аджеми», 2018, 290 с.

2. Мамедова Ф.С., Аббасов А.Д. Факторы влияющие на водный баланс Нахчыванской Автономной Республики. // Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук. Санкт-Петербург, 2019, т.2, с. 16-20.

3. Нор П. Е., Андреева Т. Ю., Новошинская Е. А. Диагностика показателей качества подземных вод // Молодой ученый,2016, №25, с,172-176.

4. Щварц А.А. //Химический состав подземных вод Санкт-Петербургского региона в свете новых требований к качеству воды. Вестник Санкт-Петербургского Университета, 2005, Сер.7, Вып.1, с.88-93.

5. Белоусова А.П. Оценка опасности загрязнения подземных вод как компонента окружающей среды.// Вода: химия и экология, 2015, №15, с. 31-40.

6. Белоусова А.П., Гавич И.К., Лисенков А.Б., Попов Е.В. Экологическая гидрогеология. М.: Академкнига, 2006, 397 с.

7. Пономарева В.Д., Иванов Л.И. Практикум по аналитической химии. М.:Высшая Школа, 1983, 271с.

8. Фритц Дж., Щенк Г. Количественный анализ. М.: Мир, 1978, 557 с.

9. Строганов Н.С., Бузинова Н.С. Практическое руководство по гидрохимии. 2-е изд., М.: МГУ, 1980, 196 с

10. .Резняков А.А., Муликовская П.Е., Соколов Ю.И. Методы анализа природных вод. М.: Недра, 1970, 488 с.

Комкова Василиса Сергеевна
Komkova Vasilisa Sergeevna
Студентка 5-го курса Приборостроительного факультета МГТУ им. Н.Э.Баумана
E-mail: asyakomkova@mail.ru

Ушков Иван Валерьевич
Ushkov Ivan Valer'evich
Студент 5-го курса Приборостроительного факультета МГТУ им. Н.Э.Баумана
E-mail: ushkvano97@rambler.ru

УДК 621.454

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАМЕРЫ ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

DEVELOPMENT OF COMBUSTION CHAMBER OF LIQUID ROCKET ENGINE

Аннотация: В данной статье рассматривается процесс проектирования и расчёт основных параметров камеры сгорания жидкостного ракетного двигателя. Приведена оптимизация угла раскрытия конического сопла по критерию минимизации потерь на трение.

Abstract: The process of combustion chamber development and calculation of main luquid rocket engine parameters were investigated. The expansion angle of conical nozzle was optimized by criterion of friction loss minimization.

Ключевые слова: Ракетный двигатель, камера сгорания, профилирование сопла.

Keywords: Rocket engine, combustion chamber, design of nozzle.

Введение: Ракетный двигатель – своего рода, «сердце» ракеты. Бесспорно, живой организм не может функционировать без мозга, костей и тканей. Ракета так же не сможет выполнить полёт без системы управления, силовой конструкции и теплозащиты, но всё-таки центральным «органом» ракеты является двигатель.

Проектирование ракетного двигателя – сложный и длительный процесс, в котором разработчик должен, опираясь на выданное тех. задание, создать такой двигатель, параметры которого выдавали бы максимально легкое и малогабаритное сопло, при этом не теряя в значении удельного импульса. Достигается это различными конструктивными решениями, одним из которых является профилирование.

В данной задаче было необходимо рассмотреть один из вариантов профилирования дозвуковой части сопла и спроектировать сопло с конической сверхзвуковой частью и оптимальным углом раскрытия.

Основная часть:

Сопло с конической сверхзвуковой частью и оптимальным углом раскрытия.

Профилирование докритической части сопла:

Исходные данные:

Тяга двигателя в пустоте: $P_П = 1635$ кН;

Давление в камере: $p_к = 14.7$ МПа;

Удельная площадь потока в кр.сеч: $F''_{кр} = 0{,}0001118\ м^2 \cdot с/кг$;

Удельная площадь потока в вых.сеч: $F''_а = 0{,}0028052\ м^2 \cdot с/кг$;

Пустотный удельный импульс: $I_{у.п} = 3170{,}54$ м/с

Расчетная часть:

Расход топлива: $\dot{m} = \frac{P_П}{I_{у.п}} = \frac{1635}{3170{,}54} \approx 515{,}68$ кг/с

Определим площадь критического сечения:

$$F_{кр} = F''_{кр} \cdot \dot{m} = 0{,}0001118 \cdot 515{,}68 \approx 0{,}05765\ м^2$$

Определим диаметр критического сечения:

$$d_{кр} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{кр}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0{,}05765}{3{,}1416}} \approx 0{,}2709\ м$$

Определим площадь выходного сечения камеры с насадком:

$F_{а.н} = F_а'' \cdot \dot{m} = 0{,}0028052 \cdot 515{,}68 \approx 1{,}4466$ м^2

Определим диаметр выходного сечения камеры с насадком:

$$d_{ан} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{ан}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1{,}4466}{3{,}1416}} \approx 1{,}357 \text{ м}$$

Определим площадь выходного сечения камеры без насадка:

$F_а = F_{ан} \cdot F_{н.отн} = 1{,}4466/1{,}5 = 0{,}9644$ м^2

Определим диаметр выходного сечения камеры без насадка:

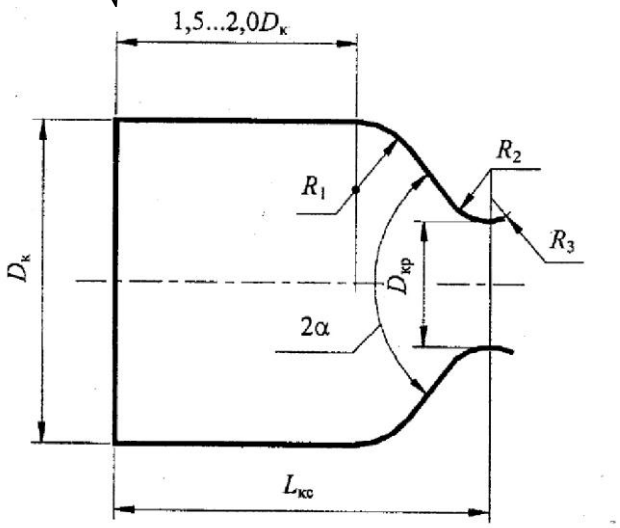
$$d_а = \sqrt{\frac{4 \cdot F_а}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0{,}9644}{3{,}1416}} \approx 0{,}614 \text{ м}$$

Принятая величина относительной площади изобарной КС: $\overline{F_{КС}} = 4$

Определим площадь КС: $F_{КС} = F_{кр} \cdot \overline{F_{кс}} = 0{,}05765 \cdot 4 = 0{,}2306$ м^2

Определим диаметр КС:

$$d_{кс} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{кс}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0{,}2306}{3{,}1416}} \approx 0{,}542 \text{ м}$$



Рассмотрим один из вариантов профилирования дозвуковой части сопла – радиусно-коническое сопло. Зададимся:

$$R_1 \approx D_{kp} = 2 \cdot R_{kp}$$

$R_2 = R_3 = 1{,}5 \cdot D_{кр}$

$D_к = 2{,}5 \cdot R_{кр}$

$2\alpha_{вх} = 60°$

Тогда

$$R_1 \approx D_{kp} = 2 \cdot R_{kp} = 0{,}2709 м$$

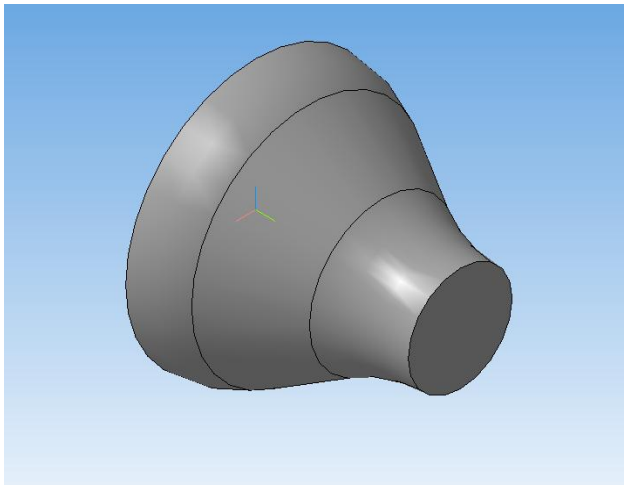
$R_2 = R_3 = 1{,}5 \cdot D_{кр} = 0{,}406$ м

$D_к = 2{,}5 \cdot D_{кр} = 0{,}677$ м

$2\alpha_{вх} = 60°$

Определим объем конической части:

На основании принятых данных, была построена 3D-модель дозвуковой части сопла:



Объем данной детали:

$V_{кон} = 0{,}098236 м^3$

Определим объем КС:

Определим приведенную длину КС:

$L_{пр} = \tau_{пр}\sqrt{R_к T_к} A_к$

$$A_к = \sqrt{n}\left(\frac{2}{n+1}\right)^{\frac{n+1}{2(n-1)}} = \sqrt{1{,}165}\left(\frac{2}{1{,}165+1}\right)^{\frac{1{,}165+1}{2(1{,}165-1)}} = 0{,}642$$

Приведенное время пребывания продуктов сгорания в КС:

$\tau_{пр} = 0{,}003$ с

Т.о.

$L_{пр} = 0{,}003\sqrt{338{,}948 \cdot 3233{,}37} \cdot 0{,}642 \approx 2{,}016$ м

$V_{кс} = L_{пр} F_{кр} = 2{,}016 \cdot 0{,}05765 \approx 0{,}1162$ м^3

Тогда длина цилиндрической части камеры сгорания будет равна:

$$l_ц = \frac{V_ц}{F_к} = \frac{V_{кс} - V_{кон}}{F_к} = \frac{0{,}1162 - 0{,}098236}{0{,}2306} = 0{,}0779 \text{ м}$$

Процессы сгорания топлива в КС и течение ПС в сопле сопровождаются потерями энергии, а значит и потерями тяги.

При определении угла раствора конического сопла, учтём следующее: при увеличении раствора β_a, возрастают потери на веерность, но уменьшаются потери на трение, при уменьшении угла раствора наоборот, потери на веерность уменьшаются, а потери на трение возрастают. Т.е. существует оптимальный угол раствора конического сопла, при котором соотношение между потерями на трение и потерями на веерность наилучшее.

Зададимся диапазоном изменения угла $\beta_a = 10°..19°$

Коэффициент, учитывающий потери на веерность (рассеивание) определим по формуле:

$$\varphi_{c3} = \frac{1+\cos(\beta_a)}{2}.$$

Значения φ_α для указанных углов β_a приведены в таблице 3.

β_a	φ_α
10^0	0,99628
11^0	0.99513
12^0	0.99385
13^0	0.99241
14^0	0.99082
15^0	0.98908
16^0	0.9872
17^0	0.98516
18^0	0.98296
19^0	0.98065

Определение потерь на трение:

Потери на трение определяются по формуле:

$\varphi_{тр} = \frac{1-\Delta P_{тр}}{P_{п.и}}$,

где $\Delta P_{тр}$–проекция на ось симметрии сопла суммарной силы трения, действующей на стенки сопла; $P_{п.и}$ – пустотная тяга, развиваемая камерой при отсутствии трения (численно равна заданной пустотной тяге проектируемого двигателя).

Разобьем сопло на несколько участков (см. распределение параметров по соплу) по длине и дя каждого определим осевую составляющую силы трения по формуле:

$$\Delta P_{трj} = C_{fj} \cdot \frac{\rho_j \cdot W_j^2}{2} \cdot \Delta S_j \cdot \cos(\beta_j),$$

где C_{fj} – коэффициент трения на j-ом участке,

$\Delta S_j = \frac{\Delta F_j}{\sin(\beta_j)} = \frac{F_j - F_{j-1}}{\sin(\beta_j)}$ – боковая поверхность участка,

β_j – угол наклона контура к оси сопла,

$\rho_j = \frac{1}{\nu_j}$ – плотность компонентов топлива,

W_j – скорость продуктов сгорания.

На данном участке все параметры с свойства РТ принимаются постоянными, равными среднему арифметическому значению в расчетных сечениях, ограничивающих расчетный участок.

Коэффициент трения C_f определяется по соотношению В.С. Авдуевского:

$$C_f = C_{f0} \left(\frac{T_{ст}}{T}\right)^{-0,35} \left(1 + 0,88\frac{k-1}{2}M^2\right)^{-0,55},$$

где C_{f0} – коэффициент трения, рассчитанный без цчета сжимаемости для параметров потока вне пограничного слоя;

$T_{ст}$ и T – температура стенки и рабочего тела вне пограничного слоя;

M – местное значение числа Маха;

k – показатель адиабаты.

Примем: $C_{f0} = 0,004$,

если $T > 1000$ К, то $T_{ст} \approx 1000$ К,

если $T < 1000$ К, то $T_{ст} \approx T$.

В таблице 4 приведен расчет для угла $\beta_a = 10$

№ уч.(j)	C_f	ρ_j , кг/м^3	W_j, м/с	Cosβ	ΔS_j	$\Delta P_{тр}$, кН
2 (8-9кр)	0,00563	23,4028	1091,07	0,9613	0,0000	0,000
3 (9-10)	0,00561	22,8182	1118,035		0,0006	0,043
4 (10-11)	0,00558	21,8994	1255,55		0,0017	0,156
5 (11-12)	0,00549	19,4100	1370,565		0,0131	1,261
6 (12-13)	0,00533	15,5955	1457,175		0,0290	2,461
7 (13-14)	0,00511	11,6292	1664,795		0,0627	4,9679
8 (14-15)	0,00479	7,4299	1932,180		0,1779	11,364
9 (15-16)	0,00430	3,6411	2272,960		0,5907	22,955
10 (16-17)	0,00387	1,6616	2528,155		0,4990	9,856
11 (17-18)	0,00344	0,8994	2719,175		2,0240	22,273
12 (18-19)	0,00310	0,4560	2866,965		0,6647	3,715
13 (19-20)	0,00302	0,3894	2905,020		0,4569	2,178
14 (20-21)	0,00296	0,3554	2923,500		0,2745	1,188
15 (21-22)	0,00292	0,3347	2935,465		0,2483	1,005

Т.о суммарная сила трения определяется по формуле:

$$\sum_{j=1}^{15} \Delta P_{тр} \approx 83,382 \text{ кН}$$

Тогда

$$\varphi_{тр} = 1 - \frac{\Delta P_{тр}}{P_{п.и}} = 1 - \frac{83,382}{1635} \approx 0,881$$

Аналогично рассчитываем значения для других углов и заносим их в таблицу.

Коэффициент φ_c найдём по формуле $\varphi_c = \varphi_{тр} \cdot \varphi_{сз}$

$\beta_а$	10°	11°	12°	13°	14°	15°	**16°**	17°	18°	19°
$\varphi_{сз}$	0,9963	0,9951	0,9938	0,9924	0,9908	0,9891	**0,9806**	0,9851	0,9830	0,9806
$\Delta P_{тр}$	194,721	170,120	150,954	135,594	123,001	112,483	**83,382**	95,894	89,23	83,382
$\varphi_{тр}$	0,8810	0,8960	0,9080	0,9170	0,9250	0,9310	**0,9390**	0,9410	0,9450	0,9490
$\varphi_с$	0,8777	0,8916	0,9024	0,9100	0,9165	0,9208	**0,9251**	0,9240	0,9207	0,9189

Оптимальный угол наклона образующей расширяющейся части сопла сопла $\beta_{а\ опт} = 16°$, так как при этом значении угла, коэффициент сопла $\varphi_с$ максимальный:

$$\varphi_{c|\beta_а=16°} = 0,9251$$

Т.о. длина сверхзвуковой части конического сопла равна:

$$L_c = \frac{R_а - R_{кр}}{tg\beta_а} = \frac{0,831 - 0,13545}{tg(16°)} \approx 2,432 \text{ м}$$

Заключение: Опираясь на исходные данные, были определены необходимые геометрические параметры камеры сгорания и выбран оптимальный угол раскрытия конического сопла. Расчет ракетного двигателя на этом не заканчивается: после найденного угла раскрытии сопла, возможно сделать профилирование сверхзвуковой части, что также приведет к оптимизации соотношения входных параметров и удельного импульса двигателя.

Библиографический список:

1. Альбом конструкций ЖРД, часть 3. М.: Военное издательство Министерства обороны СССР, 1969-204 с.

2. Дорофеев А.А. Проектирование и расчёт параметров и характеристик камеры ракетного двигателя. Учебное пособие. М: Логос, 2002-52 с.

3. Дорофеев А.А. Основы теории тепловых ракетных двигателей (Общая теория ракетных двигателей): Учебник. М: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000.

Дубровский Виктор Анатольевич
Victor A. Dubrovsky
д.т.н., с.н.с.
E-mail: multi-hulls@yandex.ru

УДК 629.5.017.2

СНИЖЕНИЕ СЛЕМИНГА ДНИЩА КОНСТРУКЦИИ, СОЕДИНЯЮЩЕЙ КОРПУСА МНОГОКОРПУСНОГО СУДНА

DECREASING OF WET DECK SLAMMING OF A MULTI-HULL SHIP

Аннотация.Удар о волну (слеминг) конструкции, соединяющей корпуса -это один из основных недостатков многокорпусного объекта. Потому снижение частоты и интенсивности этого слеминга является важной проблемой проектирования таких судов. Проблема делится на две части: уменьшение качки для снижения частоты слеминга и совершенствование конструкции для снижения давлений при слеминге. Рассмотрены методы снижения продольной качки, а также конструктивные меры для снижения давлений. Даны несколько общих и частных рекомендаций по проектированию многокорпусных объектов.

Abstract. Shocks by waves, slamming, of the wet deck (the bottom of inter-hull above-water structure) is a specific disadvantage of all multi-hull ships. It means the decreasing of such slamming is an important problem of a multi-hull ship designing and creation. The problem is divided by two parts: motion mitigation and shock elimination. Some methods of longitudinal motion mitigation of various multi-hulls are examined and compared. In addition, some methods of shock pressure decreasing are shown too. As the results, some general and particular recommendations are proposed.

Ключевые слова: многокорпусное судно, катамаран, слеминг днища соединительной конструкции, качка, умерение качки, снижение давлений.

Key words: multi-hull ship, catamaran, wet deck slamming, motion, motion mitigation, pressure mitigation.

Введение.

Возможность ударов волны в днище конструкции, соединяющей корпуса многокорпусного судна, слеминг этой конструкции, является одним из специфических недостатков таких объектов. Чаще всего такой слеминг имеет место на встречном волнении и в носовой части соединительной конструкции. Слеминг определяется частотой ударов и интенсивностью ударных давлений, поэтому задача снижения слеминга распадается на проблему снижения частоты ударов и проблему снижения ударных давлений. При этом надо отметить, что обычно снижение частоты слеминга сопровождается и снижением давлений. Поскольку обычно конструкция, соединяющая корпуса двухкорпусного судна, расположена достаточно близко к его носовой части, а у трёхкорпусного смещена в корму, обычно наиболее важно снижение слеминга двухкорпусных судов.

Слеминг определяется вертикальным перемещением локального уровня воды по отношению к поверхности конструкции, а также локальной вертикальной скоростью этого перемещения. Известно, что многокорпусные суда с малой площадью ватерлинии, СМПВ, имеют существенно меньшую качку, чем суда с традиционными обводами, поэтому СМПВ гораздо реже попадают в условия существенного (как по частоте, так и по величине давлений) слеминга соединяющей корпуса конструкции.

Удар возникает при практически одновременном превышении двух величин: вертикального перемещения уровня и скорости этого перемещения. Количество ударов в час определяется следующей формулой [1]:

$$N_S = [(3600*\omega_z)/2\pi]*\exp - [(d^2/2D_z) + (v_0^2/2D_v)], \quad (1)$$

здесь $\omega_Z = (D_V/D_Z)^{1/2}$, D_V – дисперсия локальной скорости вертикального перемещения уровня воды, м^2 / сек^2; D_Z – дисперсия вертикального перемещения уровня, м^2; d – локальное расстояние от рассматриваемой точки до расчётной ватерлинии, так называемый "вертиткальный клиренс", м; v_0 – критическая вертикальная скорость, обычно принимаемая равной 3.5 м/сек.

В настоящее время обычно принимают предельное допустимое количество удавров, равное 20.

Очевидно, количество ударов тем меньше, чем больше вертикальный клиренс и чем меньше качка.Однако снижение количества ударов за счёт увеличения клиренса - достаточно затратный путь, потому что это увеличение прямо означает рост надводного борта и массы корпкусных конструкций, что обычно приемлемо только в определённых пределах. Поэтому определение минимально приемлемого вертикального клиренса - одна из главных пароблем проектирования многокорпусных объектов.

Если и когда не удаётся принять необходимый вертикальный клиренс, необходимо принять меры по снижению ударных давлений при слеминге днища соединяющей корпуса конструкции. При прочих равных условиях, ударное давление определяется наклоном поверхности конструкции к горизонту, рис. 1.

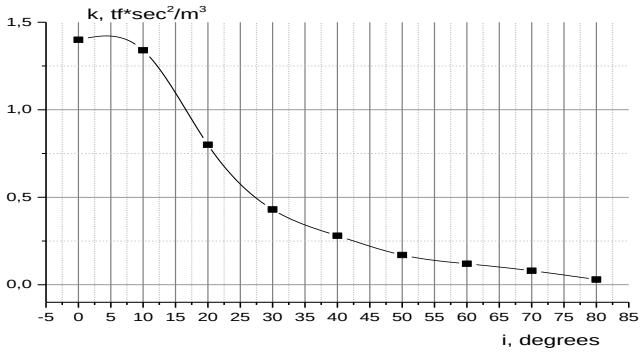


Рис. 1. Эмпирический коэффициент зависимости ударного давления от угла наклона поверхности к горизонту [2].

Ниже показаны методы снижения частоты слеминга за счёт уменьшения качки, а также снижения давлений за счёт конструктивных мероприятий.

1. Умерение продольной качки.

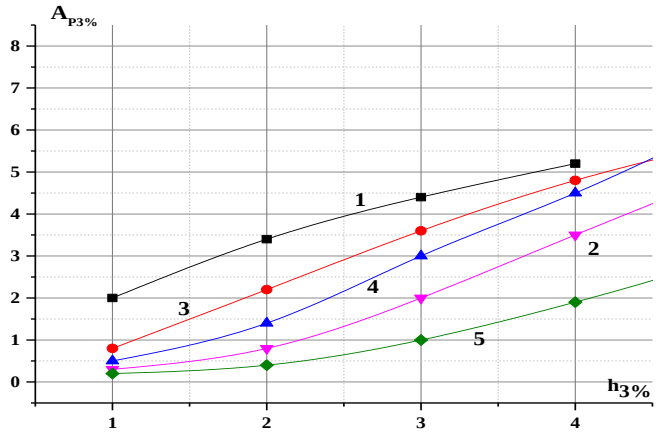
1.1. Выбор главных размерений.

Продольную качку можно снизить различными методами: изменением собственных периодов качки для избежания резонанса на наиболее часто встречающихся волнах; снижением возмущающих сил и моментов от волн; повышением демпфирования на волнении.

Ниже рассмотрены указанные методы, от более к менее эффективным. Кроме того, рассмотрено наличие данных для оценки эффективности рассмотренных методов. Надо отметить, что существенный объём данных о качке однокорпусных судов может быть использован для оценки характеристик многокорпусных судов с традиционными обводами, прежде всего - катамаранов, т.е. двухкорпусных судов с обычными обводами.

1.1.2. Наиболее эффективным способом снижения продольной качки является переход к обводам с малой площадью ватерлинии, т.е. переход к новому типу обводов. Корпус с малой площадью ватерлинии состоит из подводной гондолы, являющейся основным водоизмещающим объёмом, и тонких стоек, соединяющих гондолу с надводной соединительной конструкцией. Уменьшение площади ватерлинии означает, прежде всего, увеличение (до двух раз) собственных периодов качки всех видов, в том числе - килевой и вертикальной на встречном волнении и носовых курсовых углах встречи с волнами.Кроме того, уменьшение площади ватерлинии означает соответствующее снижение возмущающих моментов на волнении.

Обычно относительная площадь ватерлинии – это площадь, отнесённая к объёмному водоизмещению в степени две трети. Большинство быстроходных однокорпусных объектов имеют относительную площадь ватерлинии около 5-6, тот же коэффициент у объектов с малой площадью ватерлинии около 1 – 2. Снижение продольной качки примерно соответствует соотношению относительной площади ватерлинии. Например, рис. 2 содержит сравнение амплитуд килевой качки 600-тонного СМПВ (относительная площадь ватерлинии 1.35) и различных однокорпусных объектов



на встречном волнении.

Рис.2. Амплитуды килевой качки на встречном волнении, [3]: 1 – однокорпусный корвет, 1000 т, 15 узлов; 2 – однокорпусный фрегат, 3500 т, 15 узлов; 3 – СМПВ, 600 т, попутное волнение, 10 узлов; 4 – тот же объект, та же скорость, встречное волнение; 5 –СМПВ,18 узлов, встречное волнение.

Очевидно, что 600-тонное двухкорпусное СМПВ будет иметь меньшую качку, чем традиционный фрегат водоизмещением 3500 т. В целом встречное волнение более благоприятно для плавания всех СМПВ, чем попутное, потому что на попутных курсовых углах СМПВ попадают в условия резонанса по всем видам качки. При этом все средства умерения продольной качки СМПВ значительно более эффективны, чем те же средства сравнимого однокорпусного объекта.

Обобщая, можно отметить, что в среднем СМПВ имеет качку, примерно равную качке традиционного объекта с бОльшим в 5-15 раз водоизмещением (в зависимости от достигнутой величины относительной площади ватерлинии).

Однако переход к меньшей площади ватерлинии возможен не для всех назначений объектов, так что следует рассмотреть и методы снижения качки объектов с традиционными обводами..

1.1.2. Одной из геометрических характеристик традиционного корпуса, сильно влияющих на качку, является относительная ширина одного корпуса, B_1 / d, здесь B_1 – ширина корпуса, d – расчётная осадка. В то же время продольная качка катамарана весьма близка к качке однокорпусного судна той же длины и водоизмещения. Результаты расчёта необходимого вертикального клиренса двух традиционных корпусов показаны на рис. 3, [3] при условии 20 ударов в час на встречном волнении различной интенсивности при разной скорости хода (в форме числа Фруда по длине). Корпуса имеют относительную ширину B_1 /d = 2 или 4.

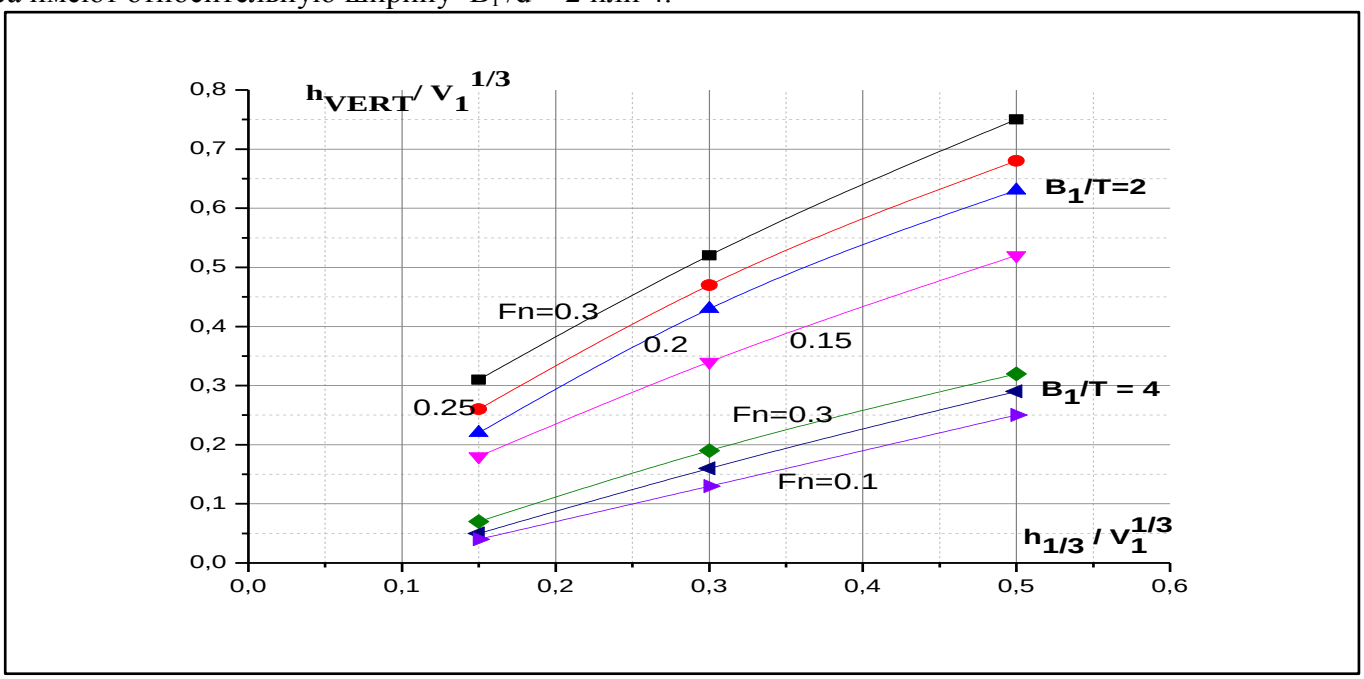


Рис. 3. Относительный вертикальный клиренс в зависимости от высоты волны 3-% ной

обеспеченности, относительной ширины корпуса и числа Фруда по длине; здесь h_{VERT} – вертикальный клиренс, м; $h_{1/3}$ – высота волны, м; B_1 V_1 - объёмное водоизмещение корпуса, куб м; B_1 – ширина корпуса, м; T – расчётная осадка, м; Fn – число Фруда.

Видно, что относительная ширина корпуса сильно влияет на необходимую величину относительного вертикального клиренса. Однако относительная ширина корпуса определяет его смоченную поверхность, отрицательно влияя на ходовые качества при невысоких относительных скоростях. Поэтому относительная ширина должна быть варьируемой величиной в проектном процессе.

1.1.3. Увеличение длины приводит к снижению резонансной килевой качки корпуса с традиционными обводами (примерно пропорционально соотношению длин в степени 1.5), Рис. 4 [4].

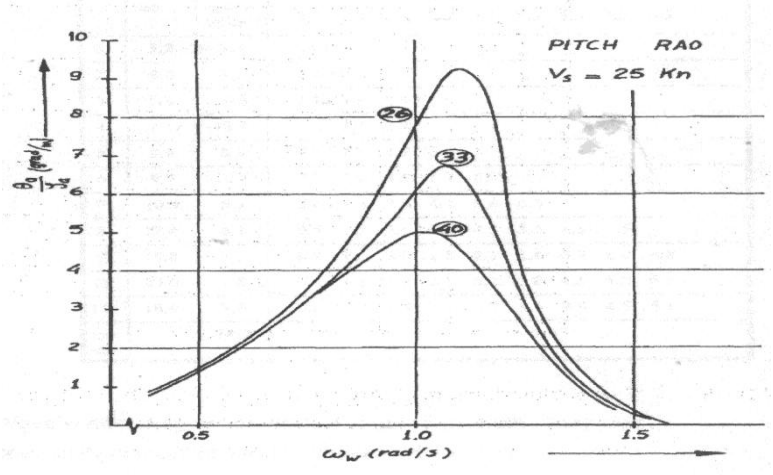


Рис.4. Зависимость стандарта амплитуд килевой качки традиционного корпуса от частоты встречного волнения.

Однако длина – самое «дорогое» из размерений корпуса; например, продольный изгибающий момент растёт пропорционально квадрату длины, соответственно увеличивается вес продольных конструкций корпуса. Поэтому обычно снижение качки за счёт заметного увеличения длины проблематично.

1.1.4. Полнота традиционного корпуса в целом и его носовой части обычно определяются требованиями ходкости. И хотя увеличение соответствующих коэффициентов приводит к росту демпфирования продольной качки, этот путь её снижения вряд ли может быть приемлемым достаточно часто.

Так же влияет и увеличение призматического коэффициента, который тоже обычно выбирается по соображениям обеспечения необходимых ходовых качеств. Однако отражающий только продольное распределение водоизмещения призматический коэффициент может быть варьируем более свободно, чем коэффициент общей полноты. К сожалению, систематические данные, отражающие влияние призматического коэффициента на качку, автору не известны.

1.1.5. Обычно взаимное расположение корпусов многокорпусного объекта выбирается по соображениям общего расположения, остойчивости, но без учёта его влияния на продольную качку. Однако иногда это влияние заметно, так что его можно выявить в ходе модельных испытаний или систематических расчётных прогнозов качки. Как качественный пример, в таблице 1 приводятся расчётные данные о килевой качке катамаранов (в рамках линейной теории волн). Базой для сравнения служили данные о качке однокорпусного судна той же длины и водоизмещения.

Таблица 1.

Полученные расчётом характеристики продольной качки катамаранов с различным расстоянием между корпусами. [2], в процентах к соответствующим характнристикам традиционного корпуса

Характ. Качки	Высота волны $H_{3\%}$,m	Fn = 0				Fn=0.4			
		c/B_1=0.5	1.0	1.5	2.0	c/B_1=0.5	1.0	1.5	2.0
Амплитуда вертикальной качки, $A_{H3\%}$,	1.5	105	128	136	128	260	142	133	125

м	3.0	93	107	111	110	150	131	124	118
Амплитуда килевой качки, $A_{P3\%}$,град	1.5	114	99	102	103	140	118	130	115
	3.0	93	96	98	100	93	108	125	117
Вертик. перемещ. носа, $Z_{V3\%}$м	1.5	108	103	108	106	150	127	134	118
	3.0	90	97	100	100	98	116	130	120
Ускорение в носовой части, $Z_{A3\%}$ м/сек^2	1.5	85	115	123	117	175	144	137	113
	3.0	88	107	112	109	1156	130	135	117

здесь с – расстояние между внутренними бортами, м, B_1 – ширина одного корпуса, м.

Хотя общая тенденция не просматривается, эти результаты показывают, что амплитуды качки могут расти при увеличении не только относительной скорости, что достаточно обычно, но и поперечного клиренса. Таким образом, можно только отметить, что поперечный клиренс влияет на продольную качку, но степень и направление этого влияния предсказать невозможно.

1.2. Системы умерения продольной качки.

Часто для снижения продольной качки достаточно быстроходных судов применяют пассивные или активные подводные крылья. Кроме того, достаточно большой носовой бульб также увеличивает демпфирование, т.е. снижает килевую качку, см. ниже.

Глиссирующие катера и объекты, движущиеся в переходном скоростном режиме, могут иметь интерцепторы в качестве успокоителей качки. Кроме того, для той же цели можно использовать управляемые транцевые доски.

1.2.1. Характерное для объектов с малой площадью ватерлинии снижение возмущающих сил и моментов при качке делает относительно более значимыми силы и моменты, генерируемые успокоителями качки, например, активные горизонтальные крылья, см. рис. 5.

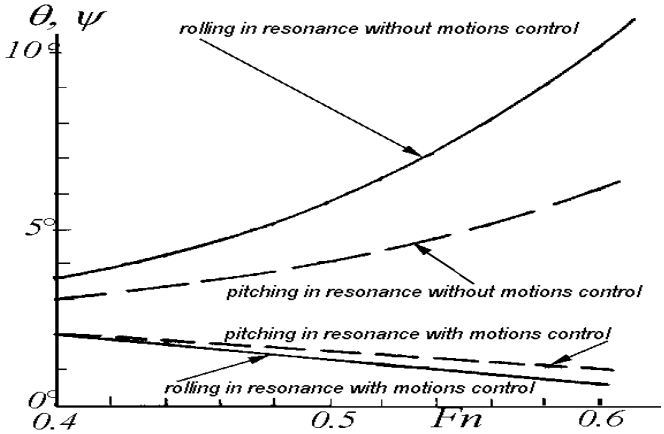


Рис. 5. Резонансные амплитуды бортовой (верхняя линия) и килевой (вторая сверху линия) качки самоходной модели СМ-14 двухкорпусного СМПВ без успокоителей; такие же амплитуды при использовании активных крыльев в качестве успокоителей – две нижние линии. Водоизмещение модели 7 т, скорость до 14 узлов, высота волны 0.7 м, высота волны, отнесённая к кубическому корню из величины водоизмещения,0.35 [2].

Очевидно, что на больших скоростях килевая качка уменьшается до 6 раз, однако здесь площадь крыльев сравнима с площадью ватерлинии.

Для обеспечения устойчивости продольного движения СМПВ принятая площадь крыльев-успокоителей должна быть разделена между носовыми и кормовыми в соотношении не менее 1 : 2. Рис. 6 показывает неудачный вариант крыльев-успокоителей: только в носовой части. Испытания этой модели показали, что на встречном волнении носовая часть имела существенно бОльшие вертикальные перемещения, чем кормовая, а на попутном волнении качка оказалась совершенно не приемлемой, что и послужило причиной отказа от реализации этого проекта.

Рис. 7. Неприемлемый вариант размещения крыльев-успокоителей (только в носовой части. [5].

Рекомендованная схема размещения крыльев-успокоителей приведена на рис. 8. Видно, что объект с кормовыми аутригерами должен иметь по паре крыльев в носовой и кормовой частях основного корпуса (умерение продольной качки) и пару крыльев на аутригерах – для умерения бортовой качки.

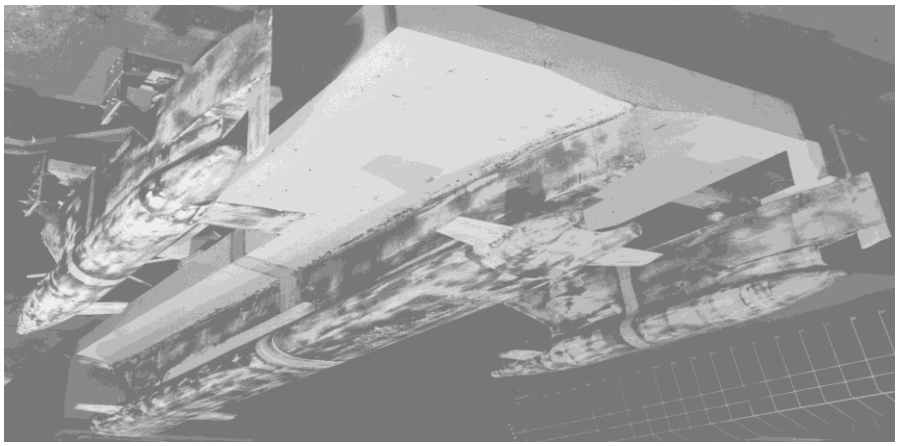


Рис. 8. Рекомендованный вариант расположения крыльев – успокоителей на объекте с кормовыми аутригерами.

Показанный на рис. 8 вариант весьма эффективен для снижения всех видов качки

1.2.2. Для снижения качки всех видов на стоянке и на малых ходах могут быть применены активированные воздухом успокоительные танки. Первая такая система уже установлена на однокорпусном российском научно-исследовательском судне. Особенно эффективна такая система будет на СМПВ – благодаря уменьшению возмущающих сил и моментов, действующих на такие суда на волнении. При этом то же управляемое количество балласта, которое регулирует качку, может применяться и для существенного снижения осадки СМПВ в порту или на мелкой воде (при полном вытеснении балласта за борт).

1.2.3. Кроме управляемых, активных, крыльев, для умерения качки могут быть применены более дешёвые пассивные. Главная проблема проектирования таких крыльев – выбор оптимальной площади и конструкции, обеспечивающей достаточную усталостную прочность. Возможно, придётся применить поддерживающие крылья раскосы, которые, к сожалению, повысят буксировочное сопротивление…

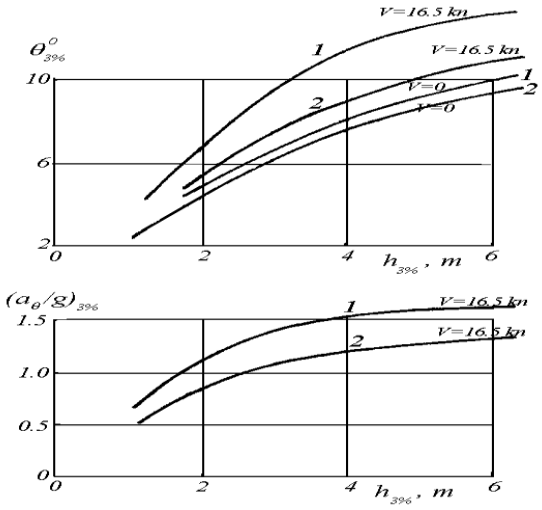


Рис. 9. Влияние носовых пассивных крыльев на амплитуды килевой качки и ускорений малотоннажного катамарана: 1-без крыльев; 2 – с крыльями, площадь которых равна 10% площади ватерлинии. Вверху – амплитуды качки, цифрами показаны скорости хода; внизу – относительные ускорения, [2].

Надо отметить, что эффект крыла заметен, но существенно меньше, чем влияние крыльев – успокоителей на СМПВ.

Принятая при этих испытаниях относительная площадь крыльев представляется близкой к оптимальной, поскольку её увеличение, вероятно, приведёт к излишнему снижению вертикальных перемещений носовой качки..

Для упрощения ремонта и избежания усталостного разрушения крыло следует соединять с корпусами шарнирно, а консольные крылья необходимо усиливать небольшими раскосами, хотя это и увеличит буксировочное сопротивление.

1.2.2. Как и на однокорпусных глиссерах, на многокорпусных могут быть применены интерцепторы, проще всего – на транцах. Например, предложенное автором сверх-глиссирующее судно с аэродинамической разгрузкой должно иметь интерцепторы на транцах всех трёх корпусов, рис. 10. Это позволит использовать интерцепторы для умерения и килевой, и бортовой качки.

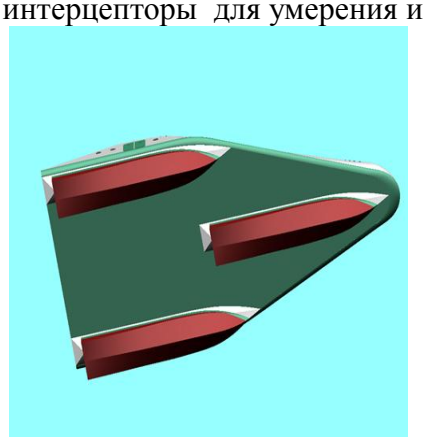


Рис. 10. Вид снизу на модель «рассекающего волны» сверхглиссирующего тримарана [6].

1.2.3. Большой носовой бульб на объекте с традиционными обводами, проектируемом для водоизмещающего или переходного скоростного режима, кроме снижения волнового сопротивления на высоких относительных скоростях снижает и продольную качку. На рис. 11 приведено сравнение амплитуд ускорений килевой качки однокорпусного судна водоизмещением 1000 т без бульба и с бульбом (10% полного водоизмещения).

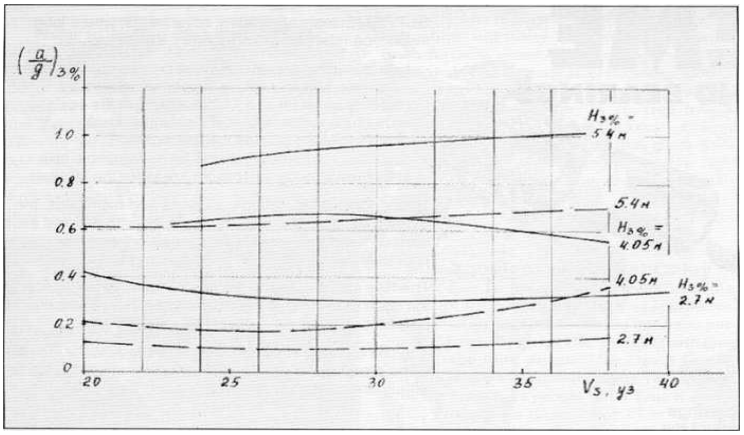


Рис. 11. Относительные вертикальные ускорения носовой части 1000-тонного судна без бульба (сплошные линии) и с бульбом (пунктир) [7].

Если принять к качестве нормы ускорение 0.15g, как для пассажирского судна, видно, что судно без бульба будет иметь такое ускорение на волне высотой около 2.7 м, т.е. несколько больше, чем 4 балла по шкале Бофорта; при наличии бульба приемлемая высота волны будет около 4 м, т.е. больше высоты, соответствующей интенсивности волнения 5 баллов по той же шкале. Это означает возможность заметного расширения диапазона допустимого волнения для эксплуатации на полном ходу судна такого водоизмещения. Понятно, что тот же эффект будет иметь место для катамарана того же водоизмещения и длины при той же скорости.

2. Снижение давлений при слеминге.

2.1. Как было отмечено выше, наиболее простой и достаточно эффективный способ снижения ударных давлений – профилирование поверхности днища соединяющей корпуса конструкции. Например, рис. 11 показывает носовую часть экспериментального судна ВМФ США «Каймалино».

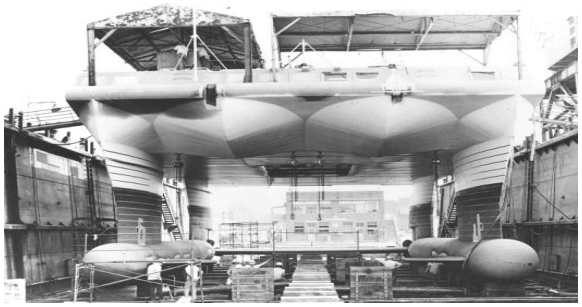


Рис. 11. Профилированное днище конструкции, соединяющей корпуса экспериментального судна ВМФ США «Каймалино».[2].

Есть основания полагать, что профилирование не только меняют углы наклона поверхности, но и создают своего рода временные местные «воздушные подушки».

Профилирование поверхности может выполняться различными методами, см. ниже, например, [8].

2.2. Некоторые мероприятия, направленные на снижение ударных давлений, были изучены на ранних стадиях проектирования рыболовного катамарана [2]. Рис. 12 иллюстрирует результаты этих исследований.

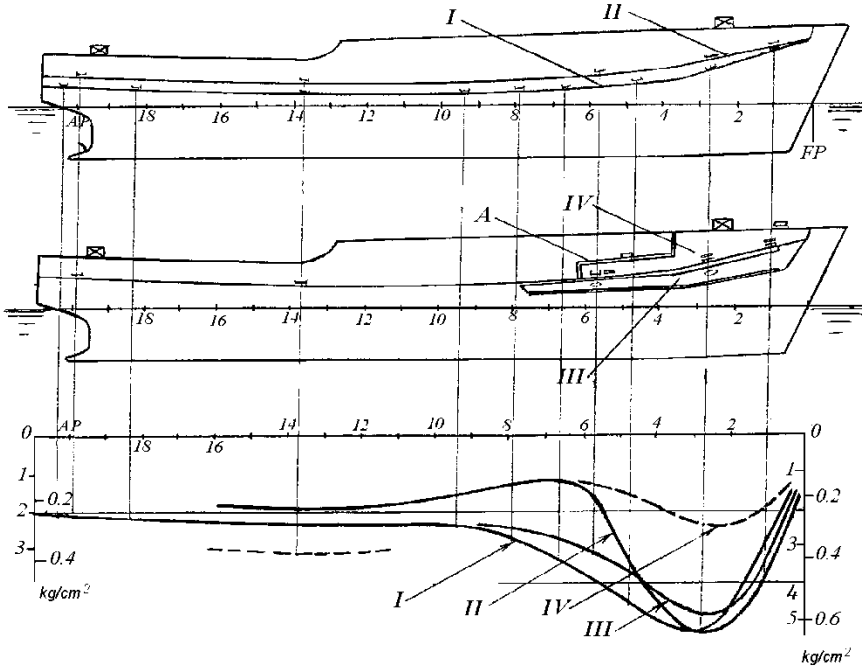


Рис. 12. Некоторые методы снижения ударных давлений : I – исходная величина вертикального клиренса, плоская поверхность ; II – уменьшенный клиренс; III – начальный клиренс и перфорированная поверхность, IV – ячеистая поверхность, A – перфорированная внутренняя поверхность. Правая часть каждой шкалы по краям рисунка относится к давлению на модели, левая – на натурном судне.

Очевидно, что конструкция, обеспечивающая возникновение временных местных «воздушных подушек», наиболее эффективна.

2.3. Вариант такой конструкции был предложен для нового типа сверхскоростного судна («рассекающего волны» тримарана с аэродинамической разгрузкой). Реализация конструкции такого рода для СМПВ показана на рис. 13.

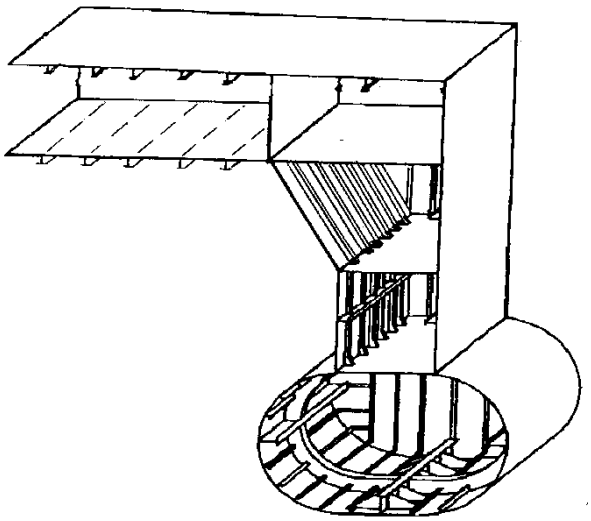


Рис. 13. Предложенная схема днища соединяющей корпуса [3].

Предложенная конструкция предполагает размещение продольных рёбер жёсткости под настилом днища (в отличие от существующих вариантов, где рёбра размещаются над настилом, поэтому для создания гладкого пола приходится организовывать своего рода «второе дно», что означает наличие двух настилов. Наружные рёбра опираются на поперечные переборки или рамы, поэтому внутренний настил не требуется, что означает заметное снижение массы днища соединяющей корпуса платформы. Внешние рёбра, во-первых, деформируют волну в момент удара, а также между ними возникают локальные временные «воздушные подушки».

Выводы и рекомендации.

1.Как было отмечено выше, относительная ширина корпуса традиционной формы (B_1/d) существенно влияет на продольную качку, а потому и на частоту слеминга днища соединяющей корпуса конструкции; поэтому это соотношение должно быть не менее 2 – чем больше, тем лучше. Вариация этого соотношения является важной частью процесса проектирования многокорпусного судна с корпусами традиционной формы. Кроме того, в настоящее время построенные СМПВ имеют гондолы с круговыми шпангоутами. Но с точки зрения качки также рекомендуется отношение ширины и высоты гондолы не менее 2.

1. Вертикальный клиренс, прямо влияющий на высоту борта судна, также должен варьироваться в процессе проектирования. Рис 14 (для корпусов традиционной формы) и 15 (для корпусов с малой площадью ватерлинии) содержат рекомендации о величине вертикального клиренса в нулевом приближении. [3].

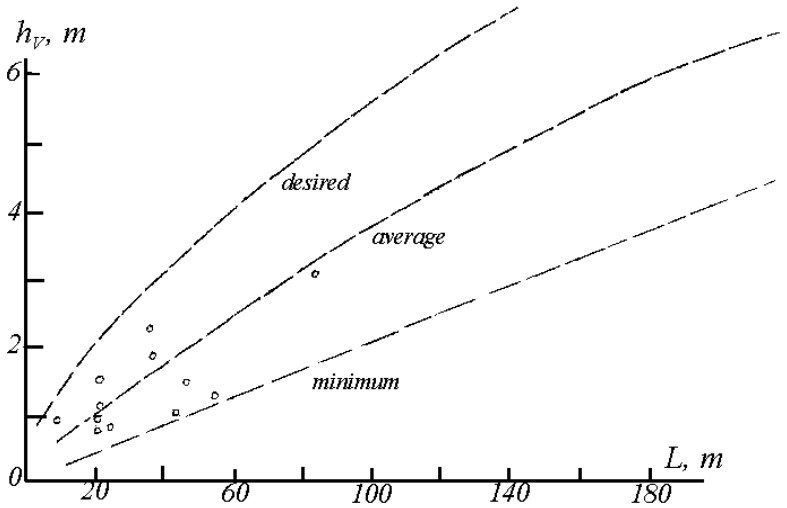


Рис. 14. Рекомендованное нулевое приближение величины вертикального клиренса судов с корпусами традиционной формы: сверху вниз – желательная, средняя, минимальная величина.

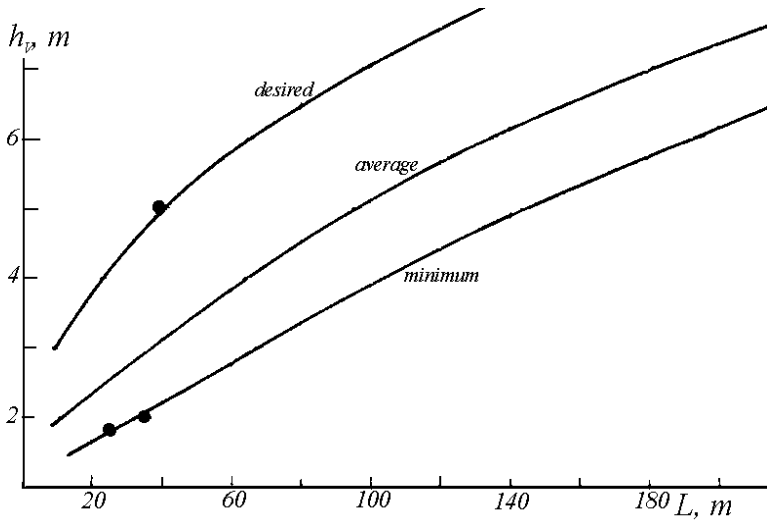


Рис. 15. Рекомендованное нулевое приближение величины вертикального клиренса судов с корпусами с малой площадью ватерлинии: сверху вниз – желательная, средняя, минимальная величина.

2. Наиболее обоснованный выбор вертикального клиренса может быть произведён на основе расчётов количества ударов в час (см. формулу выше) с использованием экспериментальных или расчётных данных об амплитуде и скорости перемещения уровня воды в рассматриваемых точках по длине. При мореходных испытаниях с измерениями этих данных модель должна быть без днища соединяющей корпуса конструкции, что повысит точность указанных измерения. При этом, вопреки бытующей точке зрения, измерять перемещение уровня надо отдельно вверх и вниз от уровня расчётной ватерлинии, поскольку в натурных условиях имеет место определённая асимметрия вертикальных перемещений уровня [4]) .

3. Как правило, экономические требования ограничивают возможности выбора вертикального клиренса для любого возможного волнения, особенно – для судов малого и среднего водоизмещения. Поэтому – после выбора максимально приемлемой величины вертикального клиренса – следует принять все доступные меры для снижения ударных давлений при слеминге, которые неизбежны при превышении высоты волн, для которой клиренс выбирался. Желательна также экспериментальная проверка эффективности принятых мер по снижению давлений. При этом надо иметь в виду, что процесс удара о волну в присутствии временных локальных «воздушных подушек» сегодня мало изучен и вряд ли достаточно полно моделируется. Тем не менее, можно считать, что появление таких «подушек» более или менее заметно снижает ударные давления во всех случаях.

Библиографический список:

1. Бородай И., Нецветаев Ю.“качка судов на морском волнении”, изд. «Судостроение», 1969, Ленинград, СССР.

2. Dubrovsky, V., Lyakhovitsky, A., “Multi Hull Ships”, 2001, ISBN 0-9644311-2-2, Backbone Publishing Co., Fair Lawn,USA, 495 p

3. Dubrovsky, V., “Specificity & designing of multi-hull ships &boats”, Nova Science Publishers, ISBN 9781634846158, USA, 2016, 210 p.

4. Keuning, J.A., Pinkster, J. “Optimization of the seakeeping behavior of a fast monohull”, FAST Conference, 1995, Lubeck, Travemunde, Germany

5. Dubrovsky, V., “Some lessons of a design”, Ships & Offshore structures”, 2010, vol. 5, issue 4, pp371-371

6. Dubrovsky, V.,”Wave-piercing trimarans target speed step-change”, 1999, Speed at Sea, October, pp. 14,16

7. Dubrovsky, V., “New Bulbous Bow to Improve Performance and Seaworthiness”, Naval Architect, 2000, April, pp.20,22

Swidan, A. et al, “Wet deck slamming loads on s developed catamaran hull form – experimental investigations”, “Ships & Offshore Structures”, June 2016.

Ломашевич Святослав Александрович
Lomashevich Svyatoslav Aleksandr
Начальник Теор. Отдела. к.ф – м.н. Направление - математическая физика.
Исследовательский Центр Харитоново. Калуга .
8-911-736-55-09. E – mail: lamasvet@yandex.ru

УДК 530.1

ФОТОН. ФОРМИРОВАНИЕ КВАНТА.

PHOTON. FORMING QUANTUM.

Аннотация. На основании базовых положений статистической физики и принципа наименьшего действия вычислено уравнение кванта энергии фотона при *рождении*. Получено уравнение, зависящее от времени.

Summary. The fundamental laws was examined for calculated equation existence quant of photon in process energy transformation from sours to free photon.

Ключевые слова: энергия кванта, образование фотона при излучении, время формирования кванта.

Key words: energy of quant, time formation of quant, statistic Bose.

Введение

В результате исследования Распада фотона [1], вычислены формулы и определены параметры, входящие в уравнение Зависимости энергии фотона от времени, уравнение потенциальной энергии. В этих работах [1] начальной точкой принято время t = 0, когда фотон уже существует и никак не рассматривался процесс образования кванта энергии при излучении его источником. В настоящей работе рассмотрена ситуация при перенесении начала отсчёта в момент начала формирования фотона.

Вычисление уравнения формирования фотона.

1. Вступление. Оригинальность предлагаемых статей состоит в следующем. В вычислениях траектории фотона использованы впервые координаты (E,t, энергия и время, то есть v-t). Традиционный метод использует обобщенные координаты (q,p, координата, импульс). Применение координатного пространства (E-t) для фотона позволяет решить задачи поставленные в предполагаемых работах.

Главные положения:

- Принцип наименьшего действия,
- Распределение тождественных частиц – фотонов по энергии в соответствии с законом Бозе-Эйнштейна (Б-Э)

Поясним первое из них. Собственно Действие, как физическая величина, с размерностью (Дж – сек) представлена в неравенствах Гейзенберга и в практике Вариационного исчисления вычисляется минимальное значение этой величины, однако в предлагаемом исследовании впервые вычисления проведены в координатах (E, t).

Важным для дальнейшего исследования является следующее: взаимодействие фотонов проявляется в формировании распределения фотонов по энергии - статистике Бозе – Эйнштейна. (далее Б – Э).

Рассматривается явление образования «ансамбля» фотонов при последовательном заполнении фазовых ячеек θ –квантами в распределении Б-Э. Этот процесс заканчивается при достижении суммарной энергии θ –квантов, равной энергии перехода электрона в источнике излучения. Так как у световых квантов нет времени, то процесс описанного изменения и образования θ –ансамбля в координатной системе фотона происходит одновременно в системе θ – частиц, в том числе их взаимодействие подчиняется статистике бозонов.

2. РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ЭЙЛЕРА

В координатах ν - частота, t – время исследован функционал [2, 3]:

$$t[\nu(t)] = \int_0^\infty \frac{\sqrt{1+(\nu^1)^2}}{\nu^1}\,dt$$

так что $\delta \int F(\nu^1, t)dt = \delta \int \frac{\sqrt{1+(\nu^1)^2}}{\nu^1} dt = 0$

Соответственно, уравнение Эйлера [2]

$$F_\nu - \frac{d}{dt} F_{\nu^1} = 0 ,$$

в котором $F_y = 0$, следовательно:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{d}{d\nu^1}\left(\frac{\sqrt{1+(\nu^1)^2}}{\nu^1}\right)\right) = 0$$

Окончательно полученный результат включает два уравнения:

$$\frac{d^2\nu}{dt^2} = 0 \quad \text{и} \quad 3\left(\frac{d\nu}{dt}\right)^2 + 2 = 0 \qquad \textbf{(1)}$$

Решение находим из первого уравнения

$\nu = c_2 t + c_1$ когда $t = 0$, $\nu = 0$, то $\nu = C_2\ t$ **(2)**

при условии $t = t_0$ - окончание процесса, $\varepsilon = h\nu = \varepsilon_0$, $C_2 = \frac{\nu_0}{t_0}$.

Окончательно: $\varepsilon = \frac{\nu_0}{t_0}\ t.$ (3)

3. Вычисление времени формирования кванта.

Итак, переход электрона происходит дискретно с интервалами времени $\frac{h}{\theta}$ [1]. В первый интервал (квант времени) излучается $1\ \theta$, во второй, в соответствии со свойством бозонов, $2!\ \theta$, в 3-й - $3!\ \theta$ и т. д. . . . n ! - для последнего * пакета * частиц θ, излучаемых в интервале времени $\frac{h}{\theta}$. Полная энергия - $h\nu_0$, равна энергии перехода электрона с верхнего уровня на нижний. Таким образом, лавинообразный процесс нарастает с увеличением числа актов последовательно в каждом интервале времени $\frac{h}{\theta}$.

Для определения t_0 рассмотрим распределение Б – Э [4].

$$\frac{dN}{d\varepsilon} = \frac{1}{exp\frac{\varepsilon}{kT} - 1}$$

В рассматриваемом процессе формирования кванта с учётом количества ячеек Z фазового пространства энергии распределения Б-Э :

$$dn = \frac{Z - 1}{exp\frac{\varepsilon}{\theta} - 1}$$

Единицей в числителе можно пренебречь в силу малости по сравнению с Z - числом фазовых ячеек:

$$z = \frac{d\varepsilon dt}{h} = \frac{h d\nu dt}{h} = d\nu dt \qquad \textbf{(4)}$$

h – объём фазовой ячейки.

Из (2) для энергии : $h\nu = c_2 ht = c_2 ht = \varepsilon$

Тогда: $dn = \frac{d\nu dt}{\exp\left(\frac{C_2 ht}{\theta}\right) - 1}$

По условию нормировки:

$$n = \int_0^{\nu_0} d\nu \int_0^{t_0} \frac{dt}{\exp\left(\frac{C_2 ht}{\theta}\right)} = 1 \qquad (5)$$

Отсутствие единицы в знаменателе обосновано тем, что $\exp\frac{C_2 ht}{\theta} \gg 1$

Вычисление интегралов в (5) приводит к значению n:

$$n = -\nu_0\theta \cdot C_2^{-1}(\theta \cdot ((C_2 t_0 + 1))^{-1} - 1) = 1 \qquad \textbf{(6)}$$

Выполняя условия нормировки n = 1 , находим :

$$t_0 = -\left(\frac{h}{\theta}\right)^2 \nu_0$$

Следовательно, энергия $\varepsilon = \varepsilon_0\, t_0^{-1}\, t = -\frac{\theta^2}{h} t$ **(7)**

Обсуждение.

1. Отрицательные значения времени t_0 и энергии ε указывают на то, что формирование кванта происходит в обратном направлении времени. Это физическое явление, которое физиками (в отличии от философов) подробно не исследуется, однако, как и в настоящем случае , появившийся минус в формуле обозначает ситуацию не адекватною современным явлениям, исследованным теоретически и экспериментально. Ранее рассмотренный

Распад фотона [1] и полученные результаты не связаны с полярностью времени и энергии и в исследовании [1] знак не определяет сущности явления - рассматривалось явление изменения энергии фотона во времени.

2. Оба исследования - формирование и распад - рассмотрены на основе вариационного принципа по определению траектории наименьшего действия E –t . наиважнейшей и принципиально значимой физической величины, объединяющей энергию и время. Это главное, что изначально предопределяло строгость вычислений в обеих работах и логически стройно позволило объединить свойство бозонов и принцип наименьшего действия, основанные на энергии.

3. Рассмотрение процесса накопления энергии квантом и переход в состояние *полёта* с необходимостью позволит вычислить и обосновать Скорость Света, но из двух фундаментальных законов - принципа наименьшего действия и распределения Б-Э ответа не получить… необходимо учесть свойство света (электромагнитного излучения - волн) адекватного представленного уравнениями Максвелла и преобразуемыми при переходе в систему движущуюся со скоростью относительно первой - формулами Лоренца .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Корректно поставленная задача и строго выполненное решение позволили получить формулу накопления энергии, вычислить время этого процесса, дополнительно поставить проблему отрицательных физических - принципиально важных для миропонимания -- величин: **энергии и времени**, а также указать на существование временного * скачка * при *ускорении * фотона до скорости света, подобного явлениям бифуркации, бистабильности [5] - теперь уже в квантовомеханическом формализме - т. е., при грубой аналогии , обозначить некоторый * туннельный переход в **пространстве энергия - время.**

Библиографический список:

1. С. А. Ломашевич. Фотон. Уравнение и теория распада. – СПб изд. ‘Культ Информ Пресс’ , 2015. – 76 стр. ISBN 978-5-8392-0553-6.

2. Я. И. Френкель. Аналитическая механика. Изд. «Кубуч». 1937г.

3. В. Г. Левич . Курс теоретической физики т.2 , изд. «Наука». М.: 1971г., стр.429.

4. В. К. Семенченко. Избранные главы теоретической физики. Изд. «Просвещение». М.: 1966г. стр. 314.

5. L. A. Lugiato. Theory of Optical Bistability. North – Holland Physics Publishing. Amsterdam.

Нормирзаев А.
Normirzaev A.
к.т.н. доцент. Наманганский инженерно-строительный институт (НамИСИ)

Нуриддинов А.
Nuriddinov A.
к.т.н. Наманганский инженерно-строительный институт (НамИСИ)
E-mail: nabducaum@mail.ru, nabducaum@umailr.uz

УДК 631.51

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТОВ ДЛЯ ОСНОВНОЙ И ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

DEVELOPMENT OF COMBINED UNITS FOR BASIC AND PRESEEP TREATMENT OF SOIL

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы по созданию необходимых машин и орудия к колесным энергонасыщенным тракторам, а также машин и орудия для обработки почвы под зерновые и промежуточные культуры, обеспечивающих качественную обработку почвы при высокой производительности и минимальных затратах труда, энергии и расходе топлива.

Abstract: The article considers the issues of research and development work on the creation of the necessary machines and implements for wheeled energy-saturated tractors, as well as machines and implements for cultivating the soil for grain and intermediate crops, providing high-quality tillage with high productivity and minimal labor, energy and fuel consumption.

Ключевые слова: почва, машина, орудия, приспособления, культура, обработка почвы, посев, трактор, энергия, труд, способ, уплотнения.

Keywords: soil, machine, implements, devices, culture, tillage, sowing, tractor, energy, labor, method, compaction.

В настоящее время в сельском хозяйстве Республики Узбекистан основными энергетическими средствами, используемыми для основной и предпосевной обработки почвы, а также мелиоративно-планировочных работ, являются энергонасыщенные колесные и гусеничные трактора нового поколения. Они полностью заменили имеющиеся в хозяйствах гусеничные трактора класса 3 и 4 (ДТ-75, Т-4А и др.), но имеющийся набор почвообрабатывающей орудий предназначенной для работы с этими гусеничными тракторами не агрегатируется с энергонасыщенными колесными тракторами, имеющими современные трансмиссии, механизм навески с множеством систем автоматического регулирования. Это обстоятельство, т.е. отсутствие машин и орудий к энергонасыщенным тракторам, обеспечивающих их номинальную загрузку и полную занятость, а также качественно выполняющих технологические операции не позволяет поднять уровень механизации сельскохозяйственного производства, производительность труда и урожайность продукции растениеводства, а также приводит к значительным непроизводительным затратам энергии, средств и топлива.

В настоящее время промежуточные (повторные) культуры в Республике возделываются после уборки озимых зерновых (в основном пшеницы). При этом на поверхности почвы остается значительное количество растительных остатков, сорняков и их семян. Применение безотвальной или минимальной обработки почвы под промежуточные (повторные) культуры приводит к повышенной засоренности посевов в период их вегетации и следовательно к снижению количества питательных веществ, потребляемых культивируемыми растениями, что угнетает последних и снижает их урожайность. Кроме того остающаяся на поверхности почвы и в верхних ее слоях листостебельная масса приводит к ухудшению качественных показателей работы сеялок и орудий для междурядной обработки пропашных культур.

Для качественной подготовки почвы к севу применение безотвальной обработки предопределяет большое количество проходов почвообрабатывающих агрегатов по полю. Многократное дискование для измельчения растительных остатков, чизелевание, боронование и

малование способствуют иссушению почвы, нарушению ее структуры переуплотнению нижних горизонтов и затягиванию сроков сева. При этом растительные остатки, оставшиеся на поверхности почвы в меньшей степени способствуют повышению плодородия почвы и снижению ее удельного сопротивления, чем при их запашке, так как под воздействием солнечных лучей большинство питательных веществ теряют свои полезные для растений свойства.

Большинство фермеров после уборки озимой пшеницы и полива стерневого фона приводят запашку растительных остатков с последующим чизелеванием с боронованием и малованием или малованием с боронованием. Однако, и при этой технологии не исключаются такие недостатки процесса подготовки почвы к севу, как потеря почвенной влаги, излишнее количество проходов агрегатов по полю и затягивание сроков сева.

Исключить выше изложенные недостатки применяемых технологий возможны при использовании комбинированной почвообрабатывающей машины, включающей плуг с приспособлением к нему для поверхностной подготовки почвы к севу одновременно со вспашкой.

Для почвенно-климатических условий республики с высокими летними температурами, в основном средними и тяжелыми по механическому составу почвами, малыми размерами карт и поливным по бороздам земледелием, наиболее приемлемый вариант комбинированной обработки почвы технологически обеспечивающий после оборота пласта его крошение с уплотнением, выравнивание с уплотнением и создание поверхностного мульчированного слоя почвы для уменьшения испарения почвенной влаги. При этом обработка обернутого корпусами пласта почвы должна проводиться рабочими органами приспособления сразу по всей ширине захвата плуга.

Выполнение данного технологического процесса с необходимым качеством и параметрами позволяет получить наиболее оптимальное состояние обработанного слоя почвы и поверхности поля для посева сельхоз культур, т.е. выровненного фона, характеризующегося мелкокомковатым, рыхлым, с оптимальной влажностью поверхностным слоем почвы, расположенным выше уровня минимальной глубины заделки семян, и уплотненным до оптимальной плотности (1,1…1,3 г/см^3) нижними горизонтами. Это обеспечит капиллярный подтек влаги из нижних горизонтов в зону высева семян при минимальном ее испарении с поверхности, т.е. создаст максимально возможную концентрацию влаги в верхних слоях уплотненного горизонта и в нижних слоях смульчированого, а эти слои в совокупности являются зоной высева семян большинства видов сельхоз-культур. Такое состояние предпосевного фона позволит максимально приблизить полевую всхожесть семян к лабораторной и следовательно снизить норму их высева [1].

Из-за несовершенства технологических процессов и несоответствия параметров условиям работы, провести качественную обработку почвы под посев зерновых и промежуточных культур существующими орудиями в короткие сроки невозможно, требуются их многократные проходы по полю, что вызывает переуплотнение и распыление почвы, повышение затрат труда и средств, снижение урожайности и повышение себестоимости продукции.

Из изложенного следует, что существует неотложная необходимость в проведении научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы по созданию необходимых машин и орудия к колесным энергонасыщенным тракторам, а также машин и орудия для обработки почвы под зерновые и промежуточные культуры, обеспечивающих качественную обработку почвы при высокой производительности и минимальных затратах труда, энергии и расходе топлива.

Исходя из выше изложенного в задачу реализации проекта входит [1,2]:

- разработка принципиальной схемы комбинированного агрегата для одновременной основной и предпосевной обработки почвы;
- разработка принципиальной схемы агрегата для одновременной основной (безотвальной) и предпосевной обработки почвы;
- разработка и изготовление лабораторно-полевых установок, проведение теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию параметров агрегатов, разработка, изготовление и проведение испытаний их экспериментальных образцов с агротехнической, энергетической и технико-экономической оценкой в различных почвенно-климатических условиях;

Задача, поставленная перед исследователями, т.е. разработка к энергонасыщенным тракторам агрегатов для обработки почвы.

В последние годы для осуществления основной и предпосевной обработки почвы в сельхозпроизводство нашей страны широко внедряются энергонасыщенные колесные тракторы общего назначения и гусеничные трактора нового поколения. Ввозимые к этим тракторам из за

рубежа почвообрабатывающие машины и орудия в нашем регионе, из-за особенностей почвенно-климатических условий и технологий обработки почвы, не обеспечивают агротехническим требованиям, предъявляемым к ним. Немаловажен и тот факт, что машины и орудия зарубежных фирм имеют высокую стоимость и для их приобретения затрачиваются значительные валютные средства страны.

В настоящее время в Республике подготовка почвы под посев зерновых и промежуточных культур (после уборки зерновых) проводится в основном с применением традиционных технологий и технических средств обработки почвы, используемых в хлопководстве. Такая многоступенчатая обработка вызывает большие затраты труда, энергии и расход топлива, затягивает сроки посева, что приводит к снижению урожайности зерновых и промежуточных культур [2,3]..

В странах с развитым сельским хозяйством (США, Германия, Франция, Россия, Китай и др.) при подготовке почвы под посев зерновых и промежуточных культур широко применяют безотвальный способ ее обработки, т.е. обработку без применения плуга. Наиболее широко применяется плоскорезная обработка и обработка чизельными плугами, а также комбинированная обработка на их базе. Применение того или иного приема зависит от почвенных и климатических условий региона, а также требуемой глубины обработки почвы.

При безотвальной обработке по сравнению со вспашкой требуется в 1,5...2,0 раза меньше энергии и расхода топлива, улучшается качество обработки (за счет исключения образования неровностей, крупных комьев и глыб). Кроме, того машины и орудия для безотвальной обработки почвы по сравнению с плугами имеют меньшую металлоемкость, удельное тяговое сопротивление, большую производительность, удобны в эксплуатации, на их базе можно создать широкозахватные и комбинированные агрегаты. Однако из-за недостаточной изученности (т.к. при возделывании хлопчатника безотвальная обработка не применялась) и отсутствия соответствующих машин и орудий безотвальный способ обработки почвы в нашей Республике применения не нашел. В связи с этим в проекте предусмотрены разработка и обоснование параметров комбинированных агрегатов для основной и безотвальной обработки почвы под посев зерновых и промежуточных культур. Учитывая, что основная и предпосевная обработка почвы под зерновые и промежуточные культуры проводится одновременно, разрабатываемые агрегаты будет совмещать отвальную, безотвальную обработку с предпосевной.

Обработка почвы в зоне поливного земледелия является самой энергоемкой операцией сельскохозяйственного производства. Например, при производстве хлопка на основную обработку почвы, т.е. вспашку, расходуется до 40 % всей потребляемой энергии. Реальное снижение энергоемкости обработки на 1 % в масштабе страны позволяет сэкономить десятки тысяч тонн топлива. Поэтому мы в государственном проект ИТД-3-35 включено изыскание путей снижения энергоемкости основной и предпосевной обработки почвы и разработка энергосберегающих агрегатов и технологии [4].

Библиографический список:

1. Нормирзаев А. Р. и др. Энергоресурсосберегающий комбинированный агрегат для обработки почвы //Вестник Рязанского Государственного Агротехнологического Университета им. ПА Костычева. – 2013. – №. 3. – С. 45-48.

2. Нормирзаев А. Р., Нуриддинов А. Обоснование технологических и конструктивных параметров катка приспособления //Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем. – 2012. – С. 352-356.

3. А. Нуриддинов А.А. Насритдинов, А.Р. Нормирзаев. Разработка агрегатов для основной и предпосевной обработки почвы к севы промежуточных культур. Научно-технический журнал ФерПИ. 2015, №3. 53–56 стр.

4. А.Насритдинов и др. Отчеть по гранту ИТД-3-35 “Разработка агрегата к плугу для проведения одновременно основной и предпосевной обработки почвы, обеспечивающих повышение производительности труда и снижение энергозатрат”. (промежуточный). Наманган 2012 г.

Половинкина Нина Борисовна
Polovinkna Nina Borisovna
Доцент кафедры «Детали машин и подъемно-транспортные механизмы»
Санкт-Петербургского государственного морского технического университета
E-mail: pnbgear@mail.ru

Александров Андрей Романович
Aleksandrov Andrei Romanovich
Инженер-конструктор
E-mail: aargear@mail.ru

УДК 621.825.52

УТОЧНЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ЗУБЧАТЫХ МУФТ С ЭВОЛЬВЕНТНЫМ ПРОФИЛЕМ ЗУБЬЕВ ВТУЛКИ И ОБОЙМЫ

REFINEMENT OF THE GEOMETRIC CALCULATION OF GEAR COUPLINGS WITH AN INVOLUTE PROFILE OF THE TEETH OF THE BUSHING AND THE CAGE

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы уточнения геометрического расчета зубчатых муфт с эвольвентным профилем зубьев втулки и обоймы. Втулка муфты с внешними зубьями нарезается инструментом реечного типа со скругленной кромкой зуба без модификации, обойма с внутренними зубьями нарезается сошлифованным по окружности вершин долбяком со скругленной кромкой зуба без модификации. Уточненный расчет зубчатых муфт позволит исключить интерференцию в зацеплении зубьев втулки и обоймы.

Abstract. The article considers questions clarifications of the geometric calculation of gear couplings with involute profile of the hub and cage teeth. Sleeve coupling with internal teeth is cut by a tool rack type with the rounded edge of the tooth without modification, ferrule with internal teeth is cut by grinded around the circumference of the peaks of the shaping cutter with a rounded edge of a tooth without modification. The refined calculation of gear clutches will eliminate interference in the engagement of the teeth of the sleeve and the cage.

Ключевые слова. Зубчатая муфта, втулка, обойма, эвольвентный профиль, переходная кривая, радиус кривизны эвольвенты, радиус скругления зуба, основная окружность, окружность вершин зубьев, толщина зуба, интерференция.

Keyword. Gear coupling, bushing, clip, profile of involute, transition curve, the radius of curvature of involute, the radius of curvature of the tooth, the core circumference, the circumference of the tops of the teeth, the thickness of the tooth, interference.

Зубчатые муфты относятся к жестким компенсирующим муфтам, обеспечивающим компенсацию погрешностей в относительном расположении валов при монтаже.

Зубчатая муфта может рассматриваться как прямозубая эвольвентная передача с внутренним зацеплением с углом профиля исходного контура $\alpha = 20°$ и передаточным числом $u = 1$. Числа зубьев z, модуль m и делительный диаметр $d = mz$ равны для обоих элементов. Зубья обоймы выполняются с укороченной высотой головки (коэффициент высоты головки $h_a^* = 0{,}8$). Это необходимо для уменьшения опасности интерференции зубьев обоймы в станочном зацеплении с долбяком и увеличения радиального зазора для компенсации несоосности деталей соединения при сборке.

Для исключения интерференции в зацеплении зубьев втулки и обоймы, т.е. для исключения пересечения кромки зуба втулки с переходной кривой зуба обоймы (см. рис. 1 и 2) требуется выполнить обязательное притупление зуба втулки на окружности вершин, например, скругление дугой радиуса $\rho_{скр}$. Определим минимальное значение радиуса $\rho_{скр\ min}$, гарантирующее отсутствие контакта кромки зуба втулки с переходной кривой зуба обоймы – рис. 2.

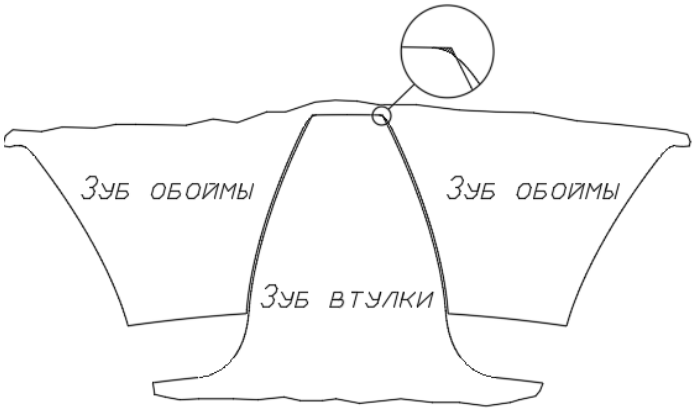


Рис. 1. Пересечение эвольвентного профиля зуба втулки с переходной кривой зуба обоймы

На рис. 2 точка L контакта зуба втулки и обоймы – граничная точка профиля зуба обоймы (точка перехода эвольвенты в переходную кривую). При расчете координат профиля зуба обоймы находится положение точки L – диаметр граничной точки d_{l2} и угол профиля α_{l2} [1]. Точка C – центр скругления зуба втулки, точка A – точка касания с основной окружностью диаметра d_b прямой, проведенной из точки L зуба.

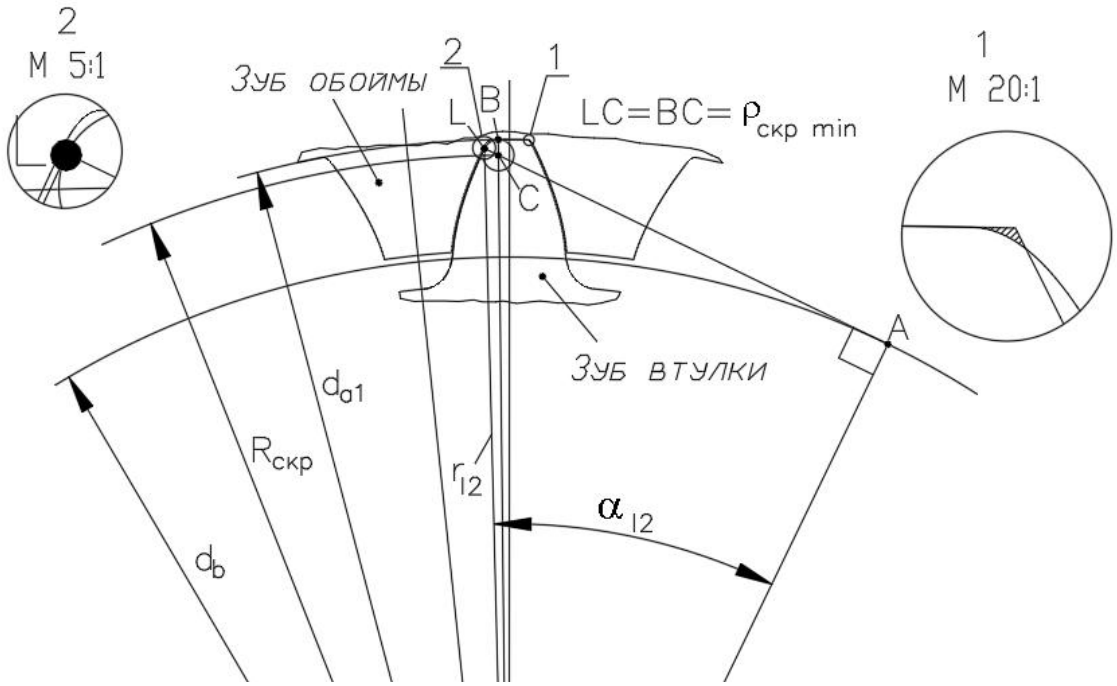


Рис. 2. К определению параметров зуба втулки со скругленной кромкой

Таким образом, отрезок AL – радиус кривизны эвольвенты зуба втулки в точке L, который определяется по зависимости

$$\mathrm{AL} = 0{,}5 d_b \cdot tg\alpha_{l2}, \qquad (1)$$

где d_b – диаметр основной окружности.

Отрезок AC определяется из геометрических преобразований по зависимости

$$\mathrm{AC} = \frac{\left(0{,}5 d_b\right)^2 - \left(0{,}5 d_{a1} - \mathrm{AL}\right)^2}{2\left(0{,}5 d_{a1} - \mathrm{AL}\right)}, \qquad (2)$$

где d_{a1} – диаметр окружности вершин зубьев втулки.

Минимальный радиус скругления зуба втулки $\rho_{скр\ min}$, как видно из рис. 2, равен

$$\rho_{скр\ min} = \mathrm{AL} - \mathrm{AC}. \qquad (3)$$

Полученное значение $\rho_{скр\ min}$ желательно округлить до ближайшего большего числа из ряда нормальных линейных размеров Ra5 (или Ra10) по ГОСТ 6636-69. Это значение обозначим через $\rho_{скр}$.

Определим параметры зуба втулки, скругленного радиусом $\rho_{скр}$.

Радиус втулки, на котором лежит центр скругления С:

$$R_{скр} = 0{,}5\ d_{a1} - \rho_{скр}. \qquad (4)$$

Отрезки АС и AL при радиусе скругления $\rho_{скр}$:

$$\mathrm{AC}_{\rho_{скр}} = \sqrt{R_{скр}^2 - \left(0{,}5 \cdot d_b\right)^2}\ ; \qquad (5)$$

$$AL_{\rho_{скр}} = AC_{\rho_{скр}} + \rho_{\text{скр}}\ . \qquad (6)$$

Радиус втулки, соответствующий переходу эвольвенты в скругленный участок зуба:

$$OL_{\rho_{скр}} = \sqrt{AL_{\rho_{скр}}^2 + \left(0{,}5 \cdot d_b\right)^2}\ . \qquad (7)$$

Обозначим $r_{пер} = OL_{\rho скр}$, а диаметр втулки, соответствующий переходу эвольвенты в скругленный участок зуба, будет равен

$$d_{пер} = 2 \cdot r_{пер}.$$

Толщина зуба на окружности вершин зубьев втулки с кромкой, скругленной дугой окружности (то есть фактическая толщина зуба втулки на окружности вершин $S_{a1(ф)}$), определяется по зависимости – см. рис. 3:

$$S_{a1(ф)} = d_{a1} \cdot \psi_{a1}, \qquad (8)$$

где ψ_{a1} - половина угловой толщины зуба втулки по окружности вершин, равная

$$\psi_{a1} = \psi_b - \delta_C\ . \qquad (9)$$

Здесь ψ_b - половина угловой толщины зуба втулки по основной окружности, δ_C – угловая координата центра скругления зуба втулки.

Параметр ψ_b определяется по зависимости

$$\psi_b = \frac{S_1}{m \cdot z} + inv\alpha, \qquad (10)$$

где $inv\alpha = tg\alpha - \alpha$ - инволюта угла α (α угол профиля эвольвенты на делительном диаметре, в радианах); S_1 - делительная толщина зуба втулки.

Минимальное значение половины угловой толщины зуба втулки по основной окружности определяется при минимальном значении делительной толщины зуба втулки

$$\psi_{b\min} = \frac{S_{1\min}}{m \cdot z} + inv\alpha\ . \qquad (11)$$

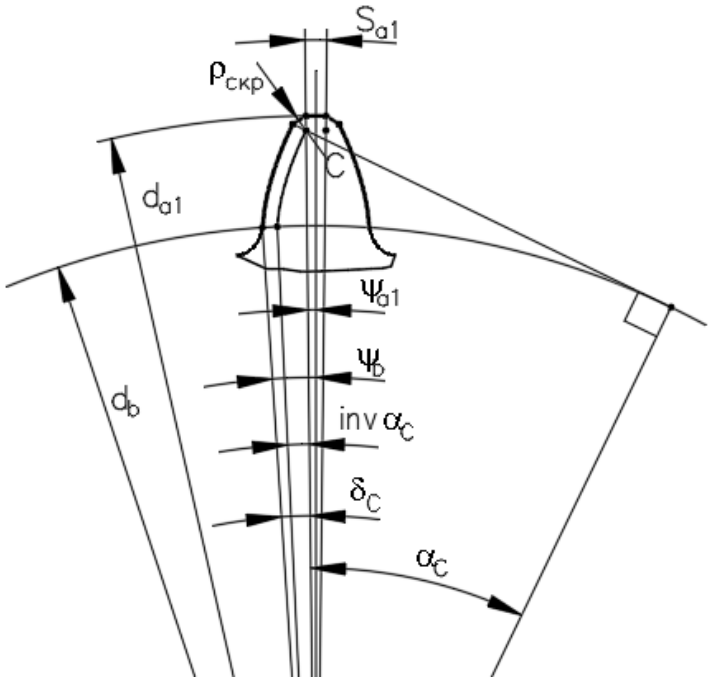


Рис. 3. К определению толщины зуба на окружности вершин втулки со скругленной кромкой

Делительная толщина зуба втулки S_1 при расчетном значении коэффициента смещения x_1 определяется по формуле

$$S_1 = 0,5 \cdot \pi \cdot m + 2 \cdot x_1 \cdot m \cdot tg\alpha , \qquad (12)$$

а минимальная делительная толщина зуба втулки $S_{1\min}$ определяется по формуле (12) при минимальном значении коэффициента смещения $x_{1\min}$.

Минимальное значение $x_{1\min}$ определяется по рекомендуемым исходным данным ГОСТов по зубчатым муфтам [5], [6], [7].

Для определения минимальной толщины зуба по окружности вершин $S_{a1\min}$, гарантирующей отсутствие заострения зуба втулки, необходимо по (11) определить минимальное значение $\psi_{b\min}$, затем по (9) – $\psi_{a1\min}$ и по (8) – $S_{a1\min(ф)}$.

Должно выполняться условие отсутствия заострения зуба

$$S_{a1\min(\phi)} > 0 . \qquad (13)$$

Угол профиля эвольвенты α_C на концентрической окружности, содержащей центр скругления зуба втулки радиусом $\rho_{скр}$, определяется по формуле

$$\cos\alpha_C = \frac{d_b}{d_{a1} - 2 \cdot \rho_{скр}}, \qquad (14)$$

а угловая координата центра скругления зуба втулки равна

$$\delta_C = inv\alpha_C + \frac{2 \cdot \rho_{скр}}{d_b} . \qquad (15)$$

Здесь $inv\alpha_C$ - эвольвентная функция - инволюта угла α_C, равная

$$inv\alpha_C = tg\alpha_C - \alpha_C , \qquad (16)$$

где угол α_C - в радианах.

Определим параметры дуги скругления зуба втулки.

Угол доворота оси симметрии зуба втулки до вертикали [4]

$$\varphi = 0,5\pi - \psi_b . \qquad (17)$$

Полярный угол центра скругления с учетом доворота оси симметрии зуба втулки до вертикали, рис. 4

$$\theta_C = \delta_C + \varphi . \qquad (18)$$

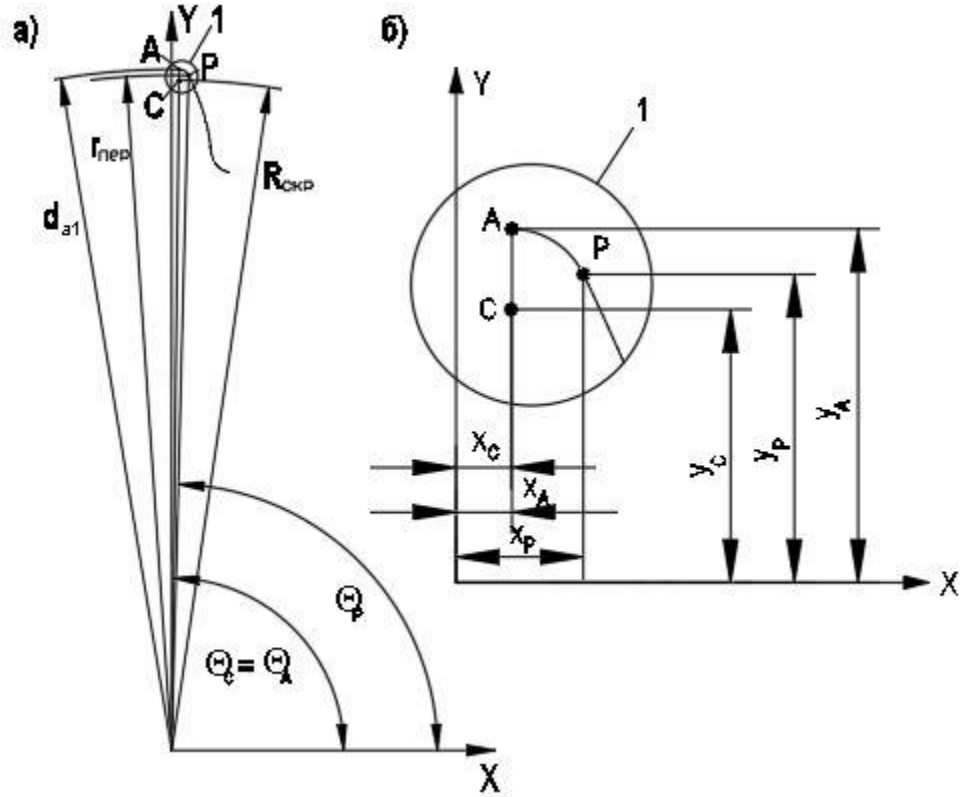


Рис. 4. К определению параметров дуги скругления зуба втулки

Прямоугольные координаты центра скругления зуба втулки (рис.4,б)

$$x_C = R_{скр} \cdot \cos\theta_C \; ; \qquad y_C = R_{скр} \cdot \sin\theta_C \; . \tag{19}$$

Полярный угол точки контакта дуги скругления с окружностью вершин с учетом доворота оси симметрии зуба втулки до вертикали (рис.4,а)

$$\theta_A = \theta_C \; . \tag{20}$$

Прямоугольные координаты точки контакта дуги скругления зуба втулки с окружностью вершин (рис.4,б)

$$x_A = 0{,}5 d_{a1} \cdot \cos\theta_A \; ; \qquad y_A = 0{,}5 d_{a1} \cdot \sin\theta_A \; . \tag{21}$$

Угол профиля эвольвенты в точке контакта ее с дугой скругления зуба втулки

$$\alpha_P = \arccos\frac{d_b}{d_{пер}} \, , \tag{22}$$

а его инволюта

$$inv\alpha_P = tg\alpha_P - \alpha_P \; , \tag{23}$$

где угол α_P - в радианах.

Полярный угол точки контакта дуги скругления с эвольвентой зуба с учетом доворота оси симметрии зуба втулки до вертикали

$$\theta_P = inv\alpha_P + \varphi \; . \tag{24}$$

Прямоугольные координаты точки контакта дуги скругления зуба втулки с эвольвентой зуба (рис.4,б)

$$x_P = r_{пер} \cdot \cos\theta_P \; ; \qquad y_P = r_{пер} \cdot \sin\theta_P \; . \tag{25}$$

Координаты эвольвентного профиля и переходной кривой зубьев втулки и обоймы определяются по методикам [2], [3], [4]. При этом координаты профиля зубьев обоймы определяются

с учетом параметров долбяка любой степени изношенности [1]. Выводы. Зубчатые муфты, спроектированные и изготовленные без учета указанных особенностей, утрачивают свои компенсирующие свойства, нарушается подача смазки, наблюдается интенсивный износ на кромках зубьев. Использование предложенной методики геометрического расчета позволит исключить появление интерференции в зацеплении зубьев втулки и обоймы, что является необходимым для обеспечения компенсирующей способности муфт.

Библиографический список:

1. Александров А.Р., Половинкина Н.Б. Методика геометрического расчета зубчатых муфт с эвольвентным профилем зубьев втулки и обоймы. Работа по заказу ЗАО АСКОН. С.-Пб.: 2004. – 101 с.

2. Александров А.Р., Половинкина Н.Б. Методика расчетов эвольвентного профиля, положения граничной точки и переходной кривой для прямозубых и косозубых колес с внешними зубьями, нарезанных инструментом реечного типа со скругленной кромкой зуба без модификации. Работа по заказу ЗАО АСКОН. С.-Пб.: 2002. – 39 с.

3. Александров А.Р., Половинкина Н.Б. Методика расчетов эвольвентного профиля, положения граничной точки и переходной кривой для прямозубых колес с внешними и внутренними зубьями, нарезанных долбяком со скругленной кромкой зуба без модификации. Работа по заказу ЗАО АСКОН. С.-Пб.: 2003. – 66 с.

4. Болотовский И.А., Безруков В.И., Васильева О.Ф. и др. Справочник по геометрическому расчету эвольвентных зубчатых и червячных передач. М.: Машиностроение, 1986. – 448 с.

5. ГОСТ 5006-55. Муфты зубчатые. Технические условия.

6. ГОСТ 5006-83. Муфты зубчатые. Технические условия.

7. ГОСТ Р 50895-95. Муфты зубчатые. Технические условия.

Научное издание

Коллектив авторов

ISSN 2500-1140

Техниконаучный журнал «Техноконгресс»

Кемерово 2020