UNIVERSUM: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научный журнал
Издается ежемесячно с декабря 2013 года
Является печатной версией сетевого журнала
Universum: технические науки

Выпуск: 2(71)

Февраль 2020

Часть 1

Москва
2020

УДК 62/64+66/69

ББК 3

U55

Главный редактор:

Ахметов Сайранбек Махсутович, д-р техн. наук;

Заместитель главного редактора:

Ахмеднабиев Расул Магомедович, канд. техн. наук;

Члены редакционной коллегии:

Демин Анатолий Владимирович, д-р техн. наук;

Елисеев Дмитрий Викторович, канд. техн. наук;

Звездина Марина Юрьевна, д-р. физ.-мат. наук;

Ким Алексей Юрьевич, д-р техн. наук;

Козьминых Владислав Олегович, д-р хим. наук;

Ларионов Максим Викторович, д-р биол. наук;

Манасян Сергей Керопович, д-р техн. наук;

Мартышкин Алексей Иванович, канд. техн. наук;

Серегин Андрей Алексеевич, канд. техн. наук;

Юденков Алексей Витальевич, д-р физ.-мат. наук.

U55 Universum: технические науки: научный журнал. – № 2(71). Часть 1. М., Изд. «МЦНО», 2020. – 80 с. – Электрон. версия печ. публ. – <http://7universum.com/ru/tech/archive/category/271-2>

ISSN : 2311-5122

DOI: 10.32743/UniTech.2020.71.2-1

Учредитель и издатель: ООО «МЦНО»

ББК 3

© ООО «МЦНО», 2020 г.

Содержание

Безопасность деятельности человека	5
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ И КРИТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В СТРАНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ Таиров Шерзод Мирзаджанович Абдуллаев Бехзод Бурхонжон угли	5
УСТОЙЧИВОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ОДНОРАНГОВЫХ СЕТЕЙ И КАНАЛОВ ОПТИМИЗАЦИИ Акрамова Гулера Абдихаликовна Каримов Сардор Илхом угли Абдулхамидов Азизжон Абдулла угли	7
ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИ ПРИНЯТИИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В УЗБЕКИСТАНЕ Сиддиков Исомиддин Хакимович Порубай Оксана Витальевна Лазарева Марина Викторовна Абдулхамидов Азизжон Абдулла угли	10
АНАЛИЗ ПРИЛОЖЕНИЯ ЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ К КРИПТОГРАФИЧЕСКИМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯМ СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ Акбаров Давлатали Егиталиевич Умаров Шухратжон Азизжонович	14
РЕГУЛЯРНЫЕ АЛГОРИТМЫ КОРРЕКЦИИ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ Эргашев Отабек Мирзапулатович Эргашева Шахноза Мавлонбоевна	20
АЛГОРИТМЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ С УЧЕТОМ ИНЕРЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА Эргашев Отабек Мирзапулатович Эргашева Шахноза Мавлонбоевна	24
ПРОЕКТИРОВАНИЕ «СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННЫХ ДЕНЕЖНЫХ ПЕРЕВОДОВ» В ФЕРГАНСКОМ ФИЛИАЛЕ ОАО «УЗБЕКИСТОН ПОЧТАСИ» ЧЕРЕЗ ГЛОБАЛЬНУЮ СЕТЬ ГОРОДСКИХ И РАЙОННЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ Акрамова Гулера Абдихаликовна Каримов Сардор Илхом угли Абдулхамидов Азизжон Абдулла угли	28
Машиностроение и машиноведение	32
ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ ТВЕРДОСПЛАВНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ Тилабов Баходир Курбанович Шербўтаев Жамшид Абдураззоқович Нормуродов Улуғбек Эркинович Исаев Саидаббос Икромович	32
Металлургия и материаловедение	38
О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ТЕНЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ Bi-Sb-Te Ахмедов Махамаджон Мамадалиевич Гайназарова Кизлархон Исраиловна Кудайберди Сайдиевич Кадыров Максаджон Каримбердиевич Онаркулов	38
Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы	43
КЛАССИФИКАЦИЯ И ПОВЕРКА КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИН Эрматов Ахрор Бахтиёржон угли Муминов Омаджон Зухриддин угли	43

ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЯ ПОДЗЕМНОГО ОБОЛОЧЕЧНОГО СООРУЖЕНИЯ ПРИ СЕЙСМОВЗРЫВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ	50
Сафаров Исмоил Иброхимович Аблокулов Шерзоджон Зокир угли Бутунов Жахонгир Рузикулович	
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТЕНЗОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ В ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛЕНКАХ	55
Онаркулов Максаджон Каримбердиевич Отажонов Салим Мадрахимович Ботиров Кодир Абдуллаевич Юнусов Нурзодбек Мамаджонов Улугбек Мадаминзода Каххорова Барчиной Абдурахмоновна	
Радиотехника и связь	59
РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СЕТИ ОПЕРАТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СВЯЗИ-IP НА УЧАСТКЕ «АНГРЕН-ПАП»	59
Халиков Абдульхак Абдульхаирович Ураков Олимжон Хикматуллоевич	
РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА УСТРОЙСТВА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПИТАНИЕМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА УЗЛЕ СВЯЗИ С НЕКРУГЛОСУТОЧНЫМ ДЕЖУРСТВОМ ЧЕРЕЗ СЕТЬ GSM	62
Михалев Илья Андреевич Карун Давыд Петрович Тезин Александр Васильевич	
РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА УСТРОЙСТВА ПО УДАЛЕННОМУ КОНТРОЛЮ ЗА ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ ПРОИЗВОДСТВА ОАО «СУПЕРТЕЛ» НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОТОКОЛА RS-485	66
Петров Илья Владимирович Лаврентьев Павел Андреевич Тезин Александр Васильевич	
Строительство и архитектура	72
ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕМОДИФИЦИРОВАННЫХ НЕФТЯНЫХ БИТУМНЫХ МАТЕРИАЛОВ	72
Акбаров Илхомжон Гуломжанович Негматов Сойибжон Содикович Бойдадаев Муротбек Бойдада угли	
ПРИМЕНЕНИЕ СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРЫ ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ 15-ЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА.	76
Усманходжаева Лола Асадовна Нигматжонов Диёржон Файратжон ўғли Адхамов Оқилжон Иброхим ўғли	

БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА**ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ И КРИТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА
В СТРАНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ****Таиров Шерзод Мирзаджанович***преподаватель, Ферганский государственный университет Республики Узбекистан,
Узбекистан, г. Фергана***Абдуллаев Бехзод Бурхонжон угли***преподаватель, Ферганский Политехнический институт Республики Узбекистан
Узбекистан, г. Фергана***EXTREME AND CRITICAL CLIMATE CHANGE IN CENTRAL ASIA****Sherzod Tairov***Lecturer, Uzbekistan Republic Fergana State University of Uzbekistan,
Uzbekistan, Fergana***Behzod Abdullaev***Lecturer, Fergana Polytechnic Institute Republic of Uzbekistan,
Uzbekistan, Fergana***АННОТАЦИЯ**

Странам Центральной Азии, находящиеся в центре Евразийского континента характерны безводные климатические условия. Климатические изменения, отмеченные метеорологическими службами мира за столетний период, свидетельствуют о повышении температуры и усилении засух.

ABSTRACT

The countries of Central Asia located in the center of the Eurasian continent are characterized by anhydrous climatic conditions. The climatic changes noted by the meteorological services of the world over a hundred-year period are manifested in high temperature and increased drought.

Ключевые слова: Климатические изменения, сферы жизни, климатическим воздействиям, климатические условия, температуры воздуха.

Keywords: Climatic changes, spheres of life, climatic influences, climatic conditions, air temperatures.

Наблюдаемые климатические изменения воздействуют на многие сферы жизни и экономику стран Центральной Азии: Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана, Туркменистана и Узбекистана. В сообщениях стран центральной Азии основными уязвимыми к климатическим воздействиям секторами, где требуется проведение приспособительных мероприятий, названы: аграрное хозяйство, хозяйства водных и лесных участков, чрезвычайные ситуации природного характера.

Для Центральной Азии, находящейся в центре Евразийского континента характерны безводные климатические условия. Климатические изменение, отмеченные метеорологическими службами мира за столетний период, свидетельствуют о повышении

температуры и усилении засух. Эти изменения в центральной Азии имеют тенденцию к усилению и воздействуют на: баланс водных ресурсов, состояние почвенного покрова, урожайность сельскохозяйственных культур, качество и видовой состав растительного покрова, природные экосистемы, здоровье людей и т.д.

Согласно инструментальным наблюдениям, которые систематически проводятся на территории центральной Азии с конца XIX века, основным проявлением изменения климата в центральной Азии является значительное повышение приземной температуры воздуха. По территории каждой страны среднегодовая температура повышалась каждые 10 лет на:

- 0.29°C в Узбекистане (1950–2019 гг.);
- 0.26°C в Казахстане (1936–2018 гг.);

- 0.18°C в Туркменистане (1961–2018 гг.);
- 0.10°C в Таджикистане (1940–2016 гг.);
- 0.08°C в Кыргызстане (1883–2018 гг.).

На большей части Центральной Азии более высокими темпами температура повышалась зимой. В Казахстане температура зимнего периода повышалась в среднем на 0.44° C/10 лет. В Кыргызстане на 0.03° C/10 лет. В Таджикистане за период с 1940 по 2019 годы температура повысилась на 1.3–3.0° C. В Туркменистане увеличение температуры составило 0.2° C/10 лет, а в остальные сезоны года – 0.3° C/10 лет.

Ежегодный мониторинг температуры, проводимый во всех регионах, показывает стабильную тенденцию к повышению среднегодовых температур. Так, по данным «Казахского гидрометеорологического центра», опубликованных в бюллетене за 2019 год, отмечено, что 2019 год в Казахстане по значениям температуры воздуха занял 9 место в десятке самых теплых лет, начиная с 1950 года.

Такая же тенденция наблюдается и в других странах центральной Азии.

В Кыргызстане метеорологические станции Нарын и Бишкек входят в систему наблюдений за климатом по всей средней Азии. Киргизские гидрометеорологические станции располагают 70–120-летними рядами данных наблюдений за температурой воздуха и осадками. Среднее изменение температуры в целом по всей территории Кыргызской Республики составляет 0,7854 °C за 100 лет.

За период 1961–1990 гг. увеличение среднегодовой температуры воздуха на 0,7–1,20° C отмечено в широких долинах Таджикистана, где проживает большая часть населения страны. В меньшей степени рост температуры наблюдался в горных и высокогорных районах – на 0,1–0,70° C. В больших городах рост температуры особенно значителен и достигает 1,2–1,90° C, что, очевидно, связано с урбанизацией.

В Узбекистане наблюдается статистически значимое повышение температуры воздуха по всей территории страны.

Во многих районах Центральной Азии изменчивость выпадения осадков увеличивается. Согласно данным Национального сообщения по изменению климата Республики Таджикистан по модели

HadCM2 к 2050 году в республике ожидается увеличение годовых осадков на 3–5% и более. В то время как в пустынной и полупустынной зонах Казахстана, Узбекистана и Туркменистана прогнозируется уменьшение осадков. При этом происходит перераспределение осадков, неравномерность выпадения их по сезонам. В зимний период увеличивается количество осадков в виде дождя, что приводит к слабому накоплению влаги в почве. Ливневые дожди сменяются периодом засухи, что вызывает усиление эрозии почв. Кроме того, ливневые осадки весной не дают необходимого увлажнения почвы, так как она не способна быстро впитать влагу, а высокая температура воздуха способствует быстрому испарению воды с поверхности земли. Эти экстремальные климатические явления ведут к усилению засушливости климата в равнинных районах пустынь и полупустынь центральной Азии, снижению продуктивности сельского хозяйства и отрицательно воздействуют на экосистемы региона.

В последние годы в высокогорных районах Таджикистана, Кыргызстана и некоторых регионах Казахстана наблюдается дефицит запасов снега, и высокая температура воздуха, что отрицательно сказывается на водности.

Центральная Азия подвержена метеорологической и гидрологической засухе. Наибольший ущерб засуха наносит аграрному хозяйству и экосистемам. Умеренная или сильная засуха происходит ежегодно на одной или многих зонах. В Казахстане, если дни атмосферных засух за период 1930–1965 годов составляли 55 дней, то в последние годы их продолжительность достигает 89 и более дней. Засуха привела Казахстан к убыткам в 12 из 21 последних лет. Такие же темпы наблюдаются и в других странах региона. Сети наблюдений постоянно обновляется, но заблаговременное оповещение не доходит до большинства пользователей. Засушливость оказывают сильное воздействие на экосистемы из-за негативных последствий для биоразнообразия, загрязнение воды, риски лесных пожаров и бесплодности почвы. По данным Узбекистана стоки в реки Амударья и Сырдарья в год засухи могут снизиться на 15–25%.

Список литературы:

1. Эльпинер Л.И. Водные ресурсы, климат и здоровье// Экология и жизнь.-2009.
2. Поздняков Э. Изменение климата на Земле: причины и возможные последствия//МЭ и МО.-2005.
3. Елдышев Ю.Н. Климатическая озабоченность//Экология и жизнь.-2007.
4. Информатика, вычислительная техника и управление

УСТОЙЧИВОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ОДНОРАНГОВЫХ СЕТЕЙ И КАНАЛОВ ОПТИМИЗАЦИИ

Акрамова Гулера Абдихаликовна

ассистент кафедры «Информационные технологии», Ферганский филиал ТУИТ им. Мухаммада Ал-Хоразмий,
Узбекистан, г. Фергана
E-mail: gulyorim0203@gmail.com

Каримов Сардор Илхом угли

ассистент кафедры «Информационные технологии», Ферганский филиал ТУИТ им. Мухаммада Ал-Хоразмий,
Узбекистан, г. Фергана

Абдулхамидов Азизжон Абдулла угли

ассистент кафедры «Информационные технологии», Ферганский филиал ТУИТ им. Мухаммада Ал-Хоразмий,
Узбекистан, г. Фергана

SUSTAINABILITY OF MEASUREMENT USING ONE RANKING NETWORKS AND OPTIMIZATION CHANNELS

Gulyora Akramova

Assistant, Department of Information Technology, Ferghana branch of TUIT named after Muhammad Al-Khorazmiy,
Uzbekistan, Ferghana

Sardor Karimov

Assistant, Department of Information Technology, Ferghana branch of TUIT named after Muhammad Al-Khorazmiy,
Uzbekistan, Ferghana

Azizjon Abdulhamidov

Assistant, Department of Information Technology, Ferghana branch of TUIT named after Muhammad Al-Khorazmiy,
Uzbekistan, Ferghana

АННОТАЦИЯ

Основанная на технологии с открытым исходным кодом, сеть оптимизирована для реконструкции и распределения пакетов по двухфазным параллельным каналам в автономных сетевых системах со сбалансированными измерениями. Для оптимизации общей пропускной способности сети используются генетические алгоритмы, которые состоят из двух сетей, которые измеряют нагрузку через каналы закрепления.

ABSTRACT

Based on open source technology, the network is optimized for reconstructing and distributing packets over two-phase parallel channels in stand-alone network systems with balanced measurements. To optimize the overall network bandwidth, genetic algorithms are used, which consist of two networks that measure the load through the pin channels.

Ключевые слова: многопоточная маршрутизация, двухфазная маршрутизация, балансировка нагрузки, генетические алгоритмы.

Keywords: multi-stream routing, two-phase routing, load balancing, genetic algorithms.

Статья посвящена оптимизации высокоскоростных сетевых каналов с балансировкой нагрузки (VLB) с использованием технологии OpenFlow. Технология OpenFlow (технология с открытым исходным кодом) – это новая концепция сети, которая в корне отличается от OSI (Взаимодействие открытых систем) с семью уровнями международной организации ISO по стандартам, где основным протоколом является TCP/IP, а самая удивительная реализация – Интернет. Решение проблемы управления сетью для

противодействия перегрузкам в традиционном Интернете зависит от двух «игроков» – сетевых операторов и алгоритмов динамической сетевой маршрутизации. Произвольное подключение к сети TCP/IP во время пакетной передачи (согласно схеме «каждый из них») может иметь место только при третьем (сетевом) протоколе, что занимает много времени. В то же время пользовательские программы практически не влияют на особенности процесса передачи пакетов по сети. В частности, разработчики программного обеспечения не могут быстро передавать потоки

из нескольких пакетов и создавать параллельные потоки. Это стало серьезным препятствием для создания сетей с «возможностями оптимизации». Если автор программы решал сложные математические задачи, такие как распределение в своей крупной виртуальной частной сети (VLAN), он сталкивался с проблемой реализации своих идей. Это связано с тем, что вам необходимо напрямую связаться с разработчиками сетевого оборудования, чтобы «моргнуть» кодом управляющего программного обеспечения на устройствах связи.

В [1] Valiant. L.G. Двухфазная маршрутизация с нагрузочной дозой была предложена вдоль параллельных маршрутов, называемых VLB-маршрутизацией. VLB-маршрутизация использовалась в различных параллельных сетях: для создания высокопроизводительных расширяемых ключей без централизованного планировщика; для строительства роутеров [3]; управлять трафиком с помощью двухфазной маршрутизации в интернете [2]. Zhang-Shen и McKewon [3] предложили использовать VLB в магистральной сети, которая поддерживает все изменения в матрице входного потока и регулируется заранее рассчитанными сценариями отказов. Использование сетей VLB с несколькими соединениями и различными путями улучшает производительность сети и время.

Использование сетей VLB также связано с рядом проблем. Одной из них является увеличение требуемой емкости соединений для обеспечения определенных характеристик производительности и надежности.

Проблема вычисления времени для синхронизации канала на пути от источника к узлу назначения возникает, когда параллельные потоки передаются по нескольким путям, состоящим из множества каналов. Чтобы обеспечить необходимые показатели качества синхронных данных, следует рассчитать, как значение задержки, так и изменение (дрожание) задержки. Превышение этих параметров сверх допустимых значений может существенно повлиять на качество речи или видео.

Задача оптимизации потока в одной сети VLB предложена в [1]. В этой статье мы рассмотрим проблему балансировки потоков с учетом задержек в двух автономных системах VLB, связанных с одноканальными каналами, и ограничений на дрожание пакетов.

Как отмечено в [2], закон больших чисел применяется при объединении нескольких пользовательских потоков: некоторые пульсации одного потока совпадают с периодами молчания других, так что общие импульсы потока немного уменьшаются, а эффект уменьшается увеличивается очереди минимальны. Если трафик становится «идеально» синхронизированным, то следующие задержки вообще исчезнут – пакеты приходят с задержкой, установленной устройством связи для обработки и передачи данных по каналам связи. Канал ОС-192 (10 Гбит / с) в IP-сети может быть загружен до 97% от номинальной скорости, и только после этого значения вызовет задержки пакетов из-за очереди. Когда трафик между

Сан-Франциско и Вашингтоном направлялся через ОС-48, 99,99% пакетов поступило с задержкой менее 1 мс к месту назначения с отклонением всего только 0,01% имели отклонения в 10-20 мс [11].

Синхронный поток также доступен, когда по виртуальному соединению отправляется несколько последовательных пакетов для выполнения действий управления в реальном времени. При этом используются высокоскоростные оптические магистрали с резервированием полосы пропускания и безынерционные коммутаторы, у которых суммарная средняя скорость передачи выходных портов не меньше, чем у входных портов. Потоки передаются по нескольким виртуальным каналам, подключенным к ключам. Ключевая последовательность байтов получается в порту ввода ключа; анализируются первые байты пакета, которые содержат адрес конечного компьютера в сети. Адрес, найденный в таблице коммутации, содержит строку, которая идентифицирует порт исходящего порта, который немедленно начинает передавать байты байтов.

Пропускная способность каждого виртуального канала должна быть выбрана с избыточным количеством, чтобы игнорировать влияние очереди. Каналы связи включают в себя компоненты постоянной задержки передачи (дисперсия сигнала в физической среде, изменение сигнала из одной формы в другую, усиление и регенерация сигнала и т. д.), а также переменный компонент или джиттер (из-за нестабильности электронных контактов) эффекты теплового шума в окружающей среде, дифференциальной задержки и т. д.). Последние факторы движутся непрерывно, что не зависит от времени.

В обеих системах VLB поток передается через промежуточный узел на каждом пути от источника к узлу назначения. Каждый входной поток автономной системы VLB может быть распределен одним, двумя или тремя способами, причем не более одного промежуточного узла в каждом. В этом случае допускается замена одного двухфазного тракта на прямое соединение. Во время передачи происходит постоянная составляющая передачи узлов и нарушение физического распределения в линиях. Мы считаем, что это пропорционально количеству каналов на маршруте и объему. Компонент переменной задержки увеличивается пропорционально количеству каналов.

Устанавливается следующее: максимально допустимые значения канала (планируемая пропускная способность всей полосы пропускания канала), полоса пропускания, необходимая для каждого канала, матрица внутреннего трафика в автономных системах VLB, матрица трафика между автономными системами VLB, ограничения задержки потока и дрожание.

В качестве критерия оптимизации сети авторы предлагают увеличить общую емкость резервного копирования параллельных каналов передачи:

- управление трафиком;
- установка дополнительных виртуальных каналов без перенаправления сети в случае несоответствия этому сценарию;

• установить дополнительные каналы связи в протоколе для потоковой передачи данных.

На рисунке 1 показан поток от узла 1 автономной системы VLB-1 к узлу 9 автономной системы VLB-2.

В узле 1 поток делится на 3-сегментные токи и передается в узел 4 скоординированным образом по

трехстороннему пути. В узле 4 восстанавливается исходная структура потока, которая передается по каналу РЕ в узел 11 автономной системы С VLB-2. От узла 11 к узлу 9 поток передается в двух направлениях. Начиная с узла 9, начальный поток поступает на выход автономной системы VLB-2.

Рисунок 1. Автономные VLB-системы с пиринговыми каналами

Моделирование передачи потоков по автономным VLB-системам и пиринговым каналам. Для того чтобы разделять поток в любой пропорции, введем набор балансирующих параметров q_μ , так что $q_\mu \geq 0$ для всех μ и $\sum_{\mu=1}^{N-1} q_\mu = 1$, где N – число узлов в сети VLB.

Входной узел разделяет каждый поток в зависимости от $\{q_\mu\}$ и посылает q_μ каждого потока в промежуточный узел. Это позволяет не использовать некоторые узлы в качестве промежуточных (путем установки соответствующих q_μ к нулю). Постоянную задержку в одном канале обозначим через T . Переменную составляющую в одном канале зададим случайной величиной с законом распределения Эрланга с плотностью $f(t) = \frac{\lambda(\lambda t)^{n-1} e^{-\lambda t}}{(n-1)!}$, $t \geq 0$. Для моделирования джиттера достаточно взять значение $n = 2$, а величину λ используем для того, чтобы добиться по возможности наилучшего совпадения эмпирического и теоретического распределений. Тогда $f(t) = \lambda^2 t e^{-\lambda t}$, $t \geq 0$. С учетом постоянной задержки пакетов в канале на величину T имеем Соответствующая функция распределения $f(t) = 1 - e^{-\lambda(t-T)}[1 + \lambda(t-T)]$ $t \geq T$. Производящая функция моментов

времени передачи пакетов через канал $M(s) = e^{sT}[\lambda/(\lambda - s)]^2$. Нагрузка на параллельных путях балансируется таким образом, чтобы среднее время передачи потока по каждому из параллельных путей было по возможности одинаковым. Для балансировки нагрузки используем коэффициент $\alpha = qrR\beta$ так, как это описано в [1]. Здесь q – балансирующий параметр, r – коэффициент, учитывающий превышение длины пакета по отношению к стандартной его длине, R – целое число однородных каналов, через которые ведется передача, β – коэффициент, учитывающий величину отклонения полосы пропускания от стандартной. В этом случае производящая функция моментов времени передачи потока по VLB сети для одного пути описывается выражением: $M(s) = e^{saT}[\lambda/(\lambda - \alpha s)]^2$. Среднее время передачи и его дисперсия равны соответственно $\bar{t} = T + \left(\frac{2\alpha}{\lambda}\right)$, $\sigma^2 = 2\alpha^2/\lambda^2$.

Результатом оптимизации является увеличение резервной емкости плотных внутренних каналов автономных систем VLB и пиринговых каналов, которые их соединяют. Относительное увеличение количества типичных «ручных» решений операторов сетей составляет в среднем 5-7%.

Список литературы:

1. Крупин А. «Ростелеком» займется проектированием решений на базе программно реконфигурируемых сетей. Электронный ресурс: URL: <http://www.servernews.ru/tags/OpenFlow>.
2. Miller Rich. Tech Titans Back OpenFlow Networking Standard. Электронный ресурс: URL: <http://blog.adivohost.ru/?p=27>.
3. Valiant. L.G. A scheme for fast parallel communication. SIAM Journal on Computing, 1982. 11(2): p. 350–361. Электронный ресурс: URL: <http://www.servernews.ru/tags/OpenFlow>.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИ ПРИНЯТИИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В УЗБЕКИСТАНЕ

Сиддиқов Исомиддин Хақимович

д-р техн. наук, профессор кафедры «Система обработки информации и управления»,
Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова,
Узбекистан, г. Ташкент

Порубай Оксана Витальевна

ст. преп. кафедры «Информационные технологии», Ферганский филиал ТУИТ им. Мухаммада Ал-Хоразмий,
Узбекистан, г. Фергана
E-mail: oksanaporubay@gmail.com

Лазарева Марина Викторовна

ст. преп. кафедры «Компьютерные системы», Ферганский филиал ТУИТ им. Мухаммада Ал-Хоразмий,
Узбекистан, г. Фергана
E-mail: laza2006@gmail.com

Абдулхамидов Азизжон Абдулла угли

ассистент кафедры «Информационные технологии», Ферганский филиал ТУИТ им. Мухаммада Ал-Хоразмий,
Узбекистан, г. Фергана
E-mail: azex_91@mail.ru

INTELLECTUAL SYSTEM DEVELOPMENT TRENDS IN ADOPTION OF MANAGEMENT DECISIONS IN UZBEKISTAN

Isomiddin Siddikov

Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Information Processing and Management System, Tashkent
State Technical University named after Islam Karimov,
Uzbekistan, Tashkent

Oksana Porubay

Senior Lecturer, Department of Information Technology, Ferghana branch
of TUIT named after Muhammad Al-Khorazmiy,
Uzbekistan, Ferghana

Marina Lazareva

Senior Lecturer, Department of Computer Systems, Ferghana branch of TUIT named after Muhammad Al-Khorazmiy,
Uzbekistan, Ferghana

Azizjon Abdulhamidov

Assistant, Department of Information Technology, Ferghana branch of TUIT named after Muhammad Al-Khorazmiy,
Uzbekistan, Ferghana

АННОТАЦИЯ

Целью написания данной статьи было сделать краткий обзор тенденций развития интеллектуальных систем поддержки принятия решений, роли машинного обучения, теории игр, классического моделирования на примере их использования при принятии управленческих решений по реализации концепции внедрения технологии "Умный город" в Республике Узбекистан. Сейчас страна находится на начальном этапе внедрения этой технологии и запускает пилотные проекты вроде «Безопасного города», «Умного транспорта», «Умной медицины» и «Умных счетчиков» в Ташкенте.

ABSTRACT

The purpose of this article was to provide a brief overview of the development trends of intelligent decision support systems, the role of machine learning, game theory, classical modeling using them as an example when making managerial decisions on the implementation of the Smart City technology implementation concept in the Republic of Uzbekistan. Now the country is at the initial stage of introducing this technology and is launching pilot projects like "Safe City", "Smart Transport", "Smart Medicine" and "Smart Meters" in Tashkent.

Ключевые слова: информационные технологии, искусственный интеллект, интеллектуальные системы поддержки принятия решений, «умный город».

Keywords: information technology, artificial intelligence, intelligent decision support systems, “smart city”

Введение

Целью написания этой статьи было сделать краткий обзор тенденций развития интеллектуальных систем поддержки принятия решений (далее ИСППР), роли машинного обучения, теории игр, классического моделирования на примере их использования при принятии управленческих решений по реализации концепции внедрения технологии "Умный город" в Республике Узбекистан.

На современном этапе развития мировой экономики, Узбекистан стремиться не уступать ни одной экономически развитой стране и ставит перед собой задачу использования систем искусственного интеллекта в управлении предприятием, в процессе принятия управленческих решений в условиях неопределенности. Для того, чтобы стремительное развитие предпринимательства обеспечивало устойчивый рост экономики Узбекистана, следует сделать глубокий акцент на необходимость изучения научно-методологических и научно-методических вопросов реализации управленческих решений. Обновляя имеющиеся методологии принятия управленческих и стратегических решений следует учитывать, как уже известные, так и вновь появляющиеся методики. Эксперты, работающие в данном направлении, отмечают, что появление признаков информационного кризиса (несоответствия между быстро возрастающими из поколения в поколение умственными способностями людей и еще более быстро возрастающим потоком информации) может привести к упадку экономики в стране. Дабы избежать данный кризис, во все направления страны, внедряются различные системы искусственного интеллекта (далее ИИ).

Основная часть

Последние года чуть ли не ежемесячно во всем мире проходят сотни конференций в области развития ИИ и ИСППР. Если проанализировать общую картину развития различных направлений ИИ специалисты всего мира стали сталкиваться с определенными трудностями, и после подробного анализа выяснилось, что большинство проблем связаны с нехваткой ресурсов двух типов:

- Компьютерные технологии (недостаток вычислительной мощности, объема оперативной/внешней памяти и прочее);
- Людские возможности (для разработки интеллектуального программного обеспечения требуются специалисты из разных областей ИИ).

Ресурсы первого типа можно считать вышедшими на достаточно высокий уровень, который позволяет ИСППР принимать весьма сложные для человека решения практических задач. А вот с ресурсами второго типа ситуация во всем мире становится еще хуже, именно в области ИИ не хватает специалистов, поэтому ведущие ИИ-центры при крупнейших университетах стараются делать больший акцент на развитие программистов в сфере ИИ.

Так для чего же нужны ИСППР?

1. При сложности в принятии решений определенного типа
2. При необходимости точной оценки различных альтернативных решений
3. При необходимости предсказательного функционала
4. При необходимости мультипоточного входа (для того, чтобы принять решение нужны выводы на основе данных, экспертные оценки, известные ограничения и т.п.)

Если углубляться в историю, то первые системы поддержки принятия решений (СППР) (изначально еще без И) стали формироваться в середине 60-х – начале 70-х годах. В те годы они не обладали никакой интерактивностью и тем более интеллектуальностью, по сути, представляли собой всего лишь надстройки к СУБД, имея некоторый небольшой функционал для численного моделирования. Самым ярким примером систем такого типа можно считать систему DYNAMO.

Формирование подклассов СППР, представляющих собой фреймворки, способные работать с данными на различных уровнях иерархии, с возможностью внедрения логики началось с начала 80-х годов. Примерами таких систем является система GADS (Gate Assignment Display System), разработанная Texas Instruments для United Airlines.

Так называемые продвинутые (Advanced) СППР, появились в конце 80-х годов. Они уже использовали более продвинутый инструментальный для моделирования и позволяли осуществлять «what-if» анализ.

Следующее поколение СППР, которое появилось в середине 90-х годов, стали называться интеллектуальные СППР, в основе которых легли инструменты статистики и машинного обучения, теории игр и прочего сложного моделирования. [1, с. 3]

Многообразие СППР

СППР можно классифицировать:

- По области применения (Бизнес и менеджмент, Инжиниринг, Финансы, Медицина, Окружающая среда)
- По соотношению данные\модели (FDS, DAS, AIS, AFM(s), RM(s), OM(s), SM(s))
- По типу используемого инструментария (Model Driven, Data Driven, Communication Driven, Document Driven, Knowledge Driven)

Несмотря на множество вариантов классификаций, требования и атрибуты СППР можно поместить в 4 сегмента:

1. Качество
2. Организация
3. Ограничения
4. Модель

Построение ИСППР должно включать в себя следующие основные этапы (рис. 1):

1. Анализ домена

2. Сбор данных	6. Внедрение моделей
3. Анализ данных	7. Оценка ИСППР
4. Выбор моделей	8. Внедрение ИСППР
5. Экспертный анализ\интерпретация моделей	9. Обратная связь [2, с. 15]

Рисунок 1. Этапы построения ИСППР

Основные направления реализации ИСППР в Республике Узбекистан

Основываясь на вышеуказанных моделях и в целях создания достойных условий для повышения уровня жизни, решения насущных проблем граждан, улучшения социальной инфраструктуры и развития регионов, а также последовательной реализации задач, в соответствии с постановлением кабинета министров республики Узбекистан № 48 от 18 января 2019 года утверждена концепция внедрения технологий «Умный город» в республике Узбекистан. [5, с. 1].

Концепция предусматривает несколько основных направлений:

«Умный транспорт». Автоматизированная система управления дорожным движением, «умный паркинг», электронные платежи, мониторинг движения, навигация и так далее.

«Умное образование». Образование на базе ИИ, дистанционное обучение, электронные журналы, мобильное обучение, интеграция онлайн-методик и другое.

«Умная медицина». Единые платформы биомедицинских данных пациентов, электронные рецепты, виртуальные диспансеры, сетевые медкарты и многое другое.

«Умная энергетическая система». Интернет вещей, гибридные батареи, «умные» системы измерения, автономные сенсоры для мониторинга напряжения и многое другое.

«Умное водоснабжение и водоотведение». Технологии водоснабжения с установлением насадки для кранов, электронные версии маршрутных карт водопроводных сетей, системы отключения водоснабжения в случае протечки и многое другое.

«Умное жилищно-коммунальное хозяйство». Автоматизация процесса снятия показаний счетчиков, системы передачи информации о состоянии энергоснабжения дома на устройства пользователя, «умные» счетчики и многое другое.

«Умное строительство». Визуальное моделирование процессов строительства, системы упрощения строительства, новые строительные материалы и другое.

«Умный дом». Охранная и пожарная сигнализации, система контроля доступа, управление освещением, удаленный мониторинг и управление домом через интернет и многое другое.

«Умный хокимият». Электронное удостоверение личности с совмещением платежного средства, активность граждан к управлению городом, системы оплаты местных налогов и многое другое.

«Умная махалля». Заправки для электромобилей, электронные карты в школах, каршеринг, сервисы для вызова и оплаты такси и другое.

Этапы внедрения

Внедрение концепции рассчитано на 2019–2030 годы.

Первый (2019–2021) — определение базовой линии, формирование профиля территории, анализ доступных активов, определение индикаторов и прочая начальная подготовка.

Второй (2022–2024) — разработка стратегии внедрения концепции, вовлечение заинтересованных

сторон, оценка рисков, формирование финансовой отчетности и так далее.

Третий (2025–2027) — детализированное планирование, бюджетирование, прогноз эффективности, определение возможностей и так далее.

Четвертый (2028–2030) — внедрение и оценка эффективности, мониторинг, оценка и анализ, экспансия. [5, с. 2–8]

Заключение

Основным фактором, определяющим развитие ИР-технологий сегодня, является скорость роста вычислительной мощности, так как основы человеческой психики до сих пор неизвестны. Таким образом, тема конференций ИИ кажется очень стандартной и не сильно изменилась с точки зрения содержания. Однако повышенная производительность современных компьютеров и время от времени улучшенное качество алгоритмов, позволяют применять различные научные методы. Это произошло с интеллектуальными игрушками, что также происходит с домашними роботами.

При таком подходе, как и ожидалось, можно решить различные проблемы (такие как криптография). Относительно простые, но дружественные к ресурсам алгоритмы поведения позволяют автономным устройствам безопасно работать в сложном мире. В то же время цель состоит в том, чтобы разработать системы, которые не похожи снаружи на людей, но действующие как люди.

Область ИИ, ставшая зрелой наукой, медленно, но верно продвигается вперед. Поэтому результаты непредсказуемы, даже если неожиданные выгоды, связанные со стратегическими инициативами, не устранены. Такие инициативы, вероятно, будут исходить из комбинации различных математических наук — теории вероятностей, нейронных сетей, нечеткой логики.

Список литературы:

1. Merkert, Mueller, Hubl, A Survey of the Application of Machine Learning in Decision Support Systems, University of Hoffenheim 2015
2. Tariq, Rafi, Intelligent Decision Support Systems- A Framework, India, 2011
3. Sanchez i Marre, Gibert, Evolution of Decision Support Systems, University of Catalunya, 2012
4. Ltifi, Trabelsi, Ayed, Alimi, Dynamic Decision Support System Based on Bayesian Networks, University of Sfax, National School of Engineers (ENIS), 2012
5. Постановление кабинета министров Республики Узбекистан «Об утверждении концепции внедрения технологий «Умный город» в Республике Узбекистан» г. Ташкент, 18 января 2019 г., № 48

АНАЛИЗ ПРИЛОЖЕНИЯ ЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ К КРИПТОГРАФИЧЕСКИМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯМ СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Акбаров Давлатали Егиталиевич

д-р физ.-мат. наук, Ферганский филиал ТУИТ им. Мухаммада Ал-Хоразмий, Республика Узбекистан, г. Фергана

Умаров Шухратжон Азизжонович

*ст. преп., Ферганский филиал ТУИТ им. Мухаммада Ал-Хоразмий, Республика Узбекистан, г. Фергана
E-mail: sht00357@gmail.com*

THE APPLICATION OF LOGICAL ACTIONS FOR THE DECISION OF SOME TASKS OF MEANS INFORMATION SECURITY SUPPORT

Akbarov Davlatali

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Department of Information Technology, Ferghana branch of TUIT named after Muhammad Al-Khorazmiy, Republic of Uzbekistan, Ferghana

Umarov Shuhratjon

Senior Lecturer, Department of Information Technology, Ferghana branch of TUIT named after Muhammad Al-Khorazmiy, Republic of Uzbekistan, Ferghana

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается решение задачи определения логических операций, обеспечивающих криптографическую стойкость преобразования алгоритмов криптографических методов информационной безопасности, обосновано критерием регулярности — равным распределением «0» и «1» в таблице истинности. Криптографический стойкость алгоритмы были созданы в таблице истинности, состоящей из 0 и «1», равномерно распределенных логической операцией.

ABSTRACT

In article the decision of the task of determination of the logical actions providing to cryptofirmness of conversion of algorithms of cryptography methods of information security is justified by criterion of regular of — equal distribution «0» and «1» too blocs of bits in the truth diagram. Logical action by the truth diagram uniform distribution «0» and «1» has property of cryptofirmness.

Ключевые слова: криптология, криптоалгоритм, криптостойкость, симметричное шифрование, открытый ключ, дизъюнкция, конъюнкция, преобразование, микропроцессор, Булева функция.

Keywords: cryptology, crypto algorithm, crypto firmness, the symmetric encoding, opening key, disjunction, conjunction, conversions, microprocessor, Boolean function.

ВВЕДЕНИЕ

Основы цифровой техники и технологии обмена информацией в информационно-коммуникационных сетях тесно связаны электронными средствами на базе логических операций. Так называемые микропроцессор, микроконтроллер, чип, интегральные схемы и другие электронные разработки являются основами современных вычислительных, контролируемых, аппаратных и аппаратно-программных средств управления [4–10].

Постановка задачи. В данной статье исследованы вопросы криптографической стойкости, эффек-

тивной аппаратной и аппаратно-программной реализуемости криптографических преобразований на основе логических операций, выполняемых над битами и блоками битов преобразуемых блоков.

Решение задачи. Отмечается, что на основных преобразованиях идеально стойких и стойких алгоритмов шифрования в обязательном порядке использована операция $\oplus$ – XOR [1, 2, 3, 6, 7]. Операция $x \oplus y = z$ определяется: если $x = 0$ и $y = 0$ или $x = 1$ и $y = 1$, то $z = 1$; иначе $z = 0$ (табл. 1).

Таблица 1.

$\oplus$ – XOR Таблица истинности

$x \oplus y$	0	1
0	0	1
1	1	0

В таблице 1 истинности показано, что z - представляющий результат четырех возможных вариантов этой операции принимает значения «0» и «1» равным распределением, т.е. в значениях z по два раза повторяется «0» и «1». В общем виде количество операции между двух переменных x и y равно $2^4 = 16$. Действительно, имеется 4 разных комбинации значения пары x и y : $x = 0$ и $y = 0$; $x = 1$ и $y = 0$; $x = 0$ и $y = 1$; $x = 1$ и $y = 1$. По значениям пары получается 4 значения z_1, z_2, z_3 и z_4 , которые принимают значение «0» или «1». Это значит,

четырьмя битами $(z_1 z_2 z_3 z_4)$ можно кодировать $2^4 = 16$ разных значений: $(0000)_2 = (0)_{10}$, $(0001)_2 = (1)_{10}$, ..., $(1110)_2 = (14)_{10}$, $(1111)_2 = (15)_{10}$. Здесь x^*, y соответствует $\oplus$ – XOR операции.

Можно ставить в соответствие число $(0110)_2 = 6$. Таким образом, можно вводить логические операции, соответствующие следующим состояниям таблицы истинности: $(0000)_2 = 0$, $(0001)_2 = 1$, $(0010)_2 = 2$, $(0011)_2 = 3$, $(0100)_2 = 4$, $(0101)_2 = 5$, $(0110)_2 = 6$, $(0111)_2 = 7$, $(1000)_2 = 8$, $(1001)_2 = 9$, $(1010)_2 = 10$, $(1011)_2 = 11$, $(1100)_2 = 12$, $(1101)_2 = 13$, $(1110)_2 = 14$, $(1111)_2 = 15$.

Таблица 2.

Таблица истинности содержат только «0» и «1»

$x *_0 y$	0	1		$x *_{15} y$	0	1
0	0	0	и	0	1	1
1	0	0		1	1	1

Где логические операции $*_0$ и $*_{15}$, соответствующие состояниям $(0000)_2 = 0$ и $(1111)_2 = 15$ со следующими таблицами истинности (табл. 2) [1, 3, 7]. Так как какими бы ни были шифруемый блок или блок ключа, результаты преобразования этими логическими операциями будут содержать блоки последовательности только «0»-нулей или «1»-единиц. Такое

обстоятельство позволяет сфабриковать ложные шифры. Поэтому использование операциями $*_0$ и $*_{15}$ в криптографических преобразованиях является нецелесообразным.

Здесь для большей ясности приводится таблица истинности, соответствующая операции $*_1$ -конъюнкции и $*_7$ -дезюнкции (табл. 3).

Таблица 3.

Конъюнкция и дезюнкция таблица истинности

$x *_1 y$	0	1		$x *_7 y$	0	1
0	0	0	и	0	0	1
1	0	1		1	1	1

Таким образом над двумя переменными кроме операции $*_0$ и $*_{15}$ можно определить в количестве 14 (четырнадцать) операций.

Таблица 4.

Таблицы истинности с одинаковым значением

$x *_3 y$	0	1		$x *_5 y$	0	1
0	0	0	и	0	0	1
1	1	1		1	0	1

Кроме того, операции, определяемые следующими таблицами истинности, являются неустойчивыми, так как первая $x *_3 y = z$ неизменной оставляет x , а вторая $x *_5 y$ неизменной оставляет y (табл. 4). Такое обстоятельство имеет место потому, что в первой таблице строка, соответствующая значению переменной $x = 0$, имеет элементов только со значением 0-ноль, а строка с значением $x = 1$ имеет элементов только со значением 1-один, аналогично во

второй таблице столбец, соответствующий значению переменной $y = 0$, имеет элементов только со значением 0-ноль, а столбец со значением $y = 1$ имеет элементов только со значением 1-один. Остальные операции могут осуществить преобразования перемешивания над битами блоков открытого или промежуточного с соответствующими битами блока ключа [1]. Ниже приводится таблица сравнения введенных логических операций относительно особенностей свойства криптографической стойкости. В

этой таблице сравнением обоснована криптографическая стойкость следующих операций: $x *_9 y = z$, $x *_{10} y = z$, $x *_{12} y = z$. Эти операции вместе с операцией

$x \oplus y = x *_6 y = z$ могут широко использоваться в качестве стойких преобразований.

Таблица 5.

Особенности криптографической стойкости

№ п/п	Тип операции	Таблица истинности операции			Анализ возможных состояний результата операции	Замечание
1	$x *_1 y = z$	x / y	0	1	1) Значения результата z распределены неравномерно. 2) Значению $z = 0$ соответствуют 3 (три) значения пары переменных x и y , а $z = 1$ соответствует значение 1 (одной) пары, имеются 3 (три) неизвестных состояния, т.е. из $z = 1$ следует $x = 1$ и $y = 1$.	Относительно стойкая
		0	0	0		
		1	0	1		
2	$x *_2 y = z$	x / y	0	1	1) Значения результата z распределены неравномерно. 2) Значению $z = 0$ соответствуют 3 (три) значения пары переменных x и y , а $z = 1$ соответствует значение 1 (одной) пары, имеются 3 (три) неизвестных состояния, т.е. из $z = 1$ следует $x = 1$ и $y = 0$.	Относительно стойкая
		0	0	0		
		1	1	0		
3	$x *_4 y = z$	x / y	0	1	1) Значения результата z распределены неравномерно. 2) Значению $z = 0$ соответствуют 3 (три) значения пары переменных x и y , а $z = 1$ соответствует значение 1 (одной) пары, имеются 3 (три) неизвестных состояния, т.е. из $z = 1$ следует $x = 0$ и $y = 1$.	Относительно стойкая
		0	0	1		
		1	0	0		
4	$x *_6 y = z$ $x \oplus y = z$	x / y	0	1	1) Значения результата z распределены равномерно. 2) Значению $z = 0$ и $z = 1$ соответствуют по 2 (два) значения пары переменных x и y , т.е. имеются 4 (четыре) неизвестных состояния.	Стойкая
		0	0	1		
		1	1	0		
5	$x *_7 y = z$	x / y	0	1	1) Значения результата z распределены неравномерно. 2) Значению $z = 1$ соответствуют 3 (три) значения пары переменных x и y , а $z = 0$ соответствует значение 1 (одной) пары, имеются 3 (три) неизвестных состояния, т.е. из $z = 0$ следует $x = 0$ и $y = 0$.	Относительно стойкая
		0	0	1		
		1	1	1		
6	$x *_8 y = z$	x / y	0	1	1) Значения результата z распределены неравномерно. 2) Значению $z = 0$ соответствуют 3 (три) значения пары переменных x и y , а $z = 1$ соответствует значение 1 (одной) пары, имеются 3 (три) неизвестных состояния, т.е. из $z = 1$ следует $x = 0$ и $y = 0$.	Относительно стойкая
		0	1	0		
		1	0	0		
7	$x *_9 y = z$	x / y	0	1	1) Значения результата z распределены равномерно. 2) Значению $z = 0$ и $z = 1$ соответствуют по 2 (два) значения пары переменных x и y , т.е. имеются 4 (четыре) неизвестных состояния.	Стойкая
		0	1	0		
		1	0	1		
8	$x *_{10} y = z$	x / y	0	1	1) Значения результата z распределены равномерно. 2) Значению $z = 0$ и $z = 1$ соответствуют по 2 (два) значения пары переменных x и y , т.е. имеются 4 (четыре) неизвестных состояния.	Стойкая
		0	1	0		
		1	1	0		
9	$x *_{11} y = z$	x / y	0	1	1) Значения результата z распределены неравномерно. 2) Значению $z = 1$ соответствуют 3 (три) значения пары переменных x и y , а $z = 0$ соответствует значение 1 (одной) пары, имеются 3 (три) неизвестных состояния, т.е. из $z = 0$ следует $x = 0$ и $y = 1$.	Относительно стойкая
		0	1	0		
		1	1	1		
10	$x *_{12} y = z$	x / y	0	1	1) Значения результата z распределены равномерно. 2) Значению $z = 0$ и $z = 1$ соответствуют по 2 (два) значения пары переменных x и y , т.е. имеются 4 (четыре) неизвестных состояния.	Стойкая
		0	1	1		
		1	0	0		

11	$x *_{13} y = z$	$x \setminus y$	0	1	1) Значения результата z распределены неравномерно. 2) Значению $z = 1$ соответствуют 3 (три) значения пары переменных x и y , а $z = 0$ соответствует значение 1 (одной) пары, имеются 3 (три) неизвестных состояния, т.е. из $z = 0$ следует $x = 1$ и $y = 0$.	Относительно стойкая
		0	1	1		
		1	0	1		
12	$x *_{14} y = z$	x / y	0	1	1) Значения результата z распределены неравномерно. 2) Значению $z = 1$ соответствуют 3 (три) значения пары переменных x и y , а $z = 0$ соответствует значение 1 (одной) пары, имеются 3 (три) неизвестных состояния, т.е. из $z = 0$ следует $x = 1$ и $y = 1$.	Относительно стойкая
		0	1	1		
		1	1	0		

В этой таблице сравнения обоснована криптографическая стойкость следующих операций: $x *_{10} y = z$, $x *_{12} y = z$. Эти операции вместе с операцией $x \oplus y = x *_{6} y = z$ могут широко использоваться в качестве стойких преобразований.

Определена относительная стойкость операции дизъюнкции $x \cup y = x *_{7} y = z$ и конъюнкции $x \cap y = x *_{1} y = z$. Воспользовавшись определенными стойкими операциями, можно осуществить побитное преобразование над блоками $x = (x_1 x_2 x_3 x_4 \dots x_n)$ и $y = (y_1 y_2 y_3 y_4 \dots y_n)$, $n \geq 2$, т.е.

$$x *_{i} y = \begin{cases} x_1 x_2 \dots \\ *_{i} \\ y_1 y_2 \dots \\ \hline z_1 z_2 \dots \end{cases}, i=6,9,10,12.$$

При этом можно убедиться, что разным парам блоков (x, y) , где $x = (x_1 x_2 x_3 x_4 \dots x_n)$ и $y = (y_1 y_2 y_3 y_4 \dots y_n)$, соответствуют разные $z = (z_1 z_2 z_3 z_4 \dots z_n)$. Это значит: результаты преобразования, осуществляемые стойкими определенными операциями, обладают свойством регулярности [1, 7]. А преобразования, осуществляемые относительно стойкими операциями, не обладают (или неполно обладают) свойством регулярности. Эти утверждения проверены непосредственным вычислением. Ниже приводятся примеры преобразования со стойкой и относительно стойкой операций, когда длина преобразуемого блока для простоты $n = 2$. Результаты переменных $x = (x_1 x_2)$ и $y = (y_1 y_2)$ после логических операций: $z = (z_1 z_2)$.

Таблица 6.

Таблицы истинности для однобитных и двухбитных операций

x/y	0	1		x/y	0	1		x/y	0	1		x/y	0	1
0	0	0		0	1	0		0	0	0		0	0	1
1	1	1		1	0	1		1	0	1		1	1	1
x	y	$x *_{3} y = z$		x	y	$x *_{9} y = z$		x	y	$x *_{1} y = z$		x	y	$x *_{5} y = z$
00	00	00		00	00	11		00	00	00		00	00	00
01	00	01		01	00	10		01	00	00		01	00	01
10	00	10		10	00	01		10	00	00		10	00	10
11	00	11		11	00	00		11	00	01		11	00	11
00	01	00		00	01	10		00	01	00		00	01	01
01	01	01		01	01	11		01	01	01		01	01	01
10	01	10		10	01	00		10	01	00		10	01	11
11	01	11		11	01	01		11	01	01		11	01	11
00	10	00		00	10	01		00	10	00		00	10	10
01	10	01		01	10	00		01	10	00		01	10	11
10	10	10		10	10	11		10	10	10		10	10	10
11	10	11		11	10	10		11	10	10		11	10	11
00	11	00		00	11	00		00	11	00		00	11	11
01	11	01		01	11	01		01	11	01		01	11	11
10	11	10		10	11	10		10	11	10		10	11	11
11	11	11		11	11	11		11	11	11		11	11	11

В этих примерах первое преобразование осуществлено нестойкой операцией, второе осуществлено со стойкой операцией, и, следовательно, видно, что оно обладает свойством регулярности. Последующие два преобразования осуществлены с относительно стойкими операциями и не обладают свойством регулярности.

Аналогичным образом можно вводить операции на основе таблицы истинности с двухбитными блоками: «00», «01», «10», «11». Количество всевозможных таблиц истинности $4^{16} = 4\,294\,967\,296$. Если эти пары битов распределены равномерно в таблице истинности размером 4×4 , кроме того, в строке, соответствующей значению переменной $x = x_1^i x_2^j$, где $i = 0, 1$; и $j = 0, 1$; имеются элементы не только со значением « $x_1^i x_2^j$ », аналогично в столбце соответствующего значению переменной $y = y_1^i y_2^j$ имеются элементы не только со значением « $y_1^i y_2^j$ », то определяемые операции будут обладать криптографической эффективностью — свойством стойкости. Количество таблиц истинности с равномерным распределением «00», «01», «10», «11» — пары битов

$$C_{16}^4 = \frac{16!}{4!12!} = \frac{13 \cdot 14 \cdot 15 \cdot 16}{2 \cdot 3 \cdot 4} = 13 \cdot 7 \cdot 5 \cdot 4 = 1820.$$

Из них еще исключаются таблицы, элементы одного и того же количества строк и таблиц, 8. Таким

образом, можно вводить $1820 - 8 = 1812$ операций со свойством равномерного распределения значения: «00», «01», «10», «11» и криптографически стойкими особенностями. Точно так же это основано на трехбитовых блоках $2^3 = 8$ элементов «000», «001», «010», «011», «100», «101», «110», «111» таблицей истинности размером 8×8 , можно вводить 8^{64} операций. Из них количество таблиц истинности с равномерным распределением с тремя битами блоками $2^3 = 8$ элементов

$$C_{64}^8 = \frac{64!}{8!56!} = \frac{57 \cdot 58 \cdot 59 \cdot 60 \cdot 61 \cdot 62 \cdot 63 \cdot 64}{2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 8} = 19 \cdot 29 \cdot 59 \cdot 15 \cdot 61 \cdot 31 \cdot 3 \cdot 8 = 22\,130\,826\,840$$

Количество таблиц истинности с криптографически стойкими особенностями

$$C_{64}^8 - 16 = 22\,130\,826\,840 - 16 = 22\,130\,826\,824.$$

В научных работах [2, 3, 7] приведена таблица сжатия байта «2 13» = «0010 1011» на полубайт «10» = «1010», т.е. на пересечении строки 2 со столбцом 13 (табл. 7).

Таблица 7.

Четыреразрядные сетки замены

5	13	6	11	1	10	15	8	0	4	7	9	2	12	3	14
8	7	2	14	15	3	11	6	1	12	13	10	5	4	9	0
14	2	13	4	12	7	1	11	6	9	0	5	3	10	8	15
0	14	9	12	3	13	7	4	15	6	5	1	11	2	10	8
3	10	7	2	4	12	9	1	14	13	15	8	0	5	11	6
2	3	1	8	0	14	5	9	12	11	6	7	10	15	13	4
10	4	14	15	9	5	8	2	11	0	1	3	12	6	7	13
11	9	10	1	6	4	13	15	3	5	14	0	8	7	2	12
1	0	3	7	13	11	10	12	9	14	4	6	15	8	5	2
4	8	11	9	14	6	2	5	10	3	12	15	7	13	0	1
9	12	15	0	2	1	14	10	5	8	11	13	4	3	6	7
6	11	8	13	7	9	0	3	4	15	10	2	14	1	12	5
15	1	0	5	10	8	3	7	13	2	9	12	6	14	4	11
12	5	4	10	11	2	6	13	8	7	3	14	1	0	15	9
7	15	12	6	5	0	4	14	2	10	8	11	13	9	1	3
13	6	5	3	8	15	12	0	7	1	2	4	9	11	14	10

В этой таблице числа от 0 до 15, которые выражаются с четырьмя битами, распределены равномерно, т.е. они повторяются ровно по 16 раз, причем по каждой строке и столбцу повторяются один раз. Такие таблицы, принимая как таблицы с четырьмя битами истинности операции над блоками «0000», «0001», «0010», «0011», «0100», «0101», «0110», «0111», «1000», «1001», «1010», «1011», «1100», «1101», «1110», «1111» элементов, можно вводить 16^{256} операций. Из таких таблиц истинности с равномерным распределением с четырьмя битами разных

$2^4 = 16$ элементов можно выделить в количестве

$$C_{256}^{16} = \frac{256!}{16!240!}, \text{ что дает огромное количество}$$

$$C_{256}^{16} - 32 = \frac{256!}{16!240!} - 32 \text{ логических операций со}$$

стойким криптографическим свойством.

Анализ полученных результатов. Любое преобразование осуществляется на основе некоторых операций или их последовательности. Если преобразование разным всевозможным входным значениям

ставит в соответствие разные всевозможные значения или равные распределения всевозможных значений, то говорят, что оно обладает свойством регулярности. Преобразование, обладающее свойством регулярности, имеет свойство стойкости, т.е. при решении задачи раскрытия шифров шифрованных блоков требуется выбор всевозможных вариантов. Таким свойством обладает логическая операция $\oplus - XOR$. В статье определены и обоснованы регулярности ряда логических операций над битами и блоками битов, которые могут использоваться с таким криптографическим успехом, как операция $\oplus - XOR$ в разработке криптографических алгоритмов и их программных, а также аппаратных средств. Осуществление этих операций над битами и блоками битов обеспечивает обмен цифровых сигналов без задержек в аппаратных и аппаратно-программных реализациях криптографических алгоритмов.

Заключение. В предлагаемой статье переменные x и y , переменная z , выражающая результат, принимают значения «0» или «1». Определено количество возможных операций по выражению $x * y = z$ в соответствии с различными возможными таблицами истинности. В случае операции над битами разных таблиц истинности условно сопоставлены логические операции $(*_i, i=1,2,\dots,16)$. Обосновано, что если в таблицах истинности введенных операций значения «0» и «1» распределены равномерно — повторяются в равных количествах, то побитное преобразование блоков, осуществляемое на основе таких операций, обладает свойством регулярности. Такое обоснование утверждается для операции над блоками битов. Полученные результаты, кроме решения задач криптографической защиты информации, имеют широкое приложение в разных областях науки информационной техники и технологии.

Список литературы:

1. Акбаров Д.Е. Ахборот хавфсизлигини таъминлашнинг криптографик усуллари ва уларнинг қўлланилиши // Ўзбекистон маркаси. — 2009. — Т. 432.
2. Акбаров Д.Е., Умаров Ш.А. Алгоритм хеш-функции с новыми базовыми преобразованиями // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія: Приладобудування. — 2016. — № 51 (1). — С. 100–108 / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/18117/1/20.pdf>.
3. Акбаров Д.Е., Умаров Ш.А. Новый алгоритм блочного шифрования данных с симметричным ключом // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія: Приладобудування. — 2016. — № 52 (2). — С. 82–91 / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/19360/1/15Akbarov.pdf>.
4. Баранов В.Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы // Додэка-XXI. — 2006 / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://www.labyrinth.ru/books/102083/>.
5. Бродин В.Б., Калинин А.В. Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики. — М.: ЭКОМ, 2002 / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://www.twirpx.com/file/10572/>.
6. Карондеев А.М. Сложение по модулю 2^n в блочном шифровании // Прикладная дискретная математика. Приложение. — 2015. — №. 8. / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/16455302>.
7. Логачев О.А., Сальников А.А., Яценко В.В. Булевы функции в теории кодирования и криптологии. — Изд-во МЦНМО, 2004 / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://www.twirpx.com/file/206083/>.
8. Молдовян Н.А. Криптография: от примитивов к синтезу алгоритмов. — БХВ-Петербург, 2004 / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: http://static.ozone.ru/multimedia/book_file/1009552731.pdf.
9. Предко М. Руководство по микроконтроллерам: в 2 т. — 2001 / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <http://padabum.com/d.php?id=2896>.
10. Шалыто А.А. Логическое управление: методы аппаратной и программной реализации алгоритмов. — Наука, 2000 / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://www.twirpx.com/file/114425/>.

РЕГУЛЯРНЫЕ АЛГОРИТМЫ КОРРЕКЦИИ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Эргашев Отабек Мирзапулатович

*ст. преп. кафедры «Информационные технологии», Ферганский филиал ТУИТ им. Мухаммада Ал-Хоразмий,
Узбекистан, г. Фергана
E-mail: otabek_84@umail.uz*

Эргашева Шахноза Мавлонбоевна

*ассистент кафедры «Информационные технологии», Ферганский филиал ТУИТ им. Мухаммада Ал-Хоразмий,
Узбекистан, г. Фергана*

REGULAR ALGORITHMS FOR CORRECTION OF DYNAMIC ERROR OF MEANS OF MEASUREMENTS

Otabek Ergashev

*Senior Lecturer, Department of Information Technology, Ferghana branch
of TUIT named after Muhammad Al-Khorazmiy,
Uzbekistan, Ferghana*

Shakhnoza Ergasheva

*Assistant, Department of Information Technology, Ferghana branch of TUIT named after Muhammad Al-Khorazmiy,
Uzbekistan, Ferghana*

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются вопросы формирования и построения устойчивых алгоритмов коррекции динамической погрешности средств измерений в рамках общей проблемы восстановления неконтролируемых сигналов в измерительных и преобразующих устройствах. Приводятся устойчивые алгоритмы коррекции динамической погрешности на основе метода регуляризации и регулярных процедур в рамках принципа итеративной регуляризации. Предлагаемые алгоритмы позволяют повысить вычислительную устойчивость алгоритмов коррекции динамической погрешности средств измерений и могут быть использованы в информационно-измерительных системах обработки результатов наблюдений.

ABSTRACT

The problems of the formation and construction of stable algorithms for correcting the dynamic error of measuring instruments in the framework of the general problem of the restoration of uncontrolled signals in measuring and converting devices are considered. Stable dynamic error correction algorithms based on the regularization method and regular procedures in the framework of the iterative regularization principle are presented. The proposed algorithms make it possible to increase the computational stability of the correction algorithms for the dynamic error of measuring instruments and can be used in information-measuring systems for processing the results of observations.

Ключевые слова: информационно – измерительная система, средство измерения, коррекция динамической погрешности, регулярные алгоритмы.

Keywords: information - measuring system, measuring instrument, correction of dynamic error, regular algorithms.

Задача восстановления сигналов связана с общей проблемой искажений и коррекции в измерительных и преобразующих устройствах [1-3]. Обычно к контролирующим, записывающим, измерительным и преобразующим устройствам предъявляются требования минимального динамического искажения измеряемой величины. При выполнении этого требования обеспечивается соответствие величин, восстанавливаемых и измеряемых регистрирующим устройством. Общее условие минимальных динамических искажений выполняется, когда вход и выход

измерительной системы связаны между собой алгебраической зависимостью. Отсюда следует, что если уравнение, описывающее динамику контролирующего, измерительного или преобразующего устройства, является дифференциальным, то в общем случае искажения неизбежны. Это связано с тем, что решение неоднородного дифференциального уравнения представляет собой функцию, отличающуюся от правой части исходного уравнения.

Построение указанных систем позволяет получить наиболее полную информацию о работе системы автоматического управления в целом, а также

необходимые сведения об управляющих воздействиях, возмущениях и координатах, относящихся к классу не измеряемых и неконтролируемых измерительной аппаратурой сигналов [3,4].

Задача восстановления начального состояния и входного воздействия динамической системы по результатам измерения выхода относится к классу обратных задач динамики управляемых систем [5,6]. Поскольку указанная задача является некорректно поставленной, для ее решения следует применять методы, развитые в соответствующей теории [7-12].

В работе рассматриваются вопросы формирования и построения устойчивых алгоритмов коррекции динамической погрешности средств измерений на основе регулярных методов.

Рассмотрим линейную измерительную систему, описываемую уравнениями

$$x_{k+1} = A_k x_k + B_k w_k, \quad x(k_0) = x^0, \quad (1)$$

$$y_k = C_k x_k + D_k w_k, \quad (2)$$

где $x \in R^n, w \in R^p, y \in R^m$; $x = x_k$ – состояние системы; x^0 – начальное состояние системы; $w_k \in L_2^p$ – входное неизмеряемое воздействие на систему; $y_k \in L_2^m$ – выход системы; A_k, B_k, C_k, D_k – матрицы соответствующих размерностей.

Пусть

$$\Theta = R^n \times L_2^p, \quad Y = L_2^m.$$

В пространстве Θ , определим скалярное произведение вида

$$\langle \theta_1, \theta_2 \rangle_{\Theta} = \langle x_1^0, x_2^0 \rangle_{R^n} + \langle w_1, w_2 \rangle_{L_2^p},$$

которое превращает пространство Θ в гильбертово.

Соотношения (1), (2) определяют линейный оператор $F: \Theta \rightarrow Y$ [13], который каждой паре $\theta = (x_0, w) \in \Theta$, т.е. входу системы, ставит в соответствие функцию $y \in Y$ на выходе системы. Таким образом приходим к операторному уравнению вида

$$F\theta = y, \quad \theta \in \Theta, \quad y \in Y. \quad (3)$$

Поставим задачу о приближенном восстановлении элемента $\theta = (x^0, w)$ по результатам измерений выхода y измерительной системы. В практических задачах правая часть y и элементы матрицы F , т.е. коэффициенты системы (3) известны лишь приближенно. В этих случаях вместо системы (3) используется другая система

$$F_h \theta = y_{\delta}, \quad (4)$$

такая, что $\|F_h - F\| \leq h, \|y_{\delta} - y\| \leq \delta$. Таким образом, приближенные данные характеризуются набором F_h, y_{δ}, η , где $\eta = \{\delta, h\}$ – вектор погрешности.

При решении уравнения (4), как правило, нарушаются условия устойчивости решения, связанные с плохой обусловленностью матрицы F_h . Отмеченные обстоятельства приводят к необходимости применения методов регуляризации.

Запишем выражение для сглаживающего функционала А.Н. Тихонова

$$M^{\alpha}[\theta_{\eta}^{\alpha}] = \|F_h \theta_{\eta}^{\alpha} - y_{\delta}\|_{Y^2}^2 + \alpha \|\theta_{\eta}^{\alpha}\|_{\Theta^2}^2,$$

где $\alpha > 0$ – параметр регуляризации.

Введем в рассмотрение следующие функции [7]:

$$\gamma_{\eta}(\alpha) = \|\theta_{\eta}^{\alpha}\|_{\Theta^2},$$

$$\beta_{\eta}(\alpha) = \|F_h \theta_{\eta}^{\alpha} - y_{\delta}\|_{Y^2},$$

$$\rho_{\eta}(\alpha) = \beta_{\eta}(\alpha) - \left(\delta + h \sqrt{\gamma_{\eta}(\alpha)} \right)^2 - \mu_{\eta}^2.$$

Здесь θ_{η}^{α} – экстремаль функционала А.Н. Тихонова $M^{\alpha}[\theta]$ при фиксированном $\alpha > 0$. Функции $\gamma_{\eta}(\alpha), \beta_{\eta}(\alpha), \rho_{\eta}(\alpha)$ монотонны и непрерывны как функции α в области $\alpha > 0$, $\mu_{\eta} = \inf_{\theta \in D} \|F_h \theta - y_{\delta}\|_Y$ – мера несовместимости μ_{η} уравнения (4) с приближенными данными на множестве $D \in \Theta$.

Решение уравнения (4) на основе метода регуляризации А.Н. Тихонова дается формулой [7,11]

$$\theta_{\alpha} = (\alpha I + F_h^T F_h)^{-1} F_h^T y_{\delta} = g_{\alpha}(F_h^T F_h) F_h^T y_{\delta},$$

где $g_{\alpha}(\lambda) = (\alpha + \lambda)^{-1}$, $\alpha > 0, 0 \leq \lambda < \infty$ – порождающая система функций для метода А.Н. Тихонова.

Будем полагать, что выполнено естественное условие

$$\|y_{\delta}\|^2 > \delta^2 + \mu_{\eta}^2. \quad (5)$$

Функция обобщенной невязки $\rho_{\eta}(\alpha)$ имеет следующие предельные значения на концах сегмента [8]

$$\lim_{\alpha \rightarrow +\infty} \rho_{\eta}(\alpha) = \|y_{\delta}\|_U^2 - \delta^2 - \mu_{\eta}^2, \\ \overline{\lim}_{\alpha \rightarrow 0+0} \rho_{\eta}(\alpha) = -\delta^2.$$

Таким образом, при выполнении условия (5) уравнение $\rho_{\eta}(\alpha) = 0$ имеет в области $\alpha > 0$ корень $\alpha^*(\eta)$, причем элемент $\theta_{\eta}^{\alpha^*(\eta)}$ определен единственным образом.

Если же числа h и δ неизвестны или их вычисление сопряжено со значительными трудностями, то

параметр регуляризации α целесообразно определять на основе способа квазиоптимальности [7,10]

$$\|\theta^{(\alpha_{i+1})} - \theta^{(\alpha_i)}\| = \min, \quad \alpha_{i+1} = \zeta \alpha_i, \\ i = 0, 1, 2, \dots, \quad 0 < \zeta < 1$$

В условиях отсутствия априорной информации об уровне погрешности исходных данных уравнения (4) также весьма эффективными оказываются численные схемы выбора параметра регуляризации с применением быстро сходящихся итерационных методов решения уравнений типа метода касательных Ньютона [9].

При построении приближенного решения уравнения (4) в случае обратимого оператора F_h большую роль также играют разнообразные итерационные методы [11,12]. Эти методы могут быть как линейными, когда для перехода к следующему итерационному приближению требуется применить некоторый линейный оператор к одному или нескольким предыдущим приближениям, так и нелинейными, когда оператор перехода нелинейный. Известно [12], что обычно употребляемые линейные итерационные методы могут порождать аппроксимации и в случае необратимого оператора F_h . Снабженные подходящим правилом останова $r(\delta, h)$ эти итерационные процессы, в свою очередь, порождают регуляризующие алгоритмы для задачи (4).

С этой точки зрения более удобным является итерированный вариант метода регуляризации А.Н. Тихонова [11]:

$$\alpha \theta_{r,\alpha} + F_h^T F_h \theta_{r,\alpha} = \alpha \theta_{r-1,\alpha} + F_h^T y_\delta \quad (r = 1, \dots, m). \quad (6)$$

Решение уравнения (6) дается – формулой

$$\theta_{m,\alpha} = (I - F_h^T F_h g_{m,\alpha} (F_h^T F_h)) \theta_0 + g_{m,\alpha} (F_h^T F_h) F_h^T y_\delta, \quad (7)$$

где θ_0 – начальное приближение, а $g_{m,\alpha}(\lambda)$ – порождающая система функций для итерированного варианта (6) метода А.Н. Тихонова, определяемая выражением

$$g_{m,\alpha}(\lambda) = \frac{1}{\lambda} \left[1 - \left(\frac{\alpha}{\alpha + \lambda} \right)^m \right], \quad 0 \leq \lambda < \infty.$$

Параметр $r = r(\delta, h)$ в приближении (7) следует выбирать таким образом [11], чтобы

$$r(\delta, h) \rightarrow \infty, \quad (\delta + h)^2 r(\delta, h) \rightarrow 0, \quad \text{при} \\ \delta \rightarrow 0, \quad h \rightarrow 0.$$

Тогда $\theta_{r(\delta, h)} \rightarrow \theta_*$ при $\delta \rightarrow 0, \quad h \rightarrow 0$ где θ_* – решение уравнения $F_h^T F_h \theta_* = F_h^T y$.

Здесь целесообразно использовать следующее правило останова итерационного процесса:

Задаются числа $b_1 > 1$ и $b_2 \geq b_1$. Если $\|F_h \theta_0 - y_\delta\| \leq b_2 (\delta + \|\theta_0\| h)$, то положим $r = 0$ и за приближенное решение примем u_0 . В противном случае выберем $r > 0$, при котором $b_1 (\delta + \|\theta_r\| h) \leq \|F_h \theta_r - y_\delta\| \leq b_2 (\delta + \|\theta_r\| h)$. Если при $r \in [0, d/(\delta + h)^2]$ невязка не достигла уровня $\|F_h \theta_r - y_\delta\| \leq b_2 (\delta + \|\theta_r\| h)$, то поиск r прекращается и выбирается $r = d / (\delta + h)^2$.

Для вычисления искомого вектора θ также могут быть использованы, например, и другие итерационные схемы вида [10]

$$\varepsilon \theta_r + F_h^T F_h \theta_r = \varepsilon \theta_{r-1} + F_h^T y_\delta, \quad \varepsilon > 0, \quad r = 1, 2, \dots, \\ (\alpha I + F_h^T F_h) \theta_r = \alpha \theta_{r-1} + F_h^T y_\delta, \quad r = 1, 2, \dots,$$

которые примыкают к регулярным итерационным алгоритмам.

Можно показать [14], что для рассматриваемой задачи весьма эффективным оказывается нелинейный итерационный алгоритм вида:

$$\theta_{r+1} = \theta_r - (\varepsilon_r I + F_h^T F_h)^{-1} F_h^T (F_h \theta_r - f_\delta), \quad \theta_0 = 0, \\ \varepsilon_r = \begin{cases} \bar{\varepsilon}_r = \frac{\|F_h^T (F_h \theta_r - f_\delta)\|^2}{\|F_h \theta_r - f_\delta\|^2}, & \bar{\varepsilon}_r \geq \psi(\delta, h) > 0, \\ \psi(\delta, h), & \bar{\varepsilon}_r < \psi(\delta, h), \end{cases} \quad (8)$$

где $\Psi(\delta, h)$ – заданная пороговая функция такая, что

$$\lim_{\delta \rightarrow 0, h \rightarrow 0} \Psi(\delta, h) = 0, \quad \Psi(0) = 0.$$

Тогда, следуя теории итерационных методов [11,12,14], можно показать, что если

$$\lim_{\substack{\delta \rightarrow 0, h \rightarrow 0 \\ r \rightarrow \infty}} (\delta + h \|\hat{\theta}_\varepsilon\|) \sum_{j=0}^k (\varepsilon_j)^{-1/2} = 0,$$

то

$$\lim_{\substack{\delta \rightarrow 0, h \rightarrow 0 \\ r \rightarrow \infty}} \|\theta_{r+1} - \hat{\theta}_r\| = 0, \quad \hat{\theta} \perp \ker F_h^T F_h.$$

Итерационный процесс (8), оставаясь нелинейным на первых итерациях, сходится быстрее, чем ряд известных итерационных алгоритмов.

Приведенные алгоритмы позволяют получить наиболее полную информацию о работе систем автоматического управления различными технологическими объектами в целом, а также необходимые сведения об управляющих воздействиях, возмущениях и координатах, относящихся к классу не измеряемых и неконтролируемых измерительной аппаратурой сигналов и могут быть использованы в информационно-

измерительных системах обработки результатов наблюдений за состоянием динамической системы.

Список литературы:

1. Грановский В.А. Динамические измерения: Основы метрологического обеспечения. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1984. -224 с.
2. Василенко Г.И. Теория восстановления сигналов: О редукции к идеальному прибору в физике и технике. – М.: Советское радио, 1979. — 272 с.
3. Кузнецов Б.Ф. Стохастические модели и методы анализа информационно – измерительных систем АСУ ТП / Ангарск: Ангарская государственная техническая академия, 2007. – 180 с.
4. Дроздов И.В., Мирошник И.В., Скорубский И.В. Системы автоматического управления с микроЭВМ. -Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. - 284 с.

АЛГОРИТМЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ С УЧЕТОМ ИНЕРЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Эргашев Отабек Мирзапулатович

ст. преподаватель кафедры «Информационные технологии»,
Ферганский филиал ТУИТ им. Мухаммада Ал-Хоразмий,
Узбекистан, г. Фергана
E-mail: otabek_84@mail.ru

Эргашева Шахноза Мавлонбоевна

ассистент кафедры «Информационные технологии»,
Ферганский филиал ТУИТ им. Мухаммада Ал-Хоразмий,
Узбекистан, г. Фергана

DYNAMIC FILTRATION ALGORITHMS TAKING INTO ACCOUNT THE INERTIA OF THE MEASURING DEVICE

Ergashev Otabek Mirzapulatovich

Senior Lecturer, Department of Information Technology,
Ferghana branch of TUIT named after Muhammad Al-Khorazmiy,
Uzbekistan, Ferghana

Ergasheva Shakhnoza Mavlonboevna

Assistant, Department of Information Technology, Ferghana branch of TUIT named after Muhammad Al-Khorazmiy,
Uzbekistan, Ferghana

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются вопросы формирования и построения устойчивых алгоритмов фильтрации с учетом инерционности измерительного устройства на основе динамических фильтров Колмановского типа. Приводятся различные алгоритмы динамической фильтрации с точки зрения анализа их вычислительной устойчивости. Предлагаются процедуры регуляризации решения уравнения фильтрации на основе метода регуляризации и сингулярного разложения. Предлагаемые алгоритмы позволяют повысить вычислительную устойчивость алгоритмов динамической фильтрации с учетом инерционности измерительного устройства и могут быть использованы в информационно-измерительных системах обработки результатов наблюдений.

ABSTRACT

The problems of the formation and construction of stable filtering algorithms are considered taking into account the inertia of the measuring device based on Kolman type dynamic filters. Various dynamic filtering algorithms are presented in terms of the analysis of their computational stability. Regularization procedures are proposed for solving the filtration equation based on the regularization method and singular decomposition. The proposed algorithms can increase the computational stability of dynamic filtering algorithms taking into account the inertia of the measuring device and can be used in information-measuring systems for processing the results of observations

Ключевые слова: алгоритмы динамической фильтрации, инерционность измерительного устройства, устойчивость, регуляризация, сингулярное разложение.

Keywords: dynamic filtering algorithms, inertia of the measuring device, stability, regularization, singular decomposition.

ВВЕДЕНИЕ

В прикладных задачах часто возникают вопросы синтеза информационно-измерительных систем обработки результатов наблюдений за состоянием динамической системы. Подобные задачи возникают на различных этапах проектирования и наиболее важное значение приобретают при обработке результатов измерений экспериментальных данных.

Рассмотрим вопросы формирования процедуры построения моделей состояния динамических систем и алгоритмов фильтрации с учетом инерционности измерительного устройства [1-3]. Такие случаи наиболее часто возникают в прикладных задачах, когда наблюдаемый сигнал контролируется инерционным измерительным устройством и подвержен воз-

действию шума измерения. В этих случаях нарушаются общие условия фильтрации, что приводит к необходимости применения способов преобразования векторно-матричных уравнений, описывающих динамику исходной динамической системы и измерительного устройства. Для соблюдения общих условий фильтрации в рассматриваемом случае составляется эквивалентная расширенная динамическая система, содержащая случайный процесс с коррелированными значениями [2-6]. Таким образом, в теории динамической фильтрации и прогнозирования Калмана-Бьюси в частности, представляют гауссовские марковские случайные процессы и случайные последовательности. Практическое использование гауссовских марковских случайных процессов определяется рядом факторов, к которым в первую очередь можно отнести возможность аппроксимации с высокой точностью реальных случайных процессов гауссовскими марковскими процессами; возможность сведения методом линейных преобразований произвольного гауссовского случайного процесса с конечным числом производных к эквивалентному гауссовскому марковскому случайному процессу; целесообразность аппроксимации негауссовских случайных процессов гауссовскими марковскими случайными процессами [3,5,7,8]. Указанные факторы, определяющие широкую распространенность гауссовских марковских случайных процессов, являются наиболее важными в прикладных вопросах построения моделей линейных динамических систем [1,2,5].

Статистическая обработка информации, основанная на теории оптимальной фильтрации Калмана-Бьюси, предполагает техническую реализацию на базе цифровых ЭВМ. В связи с этим большое практическое значение приобретают алгоритмы фильтрации, использующие рекуррентные методы обработки статистической информации. Следовательно, особый интерес в прикладных задачах имеет дискретная оптимальная фильтрация [1,3,5]. Математическое описание дискретных фильтров проводится в рамках разностных или рекуррентных уравнений, которые тесно связаны с дифференциальными уравнениями, составляющими основу классического исследования непрерывных процессов. Разностные уравнения, позволяющие исследовать последовательность состояний дискретных систем, легко реализуются с помощью цифровых ЭВМ, причем дискретный фильтр Калмана определяет только алгоритм обработки данных, предназначенных для реализации на ЭВМ, и не характеризует тип ЭВМ и необходимое математическое обеспечение.

В работе рассматриваются вопросы формирования и построения устойчивых алгоритмов фильтрации с учетом инерционности измерительного устройства на основе динамических фильтров калмановского типа.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассмотрим задачу динамического оценивания:

$$x_{i+1} = Ax_i + \Gamma w_i, \quad i = 0, 1, \dots, k-1,$$

где x_i – n -вектор состояния, w_i – r -мерная гауссовская чисто случайная последовательность с нулевыми средними и матрицей ковариаций Q .

Измерения описываются уравнением

$$z_i = Hx_i + v_i, \quad i = 0, 1, \dots, k, \quad (1)$$

где z_i – p -мерный вектор измерения, v_i – p -мерная гауссовская марковская последовательность, которую можно получить с помощью многошагового формирующего фильтра

$$v_{i+1} = \Psi v_i + \xi_i.$$

Здесь ξ_i – p -мерная гауссовская чисто случайная последовательность с нулевыми средними и матрицей ковариаций Q^* .

На основе принципа расширения моделей [2] рассматриваемую задачу оценивания можно привести к виду

$$y_{i+1} = A^\alpha y_i + \Gamma^\alpha \eta_i, \quad (2)$$

$$z_i = H^\alpha y_i, \quad (3)$$

где

$$A^\alpha = \begin{bmatrix} A & 0 \\ 0 & \Psi \end{bmatrix}, \quad \Gamma^\alpha = \begin{bmatrix} \Gamma & 0 \\ 0 & E \end{bmatrix}, \quad \eta_i = \begin{bmatrix} w_i \\ \xi_i \end{bmatrix},$$

$$H^\alpha = [H \quad E].$$

$$y_i \overset{\Delta}{=} \begin{bmatrix} x_i \\ v_i \end{bmatrix}.$$

Из уравнений (2) и (3) видно, что измерения (1) по отношению к вектору y_i являются «точными», т.е. они не содержат чисто случайного шума.

Таким образом, особенностью рассматриваемой задачи фильтрации является предположение о коррелированности помехи измерений v_i . В этом случае при дополнительном предположении о гауссовости $x_0, \{w_i\}, \{v_i\}$ имеем [3,5]:

$$\hat{x}_k = E\{x_k | z_0, z_1, \dots, z_k\}.$$

Оценка $\hat{x}_k$ имеет следующие свойства []:

1. несмещенность:

$$E\{\hat{x}_k\} = x_k;$$

2. минимальность дисперсий:

$$\begin{aligned} &trE\{(x_k - \hat{x}_k)(x_k - \hat{x}_k)^T\} = \\ &= \min_{\tilde{x}_k} trE\{(\tilde{x}_k - x_k)(\tilde{x}_k - x_k)^T\}, \end{aligned}$$

где $\tilde{x}_k$ – любая несмещенная, линейная по $z_0, z_1, \dots, z_k$ оценка для x_k ; tr – след матрицы. Эти

свойства характеризует $\hat{x}_k$ как наилучшую линейную несмещенную оценку.

Предположим, что $(k+1)$ -ое наблюдение осуществляется без ошибок. Тогда

$$z_{k+1} = H_{k+1} x_{k+1}. \quad (4)$$

Соотношение (4) можно интерпретировать следующим образом

$$z_{k+1} = H_{k+1} x_{k+1} + v_{k+1},$$

где v_{k+1} – случайное возмущение, имеющее нулевое среднее и нулевую матрицу ковариаций.

Тогда на основе известных уравнений фильтра Калмана [3,5,7] можно записать следующие уравнения многошагового фильтра для расширенной системы (2) и (3):

$$\hat{y}_k = A^\alpha \hat{y}_{k-1} + K_k^\alpha (z_k - H^\alpha A^\alpha \hat{y}_{k-1}), \quad (5)$$

$$K_k^\alpha = M_k^\alpha (H^\alpha)^T \left[H^\alpha M_k^\alpha (H^\alpha)^T \right]^{-1}, \quad (6)$$

$$M_{k+1}^\alpha = A^\alpha P_k^\alpha (A^\alpha)^T + \Gamma^\alpha Q^\alpha (\Gamma^\alpha)^T, \quad (7)$$

$$P_k^\alpha = M_k^\alpha - M_k^\alpha (H^\alpha)^T \left[H^\alpha M_k^\alpha (H^\alpha)^T \right]^{-1} H^\alpha M_k^\alpha, \quad (8)$$

где

$$Q^\alpha = \begin{bmatrix} Q & 0 \\ 0 & Q^* \end{bmatrix}.$$

Анализируя соотношения (6) и (8) можно видеть, что вычисления по этим выражениям обладают низкой вычислительной устойчивостью. Это обусловлено тем, что матрица $H^\alpha M_k^\alpha (H^\alpha)^T$ может быть плохо обусловленной, и вследствие этого вычисление матрицы, обратной к $H^\alpha M_k^\alpha (H^\alpha)^T$, может быть весьма неточным. По существу, это связано с тем, что в фильтре, описываемом выражениями (5) – (8) имеет место случай, когда измерения осуществляются точно, т.е. без ошибок.

Этих трудностей можно избежать, если использовать следующий динамический фильтр [1,3]:

$$\hat{x}_k = \bar{x}_k + K_k (\zeta_k - H^* \bar{x}_k), \quad (9)$$

$$\bar{x}_{k+1} = A \hat{x}_k + D (\zeta_k - H^* \hat{x}_k), \quad (10)$$

$$K_k = P_k (H^*)^T R^{-1}, \quad (11)$$

$$P_k = M_k - M_k (H^*)^T \left(H^* M_k (H^*)^T + R \right)^{-1} H^* M_k, \quad (12)$$

$$M_{k+1} = (A - D H^*) P_k (A - D H^*)^T + \Gamma Q \Gamma^T - D R D^T, \quad (13)$$

где R , D и S определяются уравнениями.

$$R = H \Gamma Q \Gamma^T H^T + Q^*,$$

$$D = \Gamma S R^{-1},$$

$$S = Q \Gamma^T H^T,$$

$$\zeta_k = z_{k+1} - \Psi z_k$$

или

$$\zeta_k = H^* x_k + \varepsilon_k,$$

где

$$H^* \equiv H A - \Psi H \quad \text{и} \quad \varepsilon_k \equiv H \Gamma w_k + \zeta_k.$$

Однако в этой задаче имеются две особенности: выбранное измерение ζ_k по отношению к действительному измерению z_k запаздывает на один шаг; шумы в системе и измерениях коррелированы. Размерность этого фильтра n , тогда как размерность фильтра (5) – (8) для расширенного вектора состояния равна $(n+p)$. Измерения z_k можно рассматривать как p точных измерений, содержащих $(n+p)$ переменных x_k и v_k .

В случае, если в уравнениях (11) и (12) матрица $R \equiv H \Gamma Q \Gamma^T H^T + Q^*$ невырожденная, процесс вычисления компонент K_k и D не является плохо обусловленным. В случае вырожденной R целесообразно использовать фильтр вида [3]:

$$\hat{x}_k = \bar{x}_k + K_k (\zeta_k - H^* \bar{x}_k),$$

$$\bar{x}_{k+1} = A \hat{x}_k + \Gamma S [H^* M_k (H^*)^T + R]^{-1} (\zeta_k - H^* \bar{x}_k), \quad (14)$$

$$K_k = M_k (H^*)^T [H^* M_k (H^*)^T + R]^{-1}, \quad (15)$$

$$P_k = (E - K_k H^*) M_k (E - K_k H^*) + K_k R K_k^T, \quad (16)$$

$$M_{k+1} = A P_k A^T + \Gamma Q \Gamma^T - \Gamma S [H^* M_k (H^*)^T + R]^{-1} S^T \Gamma^T - A K_k S^T \Gamma^T - \Gamma S K_k^T A^T. \quad (17)$$

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Для обеспечения устойчивости процедуры фильтрации оказывается желательным вместо уравнений (6), (8) и (14), (15) и (17) использовать соответственно следующие соотношения:

$$K_k^\alpha = M_k^\alpha (H^\alpha)^T \cdot g_\alpha(C_k),$$

$$P_k^\alpha = M_k^\alpha - M_k^\alpha (H^\alpha)^T \cdot g_\alpha(C_k) \cdot H^\alpha M_k^\alpha,$$

$$g_\alpha(C_k) = (C_k + \alpha I)^{-1}, \quad C_k = [H^\alpha M_k^\alpha (H^\alpha)^T];$$

$$\bar{x}_{k+1} = A \hat{x}_k + \Gamma S \cdot g_\alpha(C'_k) (\zeta_k - H^* \bar{x}_k),$$

$$K_k = M_k (H^*)^T \cdot g_\alpha(C'_k),$$

$$M_{k+1} = A P_k A^T + \Gamma Q \Gamma^T -$$

$$- \Gamma S \cdot g_\alpha(C'_k) S^T \Gamma^T - A K_k S^T \Gamma^T - \Gamma S K_k^T A^T,$$

$$g_\alpha(C_k) = (C'_k + \alpha I)^{-1}, \quad C'_k = [H^* M_k (H^*)^T + R].$$

где $g_\alpha(C_k)$ и $g_\alpha(C'_k)$ – порождающие системы функций для метода регуляризации [9,10], α – параметр регуляризации, I – единичная матрица. Здесь параметр регуляризации α целесообразно выбирать на

основе способа модельных примеров или моделирования [11].

Если матрица $(H^{\alpha} M_k^{\alpha} (H^{\alpha})^T)^{-1}$ не существует, то это означает, что в (4) входят некоторые уравнения (а именно $p-r$ уравнений, r - ранг матрицы H_{k+1}), линейно зависящие от r остальных. Поэтому эти уравнения можно исключить из (4). После исключения вместо z_{k+1} - получаем z_{k+1}^* - r -мерный вектор, и теперь можно полагать существующей подобную обратную матрицу в новой задаче.

Для реализации алгоритмов устойчивой фильтрации (5)-(8) и (14)-(17) также оказывается целесообразным использовать концепции сингулярного разложения [12-14]. Сингулярное разложение позволяет найти ортогональные базисы различных векторных пространств разлагаемой матрицы. При этом используются разные свойства сингулярного разложения, например, способность показывать ранг матрицы, приближать матрицы данного ранга, вычислять обратные и псевдообратные матрицы.

Рассмотрим процедуру устойчивой фильтрации на основе уравнений (5) – (8) с использованием ортогональной матрицы s_k [12,14]. Приведем C_k к диагональному виду

$$s_k^T C_k s_k = \Lambda_k,$$

$$\Lambda_k = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p, 0, \dots, 0) = \begin{pmatrix} \lambda_1 & & & & & \\ & \lambda_2 & & & & \\ & & \ddots & & & \\ & & & \lambda_p & & \\ & & & & 0 & \\ & & & & & \ddots \\ & & & & & & 0 \end{pmatrix}.$$

Исходя из матрицы Λ_k можно написать

$$z_{k,1}^{(1)} = H_{k,1}^{(1)} x_k + v_k^{(1)},$$

$$z_{k,2}^{(1)} = H_{k,2}^{(1)} x_k,$$

где $z_{k,i}^{(1)}, H_{k,i}^{(1)}$ ($i=1, 2$) определяются на основе уравнений [4,12]

Список литературы:

1. Bryson Jr A. E. Yu-Chi-Ho. 1975. Applied Optimal Control: Optimization, Estimation, and Control. Электронный ресурс: URL: <https://www.amazon.com/Applied-Optimal-Control-Arthur-Bryson/dp/0891162283>
2. Венгеров А.А., Щаренский В.А. Прикладные вопросы оптимальной линейной фильтрации. –М.: Энергоиздат, 1982. – 192 с. Электронный ресурс: URL: <https://books.google.co.uz/books>
3. Леондеса К. Т. Фильтрация и стохастическое управление в динамических системах. / Под ред. с англ., – М.: Мир, 1980. – 407 с. Электронный ресурс: URL: <https://www.dissercat.com/content/matematiceskoe-modelirovanie-i-identifikatsiya-nestatsionarnykh-m-sistem-obrabotki-informat>
4. Лоан Н.Т., Шон Х.Х. Об оптимальной фильтрации при коррелированных шумах и вырожденных корреляционных матрицах //Автоматика и телемеханика. – 1982. – №. 5. – С. 107-116. Электронный ресурс: URL: <https://www.dissercat.com/content/differentsirovannaya-sistema-tehnicheskogo-obslyuzhivaniya-i-remonta-napolnykh-ustroystv-zhe>
5. Огарков М.А. Методы статистического оценивания параметров случайных процессов. –М.: Энергоатомиздат, 1990. – 208 с. Электронный ресурс: URL: <http://padabum.com/d.php?id=35667>
6. Сеницын И.Н. Фильтры Калмана и Пугачева. Изд-во: Логос, 2006. – 640с. Электронный ресурс: URL: https://www.studmed.ru/sinicy-n-in-filtry-kalmana-i-pugacheva-uchebnoe-posobie_96bfab2a4b5.html

$$z_k^{(1)} = s_k^T z_k = (z_{k,1}^{(1)}, z_{k,2}^{(1)})^T$$

и

$$H_k^{(1)} = s_k^T H_k = (H_{k,1}^{(1)}, H_{k,2}^{(1)})^T$$

соответственно.

Принимая во внимание, что $s_k^T C_k s_k = \Lambda_k$, можно написать $C_k = s_k \Lambda_k s_k^T = s_{k,1} \tilde{\Lambda} s_{k,1}^T$. Тогда $C_k^+ = s_{k,1} \tilde{\Lambda}^{-1} s_{k,1}^T$, что удовлетворяет всем следующим уравнениям, которые единственно определяют псевдообратную к C_k матрицу:

$$C_k^+ C_k = I,$$

$$C_k C_k^+ = I,$$

$$C_k^+ C_k C_k^+ = C_k^+,$$

$$C_k C_k^+ C_k = C_k.$$

Таким образом, можно прийти к оценке вида:

$$\tilde{x}_i = F_i^{(1)} \tilde{x}_{i-1} + F_i^{(2)} z_i, \quad F_i = \begin{pmatrix} \underbrace{F_i^{(1)}}_n, \underbrace{F_i^{(2)}}_p \end{pmatrix},$$

которая зависит от $\tilde{x}_{i-1}$ и z_i .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные алгоритмы позволяют повысить вычислительную устойчивость алгоритмов динамической фильтрации с учетом инерционности измерительного устройства и могут быть использованы в информационно-измерительных системах обработки результатов наблюдений за состоянием динамической системы.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ «СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННЫХ ДЕНЕЖНЫХ ПЕРЕВОДОВ»
В ФЕРГАНСКОМ ФИЛИАЛЕ ОАО «УЗБЕКИСТОН ПОЧТАСИ»
ЧЕРЕЗ ГЛОБАЛЬНУЮ СЕТЬ ГОРОДСКИХ И РАЙОННЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ**

Акрамова Гулера Абдихаликовна

*ассистент кафедры «Информационные технологии», Ферганский филиал ТУИТ им. Мухаммада Ал-Хоразмий,
Узбекистан, г. Фергана
E-mail: gulyorim0203@gmail.com*

Каримов Сардор Илхом угли

*ассистент кафедры «Информационные технологии», Ферганский филиал ТУИТ им. Мухаммада Ал-Хоразмий,
Узбекистан, г. Фергана*

Абдулхамидов Азизжон Абдулла угли

*ассистент кафедры «Информационные технологии», Ферганский филиал ТУИТ им. Мухаммада Ал-Хоразмий,
Узбекистан, г. Фергана*

**DESIGNING “ELECTRONIC MONEY TRANSFER SYSTEMS” IN THE FERGANA BRANCH
OF UZBEKISTON POSTCHATI OJSC THROUGH THE GLOBAL NETWORK
OF URBAN AND REGIONAL COMMUNICATION NETWORKS**

Gulyora Akramova

*Assistant, Department of Information Technology, Ferghana branch of TUIT named after Muhammad Al-Khorazmiy,
Uzbekistan, Ferghana*

Sardor Karimov

*Assistant, Department of Information Technology, Ferghana branch of TUIT named after Muhammad Al-Khorazmiy,
Uzbekistan, Ferghana*

Azizjon Abdulhamidov

*Assistant, Department of Information Technology, Ferghana branch of TUIT named after Muhammad Al-Khorazmiy,
Uzbekistan, Ferghana*

АННОТАЦИЯ

В настоящее время во всем мире растет понимание важности развития и продвижения информационно-коммуникационные технологии. Их революционное влияние проявляется в государственных структурах и институтах гражданского общества, экономической и социальной сферах, науке и образовании, культуре и образе жизни людей.

ABSTRACT

Currently, there is a growing understanding around the world of the importance of developing and promoting ICT. Their revolutionary influence is manifested in state structures and institutions of civil society, economic and social spheres, science and education, culture and lifestyle of people.

Ключевые слова: Системы электронных денежных переводов, ИКТ в Узбекистане, электронные деньги, коммутатор

Keywords: Electronic money transfer systems, ICT in Uzbekistan, electronic money, switch

Система электронных денежных переводов работает в соответствии со следующими определениями. На данный момент дано каждому из них отдельное описание:

1. Почтовый работник – это система электронных денег, которая управляет системой и управляет ею.

2. Модем – это устройство необходимо для осуществления электронных денежных переводов в глобальной сети. Однако этот метод не используется в корпоративной сети.

3. Межотраслевой дисплей – обеспечивает отслеживание электронных денежных переводов, который выступает в роли поставщика.

4. Коммутатор – это устройство, которое позволяет переводить деньги.

5. EPO Server – это сервер, который принимает денежные переводы и контролирует все операции.

Два типа модемов могут быть использованы для глобального дизайна электронных денежных переводов. Это можно сделать с помощью модемов Dial-up и ADSL. Действия выполняются с одинаковыми модемами.

Хотелось бы отметить в течение этого периода проекта некоторые предложения для дальнейшего развития электронных денежных переводов.

Каждый пользователь должен делать электронные денежные переводы дома, чтобы улучшить связь между пользователями и государственными учреждениями. То есть необходимо создать домашний доступ к каждому почтовому отделению и иметь собственный логин-пароль для каждого пользователя.

Рисунок 1. Структура денежного перевода

С помощью пароля для входа в систему пользователь может войти в программу электронных денежных переводов, где можно осуществлять электронные денежные переводы. Для этих услуг необходимо дальнейшее совершенствование программы электронных денежных переводов. Только тогда каждый пользователь, будь то дома или на работе, со своим собственным компьютером или персональным телефоном, сможет мгновенно и удобно совершать денежные переводы в любом месте.

ИКТ Саммит – это главное место встречи ведущих специалистов в области ИКТ Узбекистана, которое ежегодно собирает около 400 делегатов из ведущих стран мира. Это ведущие эксперты рынка ИКТ, представители государственных органов, общественных и международных организаций, руководители и специалисты ведущих отечественных и зарубежных ИТ-компаний. В этом году Национальный саммит по информационно-коммуникационным технологиям не является исключением. В этом году в саммите примут участие около 500 делегатов из Германии, Индии, Казахстана, Кореи, России, США, Таджикистана и Чехии. Саммит привлекает внимание государственных органов, торгово-промышленных кругов Узбекистана и организаций, работающих в этом направлении. Организаторы Национального саммита по информационно-коммуникационным технологиям: Координационный совет по компьютеризации и развитию ИКТ при Кабинете Министров Республики Узбекистан, Комитет по информационно-коммуникационным технологиям Законодательной палаты Олий Мажлиса Республики Узбекистан. Содействие Правительству Республики Узбекистан в формировании и реализации ВВС и Ассоциация предприятий и организаций информационных техноло-

гий. Проект предусматривает покрытие 12 крупнейших банков Китая. Среди них такие крупные банки, как ICBC и БАНК КИТАЯ. Deutsche Bank имеет партнерские отношения со всеми этими банками, что позволило реализовать этот проект. Следует отметить, что эти банки имеют более 30 000 отделений в Китае.

По словам руководства UNISStream, актуальность услуги – растущий спрос на такие услуги. Причина кроется в роли китайской экономики в СНГ и мире. Такой проект пользуется большим спросом у покупателей. Это также стало важным шагом в укреплении интеграции между финансовыми институтами в Азии и Европе с использованием Deutsche Bank, одного из крупнейших банков в мире и одного из лидеров на рынке трансферов в СНГ.

«Мы активно развиваем ряд продуктов, связанных с платежными услугами, погашением клиентских кредитов, банковскими переводами и многим другим. Учитывая масштаб нашего партнера, этот проект является беспрецедентным и будет иметь решающее значение для рынка и интеграции двух международных финансовых институтов», – сказал Сурен Айриян, генеральный директор UNISStream.

Экономическое развитие в контексте модернизации страны приобретает все большее значение в связи с созданием инновационных экономических систем, достижением технической и технологической модернизации, конкурентоспособностью нашей экономики и благосостоянием населения.

Инновации в основном используются малыми предприятиями и предпринимателями для поиска решений ключевых проблем в сфере производства и предоставления услуг. Поиск и внедрение новых технологий, продуктов, отвечающих потребностям по-

требителей, и развитие предприятия в первую очередь достигается за счет применения инновационных аспектов предпринимательства, таких как инновационность, инновации. Стратегии развития бизнеса и государственная поддержка отражены в работах Президента Ислама Каримова. Вопросы развития малого бизнеса и частного предпринимательства находятся в центре внимания ученых и экономистов. Однако в условиях мирового экономического кризиса и конкурентной среды использование информационных технологий для повышения инновационной активности малого бизнеса также является одним из приоритетных вопросов экономики страны, прежде всего - модернизация, инновационное развитие.

Основной целью этой программы является разработка новых видов услуг, основанных на внедрении современных информационных и коммуникационных технологий, обеспечивающих гарантированные и высококачественные универсальные почтовые услуги по всему Узбекистану.

С учетом поставленных целей планируется выполнить следующее:

- Совершенствование нормативно-правовой базы, широкое внедрение рыночных механизмов для почтовых услуг, создание современной и эффективной инфраструктуры в сети, развитие конкуренции;
- модернизация, техническое перевооружение и дальнейшее развитие общих почтовых служб;
- внедрение новых видов услуг, расширение их видов, предоставление качественных почтовых услуг;
- разработка и внедрение новых информационных и коммуникационных технологий в почтовой сети;
- Стимулирование привлечения иностранных инвестиций, в том числе прямых иностранных, для модернизации и развития единой инфраструктуры почтовой связи.
- Модернизация почтовых отделений:
- оснащение почтовых отделений и отделений необходимым количеством электронных измерительных инструментов для обеспечения точной тарификации доставки различных видов почтовых отправок;
- создание межрегиональных обменных пунктов для оптимизации межрегиональных, региональных и районных внутренних автомобильных почтовых маршрутов;

- обновление парка почтовых автомобилей и почтовых перевозчиков, а также их дополнительного оборудования средствами мобильной связи;

- расширение технических возможностей систем видеонаблюдения и электронного наблюдения в почтовых отделениях;

- обработка почтовых отправок и периодических изданий, оснащение обменных пунктов портативным рентгеновским телевизионным оборудованием, а также дополнительным оборудованием ручными металлоискателями;

В настоящее время, с появлением информационных технологий в нашей повседневной жизни, изменения в человечестве и его окружающей среде влияют на развитие общества. Дальнейшее бурное развитие страны, прежде всего, за счет формирования информационных систем приведет к росту инновационной активности субъектов предпринимательства и увеличению технической и технологической модернизации предприятий, повышению конкурентоспособности национальной экономики и, как следствие, росту доходов и благосостояния населения. Понятие «электронная коммерция» используется для обозначения коммерческой деятельности в сети Интернет и осуществления транзакций. Предоставляет возможность покупать, продавать, оказывать услуги, проводить рыночные мероприятия с использованием компьютерной сети. В международной практике наиболее распространенными типами транзакций являются Интернет, который облегчает деловые отношения между субъектами предпринимательской деятельности практически во всех областях, продажу товаров через Интернет широкой общественности и обмен товарами и услугами между потребителями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основная цель этой работы – создать систему электронных денежных переводов через городские и районные сети через глобальную сеть. Для этой цели было разработано одной из самых современных и развивающихся информационно-коммуникационных систем в Узбекистане, таких как «Электронные платежи». В настоящее время это направление очень быстро развивается в Узбекистане.

В заключении можно отметить, как работает эта платежная система. Первое, что вам нужно сделать, это знать местонахождение почтовых отделений.

Таблица 1.

Почтовый индекс Ферганской области

Индекс почтовых отделений	Индекс	Почта, район, город, область
Аввал	150403	Ферганская область
Акбаробод	150806	Кувинский район, Ферганская область
Октепа	150515	Ферганская область, Дангаринский район
Арабмозор	151501	Ферганская область, Ташлакский район
Ариқбоши	150302	Ферганская область, Бешарикский район
Уяли	110919	Ташкентская область, Куйчирчикский район
Файзабод	151213	Алтыарыкский район, Ферганская область
Фаргона 17	150117	г.Фергана
Фаргона 15	150114	г.Фергана

Мы можем использовать эти индексы для предоставления почтовых адресов и электронных платежей. Рассмотрим запуск программы электронных платежей:

При запуске программы сначала нужно нажать кнопку мыши на значках в правом верхнем углу

экрана монитора. Когда это будет сделано, нажмите на всплывающее окно во всплывающем окне и подождите немного. Когда это будет сделано, в правом нижнем углу экрана появится значок подключения системы.

Рисунок 2. Вход в программу

После первого действия во второй операции дважды щелкните значок в правом верхнем углу экрана монитора, дважды щелкните значок в правом нижнем углу экрана и введите цифровую подпись на компьютере. Во всплывающем окне выберите нужный вам оператор или контроллер, а затем нажмите кнопку DA в окне запроса. После второго

действия в третьем действии дважды щелкните значок на значке 3, расположенном в верхнем правом углу экрана монитора. Во всплывающем окне введите пароль пользователя для сообщения «Пользователь» в поле «Пароль» и нажмите кнопку «Войти».

Рисунок 3. Первоначальный графический вид окна

На этих примерах хотелось бы отметить, что Узбекистан также быстро развивается в направлении ИКТ и что он улучшил диалог между общественностью и правительством.

В заключение статьи было представлено разработку и использование системы «Электронный платеж» очень удобна для молодежи.

Список литературы:

1. И. А. Каримов «Узбекистан на пороге XXI века» Т. Узбекистан. 1997. Электронный ресурс: URL: <https://ouzbekistan.fr/ru/>
2. Постановление Президента Республики Узбекистан «О Дополнительных Мерах По Дальнейшему Развитию Информационно-Коммуникационных Технологий» Ташкент, 2005. Электронный ресурс: URL: <https://www.lex.uz/docs/636491>
3. Приказ Министра Юстиции Республики Узбекистан «Об Утверждении Правил Опубликования И Распространения Нормативно-Правовых Актов, Создания Электронных Баз Данных Законодательства», Ташкент 2008. Электронный ресурс: URL: <https://www.lex.uz/acts/1916316>
4. «Справочник по индексации объектов почтовой связи Республики Узбекистан». Ташкент 2006. Электронный ресурс: URL: <https://uzreport.news/economy/novyie-pochtovyie-indeksyi-respubliki-uzbekistan>

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ**ПРОТОВОИЗНОСНЫЕ ТВЕРДОСПЛАВНЫЕ ПОКРЫТИЯ
ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ****Тилабов Баходир Курбанович**

*д-р техн. наук, профессор Алмалыкского филиала
Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова,
Узбекистан, г. Алмалык
E-mail: btilabov@mail.ru*

Шербутаев Жамшид Абдураззокович

*ассистент Алмалыкского филиала
Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова
Узбекистан, г. Алмалык
E-mail: Jamshid_invidi@mail.ru Amirshah 86*

Нормуродов Улугбек Эркинович

*ассистент кафедры «Материаловедение»
Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова,
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: unormurodov80@mail.ru*

Исаев Саидаббос Икромович

*магистр кафедры «Обработка металлов давлением»
Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова,
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: sisaev@mail.ru*

**DURABLE CARBIDE COATING FOR PARTS FOR AGRICULTURAL
MACHINES AND MECHANISMS****Bakhodir Tilabov**

*Professor of technical Sciences, associate professor, Almalyk branch of
Tashkent state technical University named after Islam Karimov,
Uzbekistan, Almalyk*

Sherbutayev Jamshid

*Assistant of Almalyk branch of Tashkent state technical University named after Islam Karimov,
Uzbekistan, Almalyk*

Normurodov Ulugbek

*Assistant of Almalyk branch of Tashkent state technical University named after Islam Karimov,
Uzbekistan, Almalyk*

Isayev Saidabbos

*Master of the department "Metal forming" Tashkent state technical University named after Islam Karimov,
Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

В статье изучены состав износостойкого наплавочного твердого сплава, микроструктура, твердость, микро-твердость и глубина твердосплавного покрытия на образцах и деталях, полученных путем литья по газифицируемым моделям. Приведены результаты абразивного изнашивания литых образцов с твердосплавным покрытием

до и после термической обработки с двойной фазовой перекристаллизацией. Доказано, что оптимальная термическая обработка с двойной фазовой перекристаллизацией повышает абразивную износостойкость деталей машин и механизмов в 2-3 раза.

ABSTRACT

The composition of the wear-resistant hardfacing hard alloy, microstructure, hardness, microhardness and depth of carbide coating on samples and details obtained by casting on gasifying models are studied in the article. Results of abrasive wear of cast samples with carbide coating before and after heat treatment with double phase recrystallization are presented. It is proven that thermal treatment with double phase recrystallization increases the abrasive wear resistance of cast parts of machines and mechanism by 2-3 times.

Ключевые слова: износостойкий наплавочный твердый сплав, газифицируемая пеномодель, сталь 35ГЛ, толщина покрытия, термическая обработка с двойной фазовой перекристаллизацией, микроструктура, твердость и абразивная износостойкость деталей.

Keywords: wear-resistant hardfacing hard alloy, gasified foam model, 35GL steel, coating thickness, heat treatment with double phase recrystallization, microstructure, hardness and abrasive wear resistance of parts.

Введение. В настоящее время рекомендации по выбору материалов для изготовления литых деталей машин и механизмов, подвергающихся абразивно-коррозионному изнашиванию, как правило, не учитывают влияния общекоррозионных процессов, вклад которых в общий износ деталей и агрегатов при сравнительно низком уровне внешнего микроизнашивания является весьма существенным [1,2]. Поэтому изучение закономерностей абразивно-коррозионного изнашивания в коррозионно-активных средах имеет важное научное и практическое значение.

Большинство деталей машин и механизмов работают в условиях абразивно-коррозионного износа, когда от материала детали требуются одновременно абразивная износостойкость и коррозионная стойкость. Срок работы этих деталей ограничен из-за одновременного абразивного и коррозионного воздействия среды. Все это требует постоянного обновления парка технологического оборудования и запасных деталей.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования являются наральники и лапы культиваторов, ротационные звездочки сельскохозяйственных машин и механизмов, работающих в почвенных условиях под воздействием абразивной среды. Данные детали работают в тяжелых условиях и выходят из строя в результате износа. Целью работы является технология изготовления пеномодели и получения литых деталей различных машин с износостойким наплавочным твердосплавным покрытием путем литья по газифицируемым моделям и их последующей термической обработки с двойной фазовой перекристаллизацией. Она заключается в установлении возможности осуществления эффективной закалки поверхности и повышения износостойкости литых деталей, изготовленных из стали 35ГЛ посредством обработки их рабочей поверхности надежным твердосплавным покрытием и термическим упрочнением [3,4].

Многие детали машин и оборудования, работающие в непосредственном контакте с почвой и породой или металл с металлом, подвергаются наплавке твердыми сплавами. Это требует применения достаточно сложного технологического оборудования,

связанного с большим расходом дефицитных твердых сплавов и флюсов [5].

Более рационально получать эти детали путем литья по газифицируемым моделям с одновременным нанесением противоизносостойкого наплавочного твердосплавного сплава на рабочую поверхность пеномодели с толщиной покрытия 2-3 мм [6].

Полученные результаты и их обсуждение. В качестве быстроизнашивающихся деталей можно взять наральники и лапы культиваторов, ротационные звездочки, работающих в почвенных условиях под воздействием абразивной среды. Поэтому рабочие поверхности таких деталей подвергают поверхностному упрочнению путем нанесения твердых сплавов типа сормайт ПГ-С27. Нанесение твердосплавного покрытия осуществляют путем расплавления металла покрытия на рабочей поверхности деталей. В работе исследуются микроструктура, твердость и абразивное изнашивание деталей с твердосплавным покрытием, полученных путем литья по газифицируемым моделям до и после термической обработки с двойной фазовой перекристаллизацией [4,6]. Сормайт ПГ-С27 как противоизносостойкого твердого сплава для деталей машин. Образцы изготавливались из стали 35ГЛ таким образом, чтобы на рабочей поверхности детали оказался 2,0-3,0 мм слой твердого сплава. Данный сплав имеет температуру плавления 1200-1280°C, обладает относительно высокой износостойкостью и ударной вязкостью. Низкая температура плавления на 270-320°C ниже температуры заливаемого металла, что способствует полному проплавлению и хорошему контакту с основным металлом. Выбор твердых сплавов в качестве объекта исследования обусловлен необходимостью изучения влияния на покрытия добавок легирующих элементов в структуре и на абразивную износостойкость стальных деталей [4].

Технология изготовления деталей путем литья по газифицируемым моделям включает в себя получение пенополистироловой модели. На рабочие поверхности пеномодели наносится жидкая суспензия, состоящая из порошка типа сормайт ПГ-С27. При изготовлении суспензии в качестве связующего использовали пульвербакелит и 4%-ный раствор поли-

винилбутирала в спирте. Толщина покрытия на пено-модели составляла 2,0, 2,5 и 3,0 мм. После сушки покрытия модели формовали в кварцевом песке (одновременно происходит уплотнение пневматической вибрацией) и заливали жидким металлом, соответствующим по составу, стали 35ГЛ при температуре 1600-1650°C, через литниковую систему при сифонном подводе металла. При заливке происходили выгорание пенополистироловой модели и насыщение поверхности отливки углеродом до 0,7 % на глубину 3,0 мм.

Таким способом получается *отливка детали* с износостойким твердосплавным покрытием [4]. Заполнение формы жидким металлом является одним из основных этапов формирования отливки деталей, определяющим многие показатели её качества. При контакте вставки из порошка типа сормайт с жидким металлом происходят образование твердой корочки отливки, расплавление вставки, взаимодействие жидкой фазы вставки с материалом корочки и после кристаллизации образование на поверхности структуры белого высоколегированного чугуна эвтектического или заэвтектического составов. Переход от износостойкого покрытия к основному металлу достаточно резкий, хотя и имеются переходные зоны от заэвтектической части к эвтектической, доэвтектической и к зоне заэвтектоидной стали. На поверхности образцов образуется зона эвтектической структуры высокохромистого сплава и далее по глубине идут доэвтектическая и эвтектоидная зоны, переходящие в структуру основного металла. Наличие и толщина заэвтектической зоны зависят от толщины покрытия на модели, заэвтектическая зона максимальна при толщине покрытия 2,0 и более мм.

Макро - и микроисследований изучали оптическим металлографическим микроскопом МБС-1, МБС-9, МИМ-8М и Neofot-21. Образцы для исследований были квадратные и круглые с размерами 12x12, 15x15, 15x20, 20x20, 22x22 мм.

Микроструктуры и микротвердость твердосплавных покрытий после термической обработки значительно изменяются. Если закалка производится с

температуры нагрева 925°C, то перлитная составляющая структуры испытывает мартенситное превращение. Расположение карбидной составляющей не изменяется. Не меняется также общая глубина покрытия, включающая как твердосплавный слой, так и высокоуглеродистый подслоя. Так, например, после закалки с температурой нагрева 900°C и 925°C образцов, полученных при литье с толщиной 2,0-2,5 мм, строение эвтектической составляющей и расположение вторичных карбидов не изменились. Только вместо перлитной составляющей наблюдается мелко-игльчатый мартенсит.

При нагреве под закалку до температуры 1050-1100°C происходит растворение в аустените всех вторичных карбидов, остаются только первичные карбиды в составе эвтектики. У образцов, твердосплавные покрытия которых получены при литье по газифицируемым моделям с толщиной 2,0-2,5 мм, на поверхности формируется структура, состоящая из эвтектических карбидов и мартенсита. На микроструктуре хорошо просматриваются мартенситные иглы, остаточный аустенит, первичные карбиды и подслоя высокоуглеродистого мартенсита (рис.1,а,б,в). Аналогичная картина также наблюдается при рассмотрении микроструктур покрытий у образцов, полученных при литье по газифицируемым моделям с толщиной покрытия 3,0 мм [7].

Твердость образцов определяли на приборах Бринелля ТВБ-4 и Роквелла ТК-2, а микротвердость измеряли на приборе ПМТ-3 при нагрузке 0,5 Н. Микротвердость в пределах толщины твердосплавного покрытия меняется в широких пределах. Наиболее высокая микротвердость у образцов, полученных с толщиной слоя покрытия на модели 2,0-3,0 мм. У самой поверхности образуется заэвтектическая структура с большим количеством первичных карбидов хрома с твердостью $HV_{100} = 15300$ МПа. В то же время микротвердость перлитной составляющей эвтектики составляет 7300 МПа. На глубине 2,0-2,6 мм от поверхности в зависимости от толщины обмазки уже наблюдается структура основного металла твердостью 2600 МПа [8].

Рисунок 1. Микроструктура твердосплавного покрытия и высокоуглеродистого подслоя у образца, полученного с толщиной покрытия 2,0 мм (а) $\times 150$ и 2,5 мм (б) $\times 100$. Оба после закалки с температуры нагрева 1100°C, отпуск 300°C и структура мелкозернистого мартенсита, остаточного аустенита на глубине 0,4 мм от поверхности твердосплавного покрытия (в). $\times 500$

Образцы с твердосплавным покрытием для исследований рентгеноструктурного анализа были размерами 20x20 и 22x22 мм. Фазовый состав твердого сплава определяли рентгеноструктурным анализом (ДРОН-2,0). Результаты фазового рентгеноструктурного анализа дают более полное представление о составе полученных покрытий. Ширина рентгеновских линий определялась на половине высоты максимума как среднеарифметическая величина по четырнадцати дифрактограммам или кривым распределения интенсивности рентгеновского излучения. Расчеты ошибок измерения показали, что они находятся в пределах 5-10% в зависимости от объекта исследований. По результатам исследований выявлено, что на поверхности образцов с износостойкими покрытиями образуются специальные карбиды типа Me_7C_3 и $Me_{23}C_6$.

Сравнительные испытания на абразивную износостойкость по закрепленному абразиву осуществляли на лабораторной установке машины трения ПВ-7. Относительную износостойкость определяли по отношению потерь массы эталона литого образца с твердосплавным покрытием. Относительную износостойкость литых испытуемых образцов определяли по весовым методам (ВЛА 200-М) после каждого испытания абразивного износа. Все образцы с твердосплавным покрытием до и после термической обработки с двойной фазовой перекристаллизацией были проверены на абразивную износостойкость. Испытания на абразивное изнашивание твердосплавных покрытий во времени проводили на машине трения ПВ-7 незакрепленным абразивным материалом. Твердосплавное покрытие резко увеличивает износостойкость: чем больше толщина покрытия, тем меньше величина износа деталей. Результаты испытания абразивного износа литых образцов №4 и №6 до и после термообработки с твердосплавным износостойким покрытием приведены в табл. 1.

Как видно из приведенных таблиц 2-4, проведенные нами испытания на абразивное изнашивание об-

разцов с толщиной покрытия 2,0-2,5-3,0 мм полностью соответствуют результатам полевых испытаний, которые действительно повышают износостойкость литых деталей после оптимальной термической обработки с двойной фазовой перекристаллизацией в три и более раза.

Данная термическая обработка влияет не только на износостойкость поверхностных, но и подповерхностных слоев твердосплавных покрытий. Это важно для ряда деталей почвообрабатывающих и дорожных машин, где допустимый износ может быть около одного миллиметра. При сравнении износостойкости литых образцов с покрытиями до и после термической обработки можно обнаружить, что влияние такой обработки по глубине слоя возрастает: от 8% на глубине 2,3 мм, до 85% на глубине 2,6 мм.

Разработанные нами технологии изготовления и нанесения твердосплавных износостойких наплавочных покрытий при литье по газифицируемым моделям и последующей оптимальной термической обработке с двойной фазовой перекристаллизацией использованы при производстве опытной партии литых деталей и испытаны при полевых условиях в различных областях и районах республики Узбекистан. Результаты полевых испытаний показали повышение износостойкости стальных литых деталей с износостойким твердосплавным покрытием без термической обработки стабильности уплотнения и износостойкости в 2,0-2,5 раза, а после термической обработки с двойной фазовой перекристаллизацией в три и более раза, чем серийных изделий.

Настоящая инновационная технология внедрена в крупных производственных предприятий таких как АО «Узбекский металлургический комбинат», Холдинговая компания АО «Металлмехкурилиш» и АО «Агрегатный завод» при Министерстве сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан с наилучшим экономическим эффектом.

Таблица 1.

Абразивный износ литых образцов с толщиной твердосплавного покрытия 2,5 мм до и после термической обработки

№ п/п	Марка стали	Время испытания, мин	Износ до испытания, г	Износ после испытания, г	Разница износа до и после испытания, г
Литой образец №4 с толщиной покрытия 2,5 мм до термической обработки					
1.	35ГЛ	30	145,3329	145,3313	0,0016
2.	35ГЛ	30	145,3313	145,3301	0,0012
3.	35ГЛ	30	145,3301	145,3292	0,0009
4.	35ГЛ	30	145,3292	145,3286	0,0006
5.	35ГЛ	30	145,3286	145,3283	0,0003
6.	35ГЛ	30	145,3283	145,3283	0,0000
Литой образец №6 с толщиной покрытия 2,5 мм до термической обработки					
1.	35ГЛ	30	145,3977	145,3962	0,0015
2.	35ГЛ	30	145,3962	145,3951	0,0011
3.	35ГЛ	30	145,3951	145,3943	0,0008
4.	35ГЛ	30	145,3943	145,3939	0,0004
5.	35ГЛ	30	145,3939	145,3937	0,0002

6.	35ГЛ	30	145,3937	145,3937	0,0000
Литой образец №4 с толщиной покрытия 2,5 мм после термической обработки					
1.	35ГЛ	30	141,5047	141,5041	0,0006
2.	35ГЛ	30	141,5041	141,5037	0,0004
3.	35ГЛ	30	141,5037	141,5035	0,0002
4.	35ГЛ	30	141,5035	141,5034	0,0001
5.	35ГЛ	30	141,5034	141,5034	0,0000
Литой образец №6 с толщиной покрытия 2,5 мм после термической обработки					
1.	35ГЛ	30	141,5344	141,5339	0,0005
2.	35ГЛ	30	141,5339	141,5336	0,0003
3.	35ГЛ	30	141,5336	141,5334	0,0002
4.	35ГЛ	30	141,5334	141,5333	0,0001
5.	35ГЛ	30	141,5333	141,5333	0,0000

Результаты испытания абразивного износа литых образцов №15 и №18 до и после термообработки с

твердосплавным износостойким покрытием приведены в табл.2.

Таблица 2.

Абразивный износ литых образцов с толщиной твердосплавного покрытия 3,0 мм до и после термической обработки

№ п/п	Марка стали	Время испытания, мин	Износ до испытания, г	Износ после испытания, г	Разница износа до и после испытания, г
Литой образец №15 с толщиной покрытия 3,0 мм до термической обработки					
1.	35ГЛ	30	146,2835	146,2820	0,0015
2.	35ГЛ	30	146,2820	146,2809	0,0011
3.	35ГЛ	30	146,2809	146,2801	0,0008
4.	35ГЛ	30	146,2801	146,2796	0,0005
5.	35ГЛ	30	146,2796	146,2794	0,0002
6.	35ГЛ	30	146,2794	146,2794	0,0000
Литой образец №18 с толщиной покрытия 3,0 мм до термической обработки					
1.	35ГЛ	30	146,3037	146,3021	0,0016
2.	35ГЛ	30	146,3021	146,3009	0,0012
3.	35ГЛ	30	146,3009	146,3001	0,0008
4.	35ГЛ	30	146,3001	146,2997	0,0004
5.	35ГЛ	30	146,2997	146,2995	0,0002
6.	35ГЛ	30	146,2995	146,2995	0,0000
Литой образец №15 с толщиной покрытия 3,0 мм после термической обработки					
1.	35ГЛ	30	142,2442	142,2437	0,0005
2.	35ГЛ	30	142,2437	142,2434	0,0003
3.	35ГЛ	30	142,2434	142,2432	0,0002
4.	35ГЛ	30	142,2432	142,2431	0,0001
5.	35ГЛ	30	142,2431	142,2431	0,0000
Литой образец №18 с толщиной покрытия 3,0 мм после термической обработки					
1.	35ГЛ	30	142,2645	142,2639	0,0006
2.	35ГЛ	30	142,2639	142,2635	0,0004
3.	35ГЛ	30	142,2635	142,2633	0,0002
4.	35ГЛ	30	142,2633	142,2632	0,0001
5.	35ГЛ	30	142,2632	142,2632	0,0000

Выводы. Таким образом, можно сделать вывод о том, что эффективным способом повышения абразивной износостойкости является нанесение на рабочие поверхности детали износостойкого твердосплавного покрытия при литье по газифицируемым моделям. Термическая обработка твердосплавного

покрытия из высокохромистого твердого сплава, проведенная с двойной фазовой перекристаллизацией, формирует оптимальную структуру с высокой плотностью дислокаций, дисперсными вторичными и скоагулированными первичными карбидами. Из

приведенных данных видно, что оптимальная термическая обработка с двойной фазовой перекристалли-

зацией твердосплавного покрытия повышает абразивную износостойкость [8-10] готовых литых деталей в 2-3 раза выше, чем серийных изделий.

Список литературы:

1. Колокольцев В.М. Абразивная износостойкость литых сталей и чугунов. – М.: Магнитогорск, МГТУ. 2004. - 228 с.
2. Попов В.С. Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин // Металл и литье Украины, 2014. №1. - С.13-19.
3. Тилабов Б.К. Упрочнение поверхностных слоев литых стальных деталей почвообрабатывающих машин // Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук. Межвузовский сборн. научн. трудов. Вып.1. – Ташкент, 2005. - С.17-19.
4. Мухамедов А.А., Тилабов Б.К., Фарманов А.К. Повышение износостойкости литых деталей с твердосплавными покрытиями методом термической обработки // Горный журнал «Цветные металлы». – Алмалык-Москва, 2009. №8. - С.95-97.
5. Бабичев М.А. Износостойкость и структура твердых наплавов. – М.: Машиностроение, 2006. - 194 с.
6. Тилабов Б.К., Мухамедов А.А. Решение проблемы технологии получения литых деталей машин и механизмов с твердосплавным износостойким покрытием из местного сырья Республики Узбекистан // Узбекский журнал «Проблемы механики». – Ташкент, 2014. №1. - С.37-42.
7. Тилабов Б.К. Определение микротвердости образцов, изготовленных из высоколегированного твердого сплава путем литья по газифицируемым моделям // НТЖ ФерПИ. – Фергана, 2014. №2. - С.38-44.
8. Тилабов Б.К., Мухамедов А.А. О глубинном поверхностном покрытии стальных деталей при литье по газифицируемым моделям // Композиционные материалы. – Ташкент, 2014. №3. - С.70-73.
9. Tilabov B.K. Increase the service life of cast parts tillihg machines // International Conference «Global Science and Innovation» March 23-24, 2016. USA. Chicago, 2016. - С.222-225.
10. Тилабов Б.К. Разработка технологии изготовления наральников рыхлящих лап культиваторов почвообрабатывающих машин с твердосплавным покрытием и термическим упрочнением // Материалы V Международная научная конференция. Технические науки в России и за рубежом. – Москва: Буки-Веди, 2016. - С.33-36.

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ТЕНЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ПЛЕНОК
НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ Bi-Sb-Te**Ахмедов Махамаджон Мамадалиевич**

канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры физики, Ферганский государственный университет,
Узбекистан, г. Фергана
E-mail: ah-muhammadjon@mail.ru

Гайназарова Кизлархон Исраиловна

преподаватель кафедры физики, Ферганский государственный университет,
Узбекистан, г. Фергана
E-mail: isroilovna3011@mail.ru

Кадыров Кудайберди Сайдиевич

д-р физ.-мат. наук, профессор, кафедры физики, Баткенский государственный университет,
Кыргызстан, г. Баткен
E-mail: saydalievich@mail.ru

Онаркулов Максиджон Каримбердиевич

преподаватель кафедры информационных технологий, Ферганский государственный университет,
Узбекистан, г. Фергана
E-mail: taxmaqсад@gmail.com

ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF STRAIN SENSITIVE FILMS BASED
ON THE SYSTEM Bi-Sb-Te**Mahamadjon Ahmedov**

Cand. of Phys.-Math. Dotsent of the chair physics, Fergana State University,
Uzbekistan, Fergana

Qizlarhon Gaynazarova

teacher chair physics, Fergana State University,
Uzbekistan, Fergana

Kudayberdi Kadirov

Dr. of Phys. and Math. Sc., Professor, chair physics Batken State University,
Kirgizstan, Batken

Maksadjon Onarkulov

teacher chair information technology, Fergana State University,
Uzbekistan, Fergana

АННОТАЦИЯ

Исследованы химический состав системы Bi-Sb-Te из которых изготавливаются высокочувствительные тензоэлектрические элементы и изменение составляющих элементов по толщине с помощью рентгеноспектрального анализа. Определено, что локальный химический состав пленок системы Bi-Sb-Te существенно изменяется по толщине. Это обусловлено диссоциацией на молекулы исходного соединения при испарении: BiTe, SbTe, Te₂ и Sb различием в давлениях паров этих молекул.

ABSTRACT

The chemical composition of the Bi-Sb-Te system is studied from which highly sensitive tensoelectric elements and the variation of component elements in thickness are made using X-ray spectral analysis. It was determined that the local chemical composition of the films of the Bi-Sb-Te system varies significantly in thickness. This is due to dissociation

into molecules of the initial compound upon evaporation: BiTe, SbTe, Te_2 and Sb are the differences in vapor pressures of these molecules.

Ключевые слова: фазовый состав, рентгеноспектральный микроанализ, толщина, пленка, интенсивность, тензoeлектрические элементы.

Keywords: phase composition, X-ray microanalysis, thickness, film, intensity, tensoelectric elements.

Введение

Для получения пленок халькогенидов обычно применяют различные физические методы: молекулярно-лучевую эпитаксию, технологию «горячей стенки», импульсного лазерного, вакуумного испарения и др.[1]. Электрофизические свойства пленок, полученных термическим испарением в вакууме, очень сильно зависят от составов испаряемого и конденсируемого молекулярных пучков. Механизм роста и морфология пленок, размер зерна и их кристаллографическая ориентация зависят от метода получения пленок и технологических параметров[2,3].

Область исследования. С целью установления корреляции между структурой, химическим и фазовым составом и их тензoeлектрическими свойствами пленок системы *Bi-Sb-Te*, нами было исследовано распределение химического состава по толщине пленок системы *Bi-Sb-Te*. Исследования проводились с помощью рентгеноспектрального анализа, по следующей методике.

Методика эксперимента

Рентгеноспектральный или электронно-зондовый микроанализ заключается в измерении спектра характеристического рентгеновского излучения атомов исследуемого вещества при их возбуждении монохроматическим электронным пучком. Длины волн характеристических рентгеновских квантов зависят от строения электронных оболочек атомов.

Каждый элемент характеризуется вполне определённым набором (спектром) длин волн характеристического излучения. За счет потерь энергии электронов в образце, также возникает тормозное рентгеновское излучение. Оно имеет непрерывное распределение рентгеновских квантов по энергии и зависит от среднего атомного номера исследуемого материала. Интенсивность рентгеноспектральной линии зависит от концентрации данного элемента в образце. Для определения концентрации элемента измеряется интенсивность рентгеноспектральной линии определённой длины волны, которая «вырезается» из общего спектра с помощью дифракции на кристалле – анализаторе. Известно, что угол рассеяния (Брегга) 2θ , дифрагированного рентгеновского излучения с длиной волны λ связан с межплоскостным расстоянием d кристалла-анализатора уравнением Вульфа-Брегга:

$$2d\sin\theta = n\lambda \quad (1)$$

где n – целое число (порядок отражения). Таким образом, поворачивая кристалл-анализатор с учётом d можно получить развертку интенсивности рентгеновского излучения в зависимости от длины волны. Угол Брегга θ измеряется с помощью

спектрометра, в котором закрепляется кристалл-анализатор. Измерения интенсивности излучения осуществляется с помощью пропорционального счётчика. Технические детали прецизионного измерения рентгеновских спектров рассмотрены в обзоре [4].

Все методики количественного микроанализа основаны на использовании эталонов известного состава. Во многих случаях в качестве эталона используются чистые элементы. При количественном микроанализе определяются величины отношения интенсивностей рентгеновского излучения исследуемого элемента в образце $J_{обр}$ и эталоне $J_{эт}$ с учётом фона. Измерение интенсивностей излучения как в образце, так и эталоне проводится в одинаковых экспериментальных условиях. Отношение измерённых интенсивностей K_A в первом приближении пропорционально весовой концентрации элемента “A” в исследуемом образце [5].

$$K_A = K J_{обр} J_{эт} \quad (2),$$

где $C_{эт}$ – весовая концентрация элемента “A” в эталоне.

После того, как значения “ K_A ” получены, необходимо провести их коррекцию с учётом возможности возникновения следующих эффектов:

1. Различие в рассеянии и торможении электронов в образце и эталоне, т.е., так называемый эффект атомного номера, выраженный фактором K_Z .
2. Поглощение генерируемого характеристического рентгеновского излучения в образце K_B .
3. Эффект флуоресценции из-за характеристического рентгеновского излучения K_F .
4. Эффект флуоресценции из-за непрерывного рентгеновского излучения K_C .

С учётом перечисленных эффектов весовая доля C_A исследуемого элемента в образце определяется соотношением [5]:

$$C_A = K_A \cdot K_B \cdot K_Z \cdot K_F \cdot K_C \quad (3)$$

Методика расчёта поправок в уравнении (3) детально рассмотрены в [3]. Наиболее существенны поправки на поглощения K_B и атомный номер K_Z . Величины K_F и K_C незначительно изменяют результаты расчёта по формуле (2) [5].

Физический смысл поправки на поглощение K_B состоит в следующем. Так как генерируемое первичным пучком электронов, рентгеновское излучение, создается в образце на некоторой глубине, отличной от нулевой, то на пути к детектору оно

должно пройти определённый слой материала образца. На этом пути рентгеновское излучение претерпевает поглощение из-за взаимодействия как с атомами элемента, эмитирующего интересующее излучение, так и с атомами других элементов, содержащихся в образце. Поэтому интенсивность излучения, достигающего детектора, уменьшается, что учитывается поправкой K_B в (3).

Поправка на атомный номер K_Z в рентгеновском микроанализе определяется двумя явлениями: отражением и торможением электронов первичного пучка. Оба эти явления зависят от среднего атомного номера исследуемого образца

$$Z = \sum_i C_i \cdot Z_i \quad (4),$$

где C_i и Z_i – концентрация и атомный номер атома i -го элемента в образце.

Если существует различие между значениями Z образца и эталоне, необходимо в формулу (3) вводить поправку на атомный номер.

В настоящей работе величины K_B и K в (3) рассчитывались по методике, предложенной в [6] которая позволяет определить концентрацию путем достаточно простых вычислений. Предполагалось, что в (3) можно принять $K_F = K_C = 1$ и поправка на поглощение:

$$K_B = 1 + \frac{M_A^x - M_A^A}{P + M_A^A} \quad (5),$$

где M_A^A – массовый коэффициент поглощения элемента “А” на длине волны измеряемого характеристического излучения.

Величина P определяется из:

$$P = \sigma \frac{1+h}{1+2h} \sin \alpha \quad (6),$$

где σ – зависит толка от напряжения ускоряющего электрона, α – угол выхода рентгеновского излучения из образца.

$$h = 1,2 \frac{A}{Z^2} \quad (7),$$

где A – атомный вес элемента, Z – атомный номер элемента.

В уравнении (5) массовый коэффициент поглощения элемента в многокомпонентной системе:

$$M_A^x = \frac{M_A^A K_A + M_A^B K_B + M_A^C K_C + \dots}{\sum K_j} \quad (8)$$

Где K_A, K_B, K_C – экспериментально определенные из уравнения (2) величины для каждого элемента, присутствующего в образце.

Значение суммы равно:

$$\sum K_j = K_A + K_B + K_C \quad (9)$$

Величины M_A^B и M_A^C в (9) представляют собой массовые коэффициенты поглощения рентгеновских лучей элементов B и C на длине волны элемента A . Согласно [6] поправка на атомный номер элемента

$$K_Z = 1 + \frac{Z_A^{\Phi} - Z}{100} \quad (10),$$

где Z_A^{Φ} – эффективный атомный номер элемента A в образце.

Для атомных номеров меньших 40, предполагается, что $Z_A^{\Phi} = Z_A$.

Если атомный номер элемента больше 40, расчет Z_A^{Φ} ведется по формуле [7]

$$Z_A^{\Phi} = 40 + 0,3(Z_A - 40) \quad (11)$$

Например, для теллура имеем:

$$Z_{Te}^{\Phi} = 40 + 0,3(52 - 40) = 43,6$$

Средний атомный номер сплава выразится как:

$$\Sigma = \frac{Z_A^{\Phi} K_A + Z_B^{\Phi} K_B + Z_C^{\Phi} K_C + \dots}{\sum K_j} \quad (12)$$

Таким образом, весовая концентрация элемента A в образце определяется выражением:

$$C_A = K_A \left(1 + \frac{M_A^x - M_A^A}{P + M_A^A} \right) \left(1 + \frac{Z_A - \Sigma}{100} \right) \quad (13)$$

После определения по (3) или (4) весовой доли j -го элемента в образце $-C_j$, можно рассчитать соответствующие атомные концентрации [8]

$$n_{j=100} = \frac{C_j}{A_j \Sigma (C_j / A_j)}, \text{ ат. \%} \quad (14)$$

Где A_j – атомный вес j -го элемента.

Данный метод позволяет рассчитать концентрацию с точностью $\Delta n/n$ хуже 5%.

Экспериментальные результаты

Измерение проводилось при постоянном токе электронного зонда и ускоряющем напряжении 30 кВ на сериях $L_{\alpha 1}$, излучений висмута, сурьмы и теллура. Интенсивность характеристического излучения каждого химического элемента измерялось в нескольких точках исследуемого образца и эталона в идентичных аппаратурных условиях. В качестве эталонов использовались зеркально гладкие сколы монокристаллов висмута, сурьмы и теллура.

В таблицах 1 и 2 приведены известные параметры химических элементов, а также рассчитанные нами коэффициенты по вышеприведенным уравнениям. Для ускоряющего напряжения 30 кВ, величины σ составляют 1820. Массовые коэффициенты поглощения взяты из работы [7].

Таблица 1.

Подписать таблицу

Элемент <i>Z</i>	<i>A</i>	<i>C</i>	<i>Z</i> _{эф}	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>P</i>	<i>P</i> + μ_A^A
<i>Sb</i>	51	121,8	1,0	43,4	65°	$5,62 \cdot 10^{-2}$	1566
<i>Te</i>	52	127,6	1,0	43,6	65°	$5,66 \cdot 10^{-2}$	1566
<i>Bi</i>	83	209	1,0	52,9	65°	$3,64 \cdot 10^{-2}$	1594

Таблица 2.

Массовые коэффициенты поглощения на длинах волн излучений *Sb, Bi, Te*

$L_{\alpha 1} Sb$	$L_{\alpha 1} Te$	$L_{\alpha 1} Bi$
$\mu_{Sb}^{Sb}=413$	$\mu_{Te}^{Te}=392$	$\mu_{Bi}^{Bi}=113,4$
$\mu_{Sb}^{Te}=440$	$\mu_{Te}^{Sb}=368$	$\mu_{Bi}^{Sb}=121$
$\mu_{Sb}^{Bi}=1417$	$\mu_{Te}^{Bi}=1523$	$\mu_{Bi}^{Te}=127,3$

В таблице 3 приведены результаты измерений соотношения интенсивностей характеристического излучения $K_A(Sb)$, $K_A(Te)$, $K_A(Bi)$ и расчеты атомных концентраций для нескольких образцов. Первый столбец соответствует соединению, используемому в качестве источника для испарения. Остальные столбцы соответствуют пленкам, сконденсированным при различных температурах подложки $T_n = 50, 90$ и 150°C . Данные столбцов, обозначенных цифрой 1, получены при измерении химического состава пленок со стороны границы раздела пленка-подложка. Столбцы, обозначенные цифрой 2, полученные при измерении состава со стороны поверхности пленки, после удаления половины ее толщины, т.е. ~2,5 мкм. В 3-ем столбце приведены результаты измерения состава на поверхности пленок. В предпоследнем столбце, обозначенном цифрой 2, состав измерялся на глубине около 1 мкм от поверхности пленки, полученной при $T_n = 150^\circ\text{C}$.

Обсуждение результатов

Из последних трех строк таблицы 3 видно, что локальный химический состав пленок системы *Bi-Sb-Te* существенно изменяется по толщине. Это обусловлено диссоциацией на молекулы исходного соединения при испарении: $= BiTe, SbTe, Te_2$ и *Sb* различием в давлениях паров этих молекул. Измерения показывают, что состав источника соответствует $(Bi_{0,25}Sb_{0,75})Te_2$.

Характерной особенностью всех пленок является обогащение их теллуром вблизи подложки, а в приповерхностном слое - сурьмой. Причем, вблизи подложки химический состав всех пленок приблизительно одинаковый и не зависит от T_n [9]. Отличительной особенностью пленок, полученных при $T_n \sim 150^\circ\text{C}$ по сравнению с $T_n = 50$ и 90°C ., является обеднение теллуром на меньшем расстоянии от подложки. Таким образом, диссоциация при испарении исходного соединения $(Bi_{0,25}Sb_{0,75})Te_2$ приводит к значительному изменению химического состава пленки по толщине [9].

Таблица 3.

Данные рентгеноспектрального анализа образцов

	Ис точ ник	$T_n = 50^\circ\text{C}$			$T_n = 90^\circ\text{C}$			$T_n = 150^\circ\text{C}$			
		1	2	3	1	2	3	1	2	2 ¹	3
$K_A(Sb)$	0,303	0,118	0,198	0,537	0,150	0,231	0,490	0,120	0,462	0,499	0,551
$K_A(Te)$	0,614	0,837	0,758	0,326	0,912	0,702	0,306	0,815	0,359	0,318	0,300
$K_A(Bi)$	0,154	0,025	0,024	0,167	0,049	0,026	0,189	0,020	0,166	0,179	0,189
$n(Sb)$	30,9%	12,7%	20,8%	565,6%	14,4%	25,4%	54,8%	13,3%	51,1%	54,9%	58,6%
$n(Te)$	59,8%	85,6%	77,5%	32,9%	82,7%	72,8%	32,9%	85,3%	38,1%	33,5%	29,6%
$n(Bi)$	9,3%	1,7%	1,6%	10,5%	2,9%	1,8%	12,4%	1,4%	10,8%	11,6%	11,8%

1-измерения со стороны границы раздела пленка-подложка;

2 и 2¹—измерения после травления пленки;

3-измерения на поверхности пленки.

В оптимальном режиме получения пленок их состав приближается к составу шихты. При этом пленка неоднородна, т.к. содержит различные фазы. Проведенные анализы показали, что в пленке, кроме

фазы $p-(Bi, Sb)_2Te_3$, имеются включения электронного $(Bi_2Te_3 + Te)$ и дырочного $(Sb_2Te_3$ или $Bi_2Te_3 + Bi)$ типа.

Заключение

Проведенные исследования химического и фазового состава пленок рентгеноспектральным анализом показали, что фазовый состав пленки существенно изменяется по толщине пленки и зависят от

скорости конденсации и температуры подложек. Это является следствием диссоциации соединения $(Bi_{0,25}Sb_{0,75})_2Te_3$ при испарении.

Список литературы:

1. J.Krumrain, G.Mussler, S.Borisova, T.Stoica, L.Plucinski, C.M.Schneider, D.Grutzmacher, MBE growth optimization of topological insulator Bi_2Te_3 films, Journal of Crystal Growth 2011, 324 (1), Pp 115-118.
2. J.J.Lee, F.T.Schmitt, R. G. Moore, I.M.Vishik, Y.Ma, Z.X.Shen, Intrinsic Ultrathin Topological Insulators Grown via MBE Characterized by in-situ Angle Resolved Photoemission Spectroscopy, Appl. Phys. Lett. 101,013118 (2012). Pp 1063-1064
3. Heinrich K.F.I. x-ray absorption uncertainty. The Electron Microprobe. Washington D.C., October 1966, John Willy and Sons. -1966. -№4. Pp.95-98.
4. Онаркулов К.Э., Юлдашев А.А., Азимов Т., Йўлдошқори Ш. //Висмут-сурма теллурид юпка пардаларнинг электрофизик хоссаларига технологик жараённинг таъсири. ФарДУ илмий хабарлар. 2017. №2.С.32-35.
5. Абдуллаев Э.А., Юлдашев Н.Х. Эффект пьезосопротивления в халькогенидах свинца и висмута. Ташкент. Фан. 1989. - 184 с.
6. Бурбун Г.Д., Марков Б.Н. Основы метрологии. М., Стандарт. 1972. - 215 с.
7. Пул Д, Мартин П. Аппаратура и экспериментальная техника рентгеновского микроанализа. Электронно-зондовый микроанализ.-М. Мир. 1974. С.94-170.
8. Белк Дж. Количественный рентгеноспектральный анализ сложных систем. /Физические основы рентгеноспектрального анализа. Пер с англ. –М.Наука.1973. С.248-259.
9. Справочник физико-химических величин. Под ред.К.П.Мищенко и А.А.Равделя. – Изд.Химия. 1974. 200 С.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

КЛАССИФИКАЦИЯ И ПОВЕРКА КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Эрматов Ахрор Бахтиёржон угли

*магистрант, Андижанский машиностроительный институт,
Узбекистан, г. Андижан*

Муминов Омаджон Зухриддин угли

*ассистент, Андижанский машиностроительный институт,
Узбекистан, г. Андижан*

E-mail: axror.ermatov@bk.ru

CLASSIFICATION AND CALIBRATION OF COORDINATE MEASURING MACHINES

Ahror Ermatov

*master, Andijan Machine-Building Institute,
Uzbekistan, Andijan*

Amazon Muminov

*assistant, Andijan Machine-Building Institute,
Uzbekistan, Andijan*

АННОТАЦИЯ

В этой статье рассмотрены и даны определение и классификация современных координатно-измерительных машин по их компоновке, конструктивному исполнению, физическому принципу действия оборудования, степени универсальности, поверка и калибровка, области применения в различных отраслях.

ABSTRACT

This article discusses and gives a definition and classification of modern coordinate measuring machines according to their layout, design, physical principle of equipment operation, degree of versatility, verification and calibration, and applications in various industries.

Ключевые слова: координатно-измерительная машина, параллельная структура, анализ, защита, результат, поверка, погрешность, измерительная головка, щуп.

Keywords: coordinate measuring machine, parallel structure, analysis, protection, result, verification, margin of error, measuring head, probe.

Координатно-измерительная машина (КИМ) это инструмент для измерения геометрических свойств объекта. Машина может управляться оператором или автоматизирована с помощью компьютера. Измерения производятся датчиком, прикрепленным к подвижной оси машины. Датчики различаются по принципу действия (электроконтактный, индукционный, оптический, емкостной, пьезометрический, гравитационный), выходной сигнал (аналоговый, дискретный), метод измерения (контактный, бесконтактный), тип измерения и многое другое.

Основой координатных измерений является обработка координат отдельных точек детали. Чтобы понять методы обработки координат, необходимо освоить методы аналитической геометрии в пространстве, некоторые разделы функционального ана-

лиза, численные методы и математическую статистику. Необходимые математические знания обычно неизвестны студентам и инженерам, которые обучались в технологических областях высшего образования. В этой главе представлены некоторые математические понятия, используемые при измерении координат при обработке координат определенных точек. В конце второй главы обзор и чтение литературы, основанной на материалах, рекомендуется читателям, которые хотят лучше ознакомиться с предметом. [3]

Мы пользуемся системой координат для описания перемещений измерительной машины. Система координат, придуманная знаменитым французским философом и математиком Рене Декартом в начале 1600-х годов, позволяет определить местоположение элементов деталей относительно других элементов.

В середине XX века разработаны полуавтоматические системы КИМ. В 1970-х годах в Англии построена автоматическая КИМ на основе ЭВМ.

Традиционный «мостовой» КИМ является трехосным с осями X, Y и Z. Оси ортогональны друг другу и образуют обычную трехмерную систему координат. Каждая ось имеет свой масштаб, который определяет местоположение этой оси. Устройство считывает данные с сенсорного датчика по указанию оператора или компьютера. Затем машина использует координаты X, Y, Z каждой из этих точек, чтобы определить размер и местоположение. Как правило, точность измерений координатной машины составляет порядка микрон или микрометров, что составляет одну миллионную часть метра.

Первый тип 3-координатных измерительных приборов составляет приблизительно три центральных оси, а именно: X-, Y-, Z осью они обычно оснащены зондом. Схематическое расположение является примером этого. При разработке 3-х координатных измерительных приборов это важный элемент датчика-возбудителя. В то время требования к метрологическому потенциалу для новых появляющихся координатных датчиков, необходимых для их работы и полной реализации, были четко определены. Эти инновационные датчики были изначально разработаны, изготовлены и испытаны в 1970-х годах. Генеральный директор Renishaw сэр Дэвид Р. МакМюррей отмечает: На самом деле устройства измерения координат обычно имеют ортогональные (90 °) оси, которые обычно конфигурируются в трехмерной системе координат. Каждая из этих линейных стрелок имеет соответствующую систему линейного масштабирования и определяет точное положение головки зонда.

Для работы с 3-мя координатными измерительными приборами квалифицированный инспектор использует полностью автоматизированную компьютерную программу числового управления, с ручным или внутренним управлением.

Шестиосевая Координатно-измерительная машина (гексапод) построена на основе параллельной кинематики. [1] В отличие от трехосной, в ней отсутствуют порталы и мосты. Конструктивно КИМ представляет собой «параллельную структуру» в форме перевернутой усеченной пирамиды. В основании пирамиды находятся сферические соединения, которые служат ориентирами для измерительной системы. Шесть метров напрямую соединены с подвижной кареткой, на которой расположена измерительная головка с датчиком. [2]

КИМ, как правило, используется в производственном и сборочном процессе для проверки размеров деталей или проверки качества сборки в сравнении с требуемым дизайном. После сбора X, Y, Z положений множества точек детали, полученные массивы данных анализируются с помощью различных регрессионных алгоритмов. Эти данные о точках собираются с помощью зонда, который позиционируется оператором или автоматически с помощью прямого управления компьютером. КИМ может быть запрограммирована на конвейерный поточный анализ,

что позволяет считать КИМ специализированной формой промышленного робота.

Система координат во многом похожа на карту рельефа местности, где по одному краю карты расположены буквы, а по-другому – цифры; высотные отметки, показываемые повсеместно, однозначно описывают каждую точку на карте. Это сочетание "буква/число/высотная отметка" называется координатой, оно показывает определенное положение элемента относительно других.

Координатно-измерительная машина включают в себя три основных модуля:

- основная структура. В трехосевых КИМ гранитный стол для обеспечения платформы для трех осей движения; в шестиосевых КИМ две независимые друг от друга рамы (силовая и измерительная).
- система зондирования;
- система сбора данных и управления, как правило, состоит из контроллера, компьютера и прикладного программного обеспечения.

Координатно-измерительная машина часто используются для [1]:

- измерения габаритов и размеров деталей;
- измерения профиля деталей;
- измерения углов или ориентации;
- построения карт рельефа;
- оцифровки изображений;
- измерения сдвигов.

Особенности

- Противоаварийная защита
- Возможность программирования и автоматизированного контроля действий машины
- Обратное проектирование, реверс-инжиниринг
- Возможность использования в цеху предприятий
- SPC программное обеспечение и режим температурной компенсации.
- Возможность импорта CAD-моделей
- Соответствие стандартам DMIS

Координатно-измерительные машины производятся в широком диапазоне размеров и конструкций с различными технологиями зондов. Ими можно управлять вручную или автоматически через прямое управление компьютером. Они предлагаются в различных конфигурациях, таких как настольный, карманный и портативный. [3]

Координатно-измерительная машина работает почти точно так же, как ваш палец, когда вы двигаете им по координатным линиям карты; три оси машины образуют ее систему координат. Вместо пальца КИМ использует датчик для измерения точек на детали. Каждая точка на детали уникальна с точки зрения системы координат машины. КИМ объединяет измеренные точки, формируя элемент детали, который может быть соотнесен с другими ее элементами:

Система координат машины

В мире измерений используют два типа систем координат. Первый тип называется машинная система координат. В ней оси X, Y и Z соответствуют перемещениям машины. Если смотреть на машину

спереди, ось X будет направлена слева направо, ось Y – спереди назад и ось Z направлена вверх и вниз, перпендикулярно другим двум.

Рисунок 1. Общие вид Координатно-измерительные машины

Наиболее распространенным является вертикальный тип конфигурации трех координатно-измерительных приборов. Трехкоординатные измерительные приборы часто конфигурируются и конструируются с помощью двуногой таблицы (т.е. столбцов) [9].

Здесь эти 3 координатных измерительных устройства также расположены со всеми кинематическими тестовыми действиями, выполняемыми трехосным движением моста.

В некоторых других вертикальных конфигурациях крепления моста, мост может свободно перемещаться по гранитному столу, при этом одна из ножек обычно называется внутренней частью ступни.

Напротив, противоположная нога, обычно называемая внешней ногой, просто сидит на гранитном столе, следуя вертикальному контуру поверхности.

Для кинематического линейного движения переносного моста обычным является использование воздушных подшипников, что обеспечивает свободное движение без трения.

Скоординированные измерительные приборы оснащены плоской и управляемой подушкой безопасности с подушками безопасности и сжатым воздухом через несколько небольших отверстий на поверхности подшипника, что обеспечивает свободное движение без трения. Это означает, что действие моста или купола на гранитном столе обычно является одной осью плоскости X-Y. Аналогично, на мосту / портале будет ось, которая пересекает длину между внутренним и внешним плечами, образуя горизонтальную ось X или Y. Третья ось перемещения, а именно ось Z, обычно обеспечивается добавлением вертикальной оси, которая может перемещаться вверх и вниз по центру устройства (мосту). Сенсорный контроллер превращается в датчик, расположенный в конце этой вертикальной оси. Линейное кинематическое расположение движений оси X, Y и Z полностью охватывает измерительную оболочку,

называемую координатными измерительными приборами. [9]

Система координат детали

Вторая система координат называется системой координат детали; в ней три оси привязаны к опорным точкам или элементам детали.

Перед вводом в компьютер для измерения координат детали физически выравнивают параллельно осям машины, чтобы координатные системы машины и детали стали параллельными друг другу. Это очень длительная и не очень точная процедура. Если деталь круглая или имеет сложный контур, а не квадратная или прямоугольная, задача измерения становится почти невозможной.

Используя современное программное обеспечение, КИМ измеряет положение контрольных точек детали (по чертежу детали), устанавливает систему координат и математически соотносит ее с системой координат машины.

Процесс сопоставления двух систем координат называется выравниванием. В случае карты улиц мы делаем это автоматически, поворачивая карту таким образом, чтобы она была параллельна улице (опорной линии), или по направлению компаса (например, на север). Прделав это, мы, таким образом, определяем свое положение в "мировой системе координат".

Рисунок 2. Процессы работы координатно-измерительных машин

Хотя современные производственные технологии дают возможность изготавливать детали очень

точно, с малыми допусками, неточности по-прежнему остаются. Какими бы маленькими они ни были, тот факт, что существуют допуски означает, что есть ошибки.

Координатно-измерительная машина ничем не отличается в этом отношении от других изделий. Несмотря на то, что они созданы с предельно низкими допусками, в их конструкции присутствуют ошибки (крена, тангажа, рыскания, отклонения от прямолинейности и ошибки шкал), которые оказывают влияние на их точность. Поскольку производственные допуски становятся все более жесткими, необходимо, чтобы КИМ становились все более точными.

Большая часть погрешностей КИМ может быть скорректирована автоматически с помощью компьютера. После того как все геометрические ошибки КИМ измерены (это называется картой ошибок), их можно минимизировать или даже устранить с помощью мощных программных алгоритмов КИМ. Такая технология называется объемной компенсацией ошибок. [2]

Устраняя ошибки математическими методами, вы снижаете стоимость производства и даете вашим клиентам более высокую производительность за те же деньги.

Метод калибровки с использованием специальной сферы $\phi 25\text{мм}$.

Рисунок 4. Измерительные головки

КИМ обычно получают данные измерения путем касания детали щупом (твердым или электронным), прикрепленным к измерительным осям машины. Хотя наконечник щупа имеет достаточно малую погрешность, после того как щуп установлен на КИМ, необходимо, до того, как начать измерения, определить положение наконечника относительно системы координат машины. Поскольку щуп касается детали наконечником, имеющим округлую форму, центр и радиус щупа определяются путем измерения прецизионной сферы (калибровочной сферы).

После того как центр и радиус наконечника станут известны, щупом касаются детали, и координаты наконечника математически "смещаются" на величину радиуса щупа до истинного значения положения точки контакта (рисунок 4). Направление смещения автоматически определяется с помощью процедуры выравнивания.

Мы выполняем подобную процедуру, паркуя машину. Чем лучше мы оценим смещение от внешних габаритов машины, тем ближе мы сможем запарковать машину к тротуару.

В метрологии проекции позволяют измерять более точно, каким образом соединяемые детали будут сопрягаться друг с другом. При измерении автомобильных цилиндров (например, блоков двигателя) путем проецирования цилиндра на плоскость головки цилиндров, можно точно определить, как поршни будут сопрягаться с цилиндром и как они будут сопрягаться с камерой сгорания в головке цилиндров.

Минимальное количество точек, требуемое для измерения диаметра окружности, равно трем, но если эти точки находятся не на одинаковом расстоянии от края отверстия, измеренный диаметр будет диаметром эллипса. Чтобы избежать такое неверное представление, данные измерения проецируются на плоскость, перпендикулярную центральной оси цилиндра. Результатом будет точное определение размера этого элемента детали [1].

Рисунок -5. Проекция

Проверка 3-х координатно-измерительных машин

К проведению поверки допускаются лица, изучившие эксплуатационные документы на КИМ, имеющие достаточные знания и опыт.

Перед проведением поверки следует изучить эксплуатационную документацию на поверяемую КИМ и приборы, применяемые при поверке.

К поверке допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе на электроустановках.

Перед проведением поверки средства поверки и поверяемую КИМ готовят к работе в соответствии с их эксплуатационными документами.

Условия проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие нормальные условия измерений:

- температура окружающей среды, °C 20 ± 1 ;
- относительная влажность воздуха, %, не более 85;
- максимальный пространственный температурный градиент во время измерений, °C/м, не более ± 0.5 ;
- максимальный временной температурный градиент, °C/ч, не более ± 0.5 ;

• Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- проверить наличие действующих свидетельств о поверке на средства поверки;
- концевые меры длины и сферу выдержать до начала измерений в помещении, где находится КИМ в течение 3 часов.

Проведение поверки

При внешнем осмотре устанавливают соответствие КИМ следующим требованиям:

- наружные поверхности КИМ не должны иметь дефектов, влияющих на ее эксплуатационные характеристики;
- на рабочих поверхностях КИМ не должно быть царапин, забоин и других дефектов, влияющих на плавность перемещений подвижных узлов КИМ;
- наконечники щупов не должны иметь сколов, царапин и других дефектов;
- маркировка и комплектность должны соответствовать требованиям эксплуатационной документации.

Сначала проверяют взаимодействие частей на холостом ходу перемещением подвижных узлов на полные диапазоны. Перемещения должны быть плавными, без рывков и скачков. Далее проводят однократное измерение типовой детали с использованием всех функциональных узлов и программного обеспечения КИМ. Затем то же самое выполняют в автоматическом режиме.

Определение метрологических характеристик

Определение абсолютной погрешности измерительной головки МРЕР (с контактным датчиком)

Установить сферу на плите рабочего стола КИМ с помощью стойки. Проводится 3 цикла измерений в

автоматическом режиме. В каждом цикле производятся измерения поверхности сферы в 25 равномерно расположенных на полусфере точках.

Рекомендуемая модель измерений включает:

- одну точку на вершине испытуемой сферы;
- четыре точки (равномерно распределенных) на 22° ниже вершины;
- восемь точек (равномерно распределенных) на 45° ниже вершины и повернутых на $22,5^\circ$ относительно предшествующей группы;
- четыре точки (равномерно распределенных) на 68° ниже вершины (рис. 1) повернутых на $22,5^\circ$ относительно предшествующей группы;
- восемь точек (равномерно расположенных) на 90° ниже вершины, т.е. на диаметре и повернутых относительно предыдущей группы на $22,5^\circ$.

Погрешность определяется как сумма максимальных отклонений измеренного профиля в положительную и отрицательную области от средней сферы, рассчитанной по методу наименьших квадратов:

$$\Delta_{or} = |\max(D_{i+})| + |\max(D_{i-})|$$

где D_{i+} - отклонение точки i от средней сферы в положительную область, мм;

D_{i-} - отклонение точки i от средней сферы в отрицательную область, мм.

Концевые меры длины или устройство с концевыми мерами длины устанавливают в пространстве измерений КИМ вдоль линии измерений, используя теплоизолирующие перчатки. Обязательно осуществляется компенсация погрешностей, связанных с отклонениями параметров окружающей среды, отличающихся от нормальных. Измерения проводят в семи различных положениях (рис. 2), каждое измерение повторяется 3 раза. При этом должно быть измерено не менее четырех отрезков различной длины. Измерения должны проводиться в автоматическом режиме.

Рисунок 6. Стандартные положения, в которых производят измерения в пределах объема КИМ

Для диапазона измерений свыше 2000 мм рекомендуется проводить измерения вдоль осей в нескольких местах, равномерно расположенных по

длине оси, а для пространственных диагоналей рекомендуется проводить измерения впереди и сзади, справа и слева рабочего объема КИМ.

При использовании контактного датчика провести определение ориентации КМД ощупыванием трех точек на ней, разнесенных как можно дальше друг от друга. Далее провести сбор точек с измерительных поверхностей КМД в автоматическом режиме. При использовании лазерного сканера Optiscan провести определение ориентации КМД сканированием нерабочих поверхностей. Далее провести сканирование измерительных поверхностей КМД в автоматическом режиме.

Результат измерений длины отрезка, воспроизводимого концевой мерой длины или устройством с концевыми мерами длины (L_{jik}), и действительное значение этого отрезка (L_{djik}), сравнить друг с другом и вычислить абсолютную погрешность измерений длины (пространственных измерений) МРЕе по формуле:

$$MPE_E = L_{jik} - L_{djik}$$

где: j - номер КМД;

i - номер измерений;

k - номер положения.

Полученные результаты проверяются на основании установленных графиков.

Результаты поверки оформляются протоколом, составленным в виде сводной таблицы результатов поверки по каждому пункту раздела 6 настоящей методики поверки.

При положительных результатах поверки. КИМ признается годной к применению и на нее выдается свидетельство о поверке установленной формы. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке в виде наклейки и (или) поверительного клейма.

При отрицательных результатах поверки, КИМ признается непригодной к применению и на нее выдается извещение о непригодности установленной формы с указанием основных причин.

Устраняя ранее ненадежные и неточные погрешности измерений, внедрение полностью компьютеризированных цифровых контроллеров каждые 3 координатных измерительных устройства в настоящее время используется во всем мире. Параллельная разработка различных типов зондов усиливается с помощью оптического зонда с использованием устройства на основе линз. Эти типы оптических зондов ведут себя подобно их эквивалентному механическому типу, но здесь они сфокусированы на материале (то есть особенности компонента), не касаясь материала. Полученное изображение поверхности прикрепляется к границе окна измерения до тех пор, пока контраст между оставшейся черной и белой зонами не станет достаточным. В результате разделительная кривая может быть рассчитана до определенной точки пространства, которая является желаемой точкой измерения.

Это означает, что эти согласованные измерительные приборы важны для развития промышленности и науки в Республике Узбекистан. Это отражается в

надежности и надежности машиностроения, аэрокосмической промышленности и ряда других областей. Другим важным фактором является то, что это экономит время и значительно повышает эффективность

производства. В настоящее время ГП УзНИМ работает над калибровкой Координатно-измерительных машин в машиностроительном и металлургическом секторах Республики Узбекистан.

Список литературы:

1. Бушуев В.В., Хольшев И.Г. Механизмы параллельной структуры в машиностроении // СТИН.— 2001.— № 1.—С. 3-8. — ISSN 0859-7566
2. Приложение к свидетельству №48202 об утверждении типа средств измерений
3. Зубарев Ю. М., Косаревский С. В., Ревин Н. Н. «Автоматизация координатных измерений. Учебное пособие».— СПб.: Изд-во ПИМаш, 2011. — 160 с. : ил.
4. Пекарш А.И., Феокистов С.И., Колыхалов Д.Г., Шпорт В.И. Координатно-измерительные машины и комплексы // CALS-технологии. 2011. № 3. С. 36-48.
5. Бражкин Б.С., Исаев Н.И., Кудинов А.А., Миротворский В.С. Координатно-измерительные машины для контроля тел вращения. М., 2012. 207 с.
6. Гришанов В.Н., Ойнонен А.А. Современные лазерные измерительные системы в производственном цикле космической техники // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2012. № 1(32). С. 24–35.
7. Гречников Ф.В., Захаров О.В., Королев А.А. Направления повышения производительности и точности контроля сложных поверхностей на координатно-измерительных машинах // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта. Москва: ИПУ РАН, 2016. С. 223-225.
8. Печенкин В.А., Болотов М.А., Рузанов Н.В., Янюкина М.В. Оптимизация измерений геометрии деталей со сложными поверхностями // Измерительная техника. 2015. № 3. С. 18-23.
9. Graham T. Smith Machine Tool Metrology Graham T. Smith An Industrial Handbook Springer International Publishing Switzerland 2016

ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЯ ПОДЗЕМНОГО ОБОЛОЧЕЧНОГО СООРУЖЕНИЯ ПРИ СЕЙСМОВЗРЫВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Сафаров Исмоил Иброхимович

профессор, Ташкентский химико-технологический институт
 Узбекистан, г. Ташкент
 E-mail: Safarov54@mail.ru

Аблокулов Шерзоджон Зокир угли

ассистент, Ташкентский химико-технологический институт
 Узбекистан, г. Ташкент
 E-mail: ablokulov93@mail.ru

Бутунов Жахонгир Рузикулович

ассистент, Альмалыкский филиал Ташкентского
 Государственного технического университета им. Ислам Каримова,
 Узбекистан, г. Алмалык
 E-mail: jaxongir.butunov@mail.ru

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDY OF THE VIBRATIONS OF AN UNDER- GROUND SHELL STRUCTURE UNDER SEISMIC AND EXPLOSIVE EFFECTS

Ismoil I. Safarov

Professor, Tashkent Institute of Chemical Technology
 Uzbekistan, Tashkent

Sherzodjon Ablokulov

Assistant, Tashkent Institute of Chemical Technology
 Uzbekistan, Tashkent

Jakhongir Butunov

assistant, Almalyk branches of Tashkent State technical University named after Islam Karimov,
 Uzbekistan, Almalyk

АННОТАЦИЯ

В настоящей работе приведены результаты натурных экспериментальных исследований по изучению картины распространения сейсмовзрывных волн в грунтовой среде, поведения сейсмонапряженного состояния подземного сооружения типа цилиндрической тонкостенной оболочки, взаимодействующей с грунтом при сейсмических воздействиях подземных мгновенных взрывов. Данная задача теоретически решена, полученные результаты сравнены с экспериментальными.

ABSTRACT

This work presents the results of field experimental studies on the pattern of seismic blast waves propagation in the soil environment, the behavior of the seismic stress state of an underground structure, such as a cylindrical thin-walled shell interacting with the ground during seismic effects of underground instantaneous explosions. This problem is theoretically solved and obtained results are compared with experimental ones.

Ключевые слова: взрыв, сейсмический эффект, эксперимент, граммонит, образца.

Keywords: explosion, seismic effect, experiment, grammonite, sample.

Как известно, сейсмический эффект действия подземного взрыва на подземное сооружение зависит от многих факторов, особенно от физико-механических свойств грунта экспериментальной площадки, как в точке взрыва, так и в местах где уложено подземное сооружение [5, 8].

Во избежание приращения балльности рельефом для экспериментальной площадки выбрана относительно ровная местность, противоположная сторона которой обрамлена невысокими холмами.

Методика проведения экспериментов, сведения о геологических и гидрогеологических условиях и другие данные приведены в [1, 7, 4].

При взрывах в качестве заряда ВВ (взрывчатого вещества (ВВ)) был применен граммонит 79/21, который во всех случаях инициировался детонирующим шнуром и электродетонатором мгновенного действия. Взрывы производились через осциллографы путем разрыва петли, которой оборачивался детонатор.

Произведены взрывы с весом заряда ВВ 420-7000кг. Взрывы были произведены с приближением к исследуемым образцам.

Поскольку проведенные взрывы сильно различались по весу, а зарегистрированные колебания грунта и сооружения относятся к различным расстояниям от места взрыва, для сравнения результатов наблюдения между собой был использован параметр $R_{пр}$ – приведенное расстояние:

$$R_{пр} = R / \sqrt[3]{C} \quad [M \cdot K T^{-1/3}] \quad (1)$$

здесь R соответствует эпицентральному расстоянию (м.); C – вес заряда ВВ(кг).

На рис.1 приведены колебания подземного сооружения в продольном, поперечном и вертикальном направлениях. Отсюда видно, что колебания подземного сооружения имеют не вполне правильные возрастающе-затухающие синусоиды, без каких-либо импульсивных наложений. Пик, соответствующий максимуму при малых приведенных расстояниях, наблюдается в начале движения, т.е. колебания сооружения начинаются с очень резкого наступления

большой амплитуды. Сходство картины между продольной и вертикальной составляющей состоит в том, что обе осциллограммы колебания начинаются не с резкого наступления максимальной амплитуды. Особенностью колебательного движения сооружения в поперечном направлении является то, что оно начинается с резко выраженного пика, который соответствует значению максимума. На основе записей колебания сооружения были определены величины декрементов затухания для каждой составляющей вектора смещения сооружения. Среднее значение декрементов затухания для продольной составляющей составляет $\lambda_{прод} = 0,54$; для поперечной – $\lambda_{поп} = 0,68$; и, наконец, для вертикальной составляющей – $\lambda_{верт} = 0,79$.

Если обратить внимание на средние значения величины декрементов затухания для каждой составляющей и сравнить их между собой, то уместно следующее неравенство: $\lambda_{прод} < \lambda_{поп} < \lambda_{верт}$ т.е. среднее значение декремента затухания вертикальной составляющей больше, чем остальных. Если затухание колебания в горизонтальном направлении (по оси ОХ) в большей степени обусловлено податливостью грунта или, другими словами, в этом направлении затухание происходит за счет взаимодействия или преодоления энергии сцепления на контакте тела сооружения и грунта, то на вертикальной составляющей затухание колебания сооружения обусловлено рассеиванием энергии из-за значительной деформации грунта [6, 7].

Рисунок 1 Записи колебания подземного сооружения в продольном (а), поперечном (б) и вертикальном (в) направлениях

На рис. 2 приведены зависимости абсолютных максимальных перемещений подземного сооружения от приведенного расстояния. Отсюда видно, что

каждая составляющая изменяется по разным законам и они численно соизмеримы между собой.

Рисунок 2. Зависимость абсолютных максимальных перемещений подземного сооружения в трех взаимно перпендикулярных направлениях от приведенного расстояния: Δ – вертикальное перемещение; $\bullet$ – продольное перемещение; $\times$ – поперечное перемещение

Получено подтверждение существования относительных перемещений подземного оболочечного сооружения и грунтовой среды в трех взаимно перпендикулярных направлениях. При этом заметим, что максимальные значения продольных и поперечных горизонтальных перемещений сооружения по значению меньше, чем грунтовой среды.

Были аппроксимированы кривые зависимости абсолютного смещения сооружения в трех взаимно перпендикулярных направлениях от приведенного расстояния. Были получены эмпирические формулы зависимости смещения подземного сооружения от веса заряда ВВ и эпицентрального расстояния в трех взаимно перпендикулярных направлениях для каждого компонента смещения:

- для смещения в продольном направлении

$$U = 9,29(\sqrt[3]{C} / R)^{-0,988}, \text{ или } U = 2,16e^{-0,069R_{нр}}; \quad (2)$$

- для смещения в вертикальном направлении

$$W = 141(\sqrt[3]{C} / R)^{-1,67}, \text{ или } W = 4,11e^{-0,067R_{нр}}; \quad (3)$$

- для поперечного смещения

$$V = 700(\sqrt[3]{C} / R)^{-2,44}, \text{ или } V = 7,8 e^{-0,13R_{нр}}; \quad (4)$$

Анализ экспериментальных результатов позволил получить зависимость смещения подземного сооружения веса заряда ВВ и эпицентрального расстояния до точек взрывов в виде:

$$A = C^{0,392} e^{-0,012R} \quad (5)$$

Приводим сейсродинамический расчет подземного сооружения, которое по геометрическим размерам можно рассматривать как тонкостенную цилиндрическую оболочку.

Рассмотрим вынужденные колебания подземной цилиндрической оболочки со свободным опиранием

концов при действии внешних сейсмических (сейсмо-взрывных) нагрузок. Если принять закон взаимодействия подземного испытываемого сооружения с окружающей средой упругим, то уравнения движения подземной цилиндрической оболочки сейсмических воздействий будут иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial^2 u}{\partial \xi^2} + v_1 \frac{\partial^2 u}{\partial \varphi^2} + (v_2 - v_1 K^2) \frac{\partial^2 g}{\partial \xi \partial \varphi} + \\ & + v \frac{\partial W}{\partial \xi} - \frac{K_\xi R^2 u}{D} = \frac{R^2}{D} (\mu \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - K_\xi u_0); \\ & v_2 \frac{\partial^2 u}{\partial \xi \partial \varphi} + v_1 \frac{\partial^2 g}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial \varphi^2} + K^2 v_1 \frac{\partial^2 g}{\partial \xi^2} + K^2 \frac{\partial^2 g}{\partial \varphi^2} + \\ & + \frac{\partial W}{\partial \varphi} - K^2 \frac{\partial^3 W}{\partial \xi^2 \partial \varphi} - K^2 \frac{\partial^3 W}{\partial \varphi} - \frac{K_\varphi R^2}{D} g = \\ & \frac{R^2}{D} (\mu \frac{\partial^2 g}{\partial t^2} - K_\varphi g_0); \\ & v \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{\partial g}{\partial \varphi} - K^2 \frac{\partial^3 g}{\partial \xi^2 \partial \varphi} - K^2 \frac{\partial^2 g}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial W}{\partial \varphi} - \\ & - K^2 \frac{\partial^3 g}{\partial \varphi^3} + W + K^2 \nabla^2 \nabla^2 W - \frac{K_Z R^2}{D} W = \\ & \frac{R^2}{D} (\mu \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} - K_Z W_0); \end{aligned} \quad (6)$$

Систему дифференциальных уравнений (6) решаем при следующих граничных условиях

$$\begin{aligned} & \xi = 0; \text{ и } \xi = \frac{x}{R} \\ & g = 0, \quad w_0 = 0, \quad M_1 = N_1 = 0; \end{aligned} \quad (7)$$

В соответствии с граничными условиями свободного опирания концов (7). Компоненты перемещения точек подземной круглой оболочки выберем в виде

$$\begin{aligned} u(\xi, \varphi, \tau) &= \sum_m \sum_n \varphi_{\lambda n}(\tau) F_{\lambda n}^1(\xi, \varphi); \\ v(\xi, \varphi, \tau) &= \sum_m \sum_n \psi_{\lambda n}(\tau) F_{\lambda n}^2(\xi, \varphi); \\ w(\xi, \varphi, \tau) &= \sum_m \sum_n \theta_{\lambda n}(\tau) F_{\lambda n}^3(\xi, \varphi) \end{aligned} \quad (8)$$

где

$$\begin{aligned} F_{\lambda n}^1 &= \cos \lambda \xi \cos n \varphi, \\ F_{\lambda n}^2 &= \sin \lambda \xi \sin n \varphi \quad n, m = 1, 3, 5, \dots \\ F_{\lambda n}^3 &= \sin \lambda \xi \cos n \varphi, \end{aligned} \quad (9)$$

Подставляя (8) в (9) и решая систему дифференциальных уравнений (6) методом Бубнова-Галеркина, получаем систему обыкновенных дифференциальных уравнений и, решая далее полученную систему уравнений методом Рунге-Кутты, определяем неизвестные коэффициенты $\varphi_{\lambda n}(\tau), \psi_{\lambda n}(\tau), \theta_{\lambda n}(\tau)$ и с помощью систем уравнений определяем значения u, v, w . Результаты вычислений перемещений цилиндрической оболочки в пространстве сопоставление их с экспериментально полученными результатами приведены в табл.1.

Сопоставление вычисленных теоретических и зарегистрированных экспериментальных значений перемещений в трех взаимоперпендикулярных направлениях показало, что теоретически полученные значения удовлетворительно совпадают с экспериментально измеренными результатами.

Таблица 1.

Результаты вычислений перемещений цилиндрической оболочки в пространстве сопоставление их с экспериментально полученные результаты

Вес ВВ (кг)	Эпиц. расст.	Rnn	Перемещение в попер. направления (мм)		Отн. ошибка %	Перем. в верт направления		Отн. ошибка %	Перемещ. в прод. направл.		Отн. ошибка %
			теор. знач	экс. знач		теор.	экс.		теор.	экс.	
5140	250	14,5	1,06	1,00	5,6	1,23	2,01	38,8	0,83	0,91	8,8
2520	200	14,7	0,66	0,86	23,3	0,87	1,06	17,9	0,69	0,55	25,5
6540	300	16,0	0,89	0,95	9,5	1,03	1,65	37,6	0,48	0,78	38,5
2900	350	24,54	0,54	0,86	32,7	0,63	0,95	33,4	0,34	0,43	3,9
890	350	36,4	0,18	0,31	41,9	0,21	0,3	30,0	0,17	0,12	41,7

Проведен сейсмодинамический расчет подземного сооружения, испытываемого в натурно-полевых условиях сейсмозрывным методом. Геометрические размеры данного сооружения соответствуют тонкостенной цилиндрической оболочке.

Теоретически вычислены перемещение испытываемого сооружения в трех взаимоперпендикулярных направлениях и теоретически полученные результаты сопоставлены с экспериментальными.

Сопоставление вышеуказанных результатов показывает удовлетворительное совпадение. Относительные ошибки при этом составляют 3,9-41,7%, а их среднее значение 23,7%.

Результаты натурных экспериментов позволяют сделать вывод о существенном влиянии поведения грунтовой среды на колебания (сеймонапряженного

состояния) подземного сооружения при действиях подземных взрывов. Имея данные анализа результатов натурных экспериментов можно легко прогнозировать поведения подземных сооружений при действиях сейсмических волн.

Выводы: Обработка экспериментально полученных данных позволила получить эмпирическую зависимость смещения сооружения от эпицентрального расстояния и веса заряда ВВ в виде формул (2), (3) и (4). С помощью этих выражений можно прогнозировать поведения подземных тонкостенных сооружений, находящихся под действием сейсмозрывных волн. Расчеты показали, что с достаточной точностью зависимость (4) может быть использована при оценке сейсмической интенсивности сейсмозрывных воздействий.

Список литературы:

1. Мубаракوف Я.Н. Сейсмодинамика подземных сооружений типа оболочек. — Ташкент : Фан, 1987. — 192 с.
2. Рахманов Б.С. К вопросу прогнозирования поведения подземного сооружения при действиях сейсмозрывных волн // Международный сборник научных трудов Новосибирского государственного аграрного университета. — Новосибирск, 2006. — С. 149–152.
3. Рахманов Б.С., Сагдиев Х.К., Фасахов В.Г. Экспериментальное исследование поперечного колебания подземного сооружения при сейсмозрывных воздействиях // Проблемы механики. — 2007. — № 3.

4. Сафаров И.И., Умаров А.О. Воздействие продольных и поперечных волн на цилиндрические слои с жидкостью // Вестник пермского университета. Математика. Механика. Информатика. — 2014. — Вып. 3 (26). — С. 69–75.
5. Koltunov M.A., Mirsaidov M.M., Troyanovskii I.E. Transient vibrations of axissymmetric viscoelastic shells // Polymer Mechanics. — Vol.14. — Iss.2. — P. 233–238.
6. Mathematical modeling of dynamic processes in a toroidal and cylindrical shell interacting with a liquid / I.I. Safarov, M.H. Teshayev, Z.I. Boltayev, M.Sh. Akhmedov. — Raleigh, North Carolina, USA : Open Science Publishing, 2018. — 223 p.
7. Safarov I.I., Teshayev M.Kh., Akhmedov M.S. Free Oscillations of a Toroidal Viscoelastic Shell with a Flowing Liquid // American Journal of Mechanics and Applications. — 2018. — № 6 (2). — 3749 p. / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <http://www.sciencepublishinggroup.com/j/ajmadoi:10.11648/j.ajma.20180602.11>.
8. Melure G.M., Afferburg T., Pratier N.A. Analusis of Blast Effect on Pipelines.//Proc. ASCE, 1966, USA.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТЕНЗОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ В ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛЕНКАХ

Онаркулов Максаджон Каримбердиевич

*преподаватель, Ферганский государственный университет Республики Узбекистан
Узбекистан, г. Фергана*

Отажонов Салим Мадрахимович

*профессор, Ферганский государственный университет Республики Узбекистан
Узбекистан, г. Фергана*

Ботиров Кодир Абдуллаевич

*преподаватель, Ферганский государственный университет Республики Узбекистан
Узбекистан, г. Фергана*

Юнусов Нурзодбек

*науч. сотр., Ферганский государственный университет Республики Узбекистан
Узбекистан, г. Фергана*

Мамаджонов Улугбек Мадаминзода

*студент, Ферганский государственный университет Республики Узбекистан,
Узбекистан, г. Фергана*

Каххорова Барчиной Абдурахмоновна

*студент, Ферганский государственный университет Республики Узбекистан,
Узбекистан, г. Фергана*

DEVICE FOR STUDYING TENZE SENSITIVITY IN PHOTOSENSITIVE SEMICONDUCTOR FILMS

Salim Otazhonov

*Professor, Uzbekistan Republic Fergana State University of Fergana city University,
Uzbekistan, Fergana*

Maksadjon Onarkulov

*Lecturer, Uzbekistan Republic Fergana State University of Fergana city University,
Uzbekistan, Fergana*

Kodir Botirov

*Lecturer, Uzbekistan Republic Fergana State University of Fergana city University,
Uzbekistan, Fergana*

Nurzodbek Yunusov

*Researcher, Uzbekistan republic Fergana state university of Fergana city University,
Uzbekistan, Fergana*

Ulugbek Mamadzhanov

*Student, Uzbekistan Republic Fergana State University of Fergana city University,
Uzbekistan, Fergana*

Barchina Kakhkhorova

*Student, Uzbekistan Republic Fergana State University of Fergana city University,
Uzbekistan, Fergana*

АННОТАЦИЯ

Разработано устройство, для изучения тензочувствительности в фоточувствительных широкозонных полупроводниковых тонких пленках. Устройство позволяет изучать тензочувствительности в фоточувствительных широкозонных полупроводниковых тонких пленках при освещении естественным и монохроматическом светом в пределах деформации от $-2 \cdot 10^{-3}$ до $2 \cdot 10^{-3}$ отн. ед. При этом, это устройство дает возможность одну и ту же пленку деформировать многократно без ее разрушения.

ABSTRACT

A device has been developed for studying strain sensitivity in photosensitive wide-gap semiconductor thin films. The device allows the study of strain sensitivity in photosensitive wide-gap semiconductor thin films when illuminated with natural and monochromatic light within the deformation range from $-2 \cdot 10^{-3}$ to $2 \cdot 10^{-3}$ rel. At the same time, this device makes it possible to deform the same film repeatedly without destroying it.

Ключевые слова: тензочувствительность, фоточувствительность, деформация, полупроводниковая плёнка, растяжения, сжатия, фототензодатчик.

Keywords: strain sensitivity, photosensitivity, deformation, semiconductor film, tension, compression, phototensor.

Введение

Для увеличения чувствительности полупроводников к внешним воздействиям (температура, освещение, магнитное поле, механическое давление и др.) в них вводятся примеси, образующие глубокие уровни в запрещенной зоне. Влияние механической деформации на свойства полупроводников с глубокими уровнями и приборов на их основе исследовалось авторами работы [1,2].

В настоящее время экспериментально установлено, что под действием механической деформации изменяется энергия ионизации глубоких примесных центров это, в свою очередь, обуславливает изменение концентрации и времени жизни носителей заряда в деформированном полупроводнике с глубокими примесными центрами [3,4].

Изучение эффекта тензочувствительности в фоточувствительных полупроводниковых материалах и создание на их основе приемников звука, датчиков давления, фотоприемников ИК-излучения и фото – тензодатчиков в широком спектральном диапазоне определяет новую область физики и техники полупроводников и полупроводниковой тензометрии [5-8]. Создание оригинальных тензооптоэлектронных устройств стимулирует дальнейшее изучение новых тензометрических явлений в активированных пленочных элементах.

Экспериментальные результаты и их обсуждения

Разработано устройства для деформации образцов, из широкозонных полупроводниковых тонких пленок при освещении естественным монохроматическим светом, как показано на рис.1.

В устройстве для деформирования полупроводниковых тонких пленок при освещении естественным и монохроматическим светом, содержанием размещенные в корпусе консольно закрепленную подложку, зеркало, осветитель и фокусирующую систему, в верхней стенке корпуса выполнено отверстие для токопроводов, подсоединенных к электрометру, в одной из боковых стенок корпуса выполнены отверстия для микрометра, заостренный конец которого направлен к свободному концу подложки, и для руки регулятора поворота зеркала, подпружиненного к корпусу, а в другой боковой стенке корпуса –

отверстие для прохождения излучения от монохроматора через линзу.

На рис.1. схематично показано устройство, а рис. 2. – Г-образная стойка. Устройство для деформирования образцов полупроводниковых тонких пленок при освещении монохроматическим светом содержит размещенные в корпусе 1 с крышкой, 2 Г-образную стойку, 3 с консольно отверстие 11. В одной из боковых стенок корпуса 1 находится отверстие 12 для микрометра 13 с рукояткой 14. Заостренный конец 15 микрометра направлен к свободному концу подложки 4. В этой же стенке корпуса 1 выполнено отверстие 16 для ручки 17 поворота расположенного в корпусе 1 зеркала 18 с пружиной 19, а в другой боковой стенке корпуса 1-отверстие 20 для прохождения излучения от монохроматора 21 через линзу 22.

Рисунок 1. Устройство для деформирования тонких полупроводниковых пленок при освещении естественным и монохроматическим светом

Устройство для деформирования образцов полупроводниковых тонких пленок при освещении монохроматическим светом работает следующим образом. На подложку 4-стеклянную пластину приклеи-

вают образец 5-полупроводниковую фоточувствительную пленку. Подложку 4 подкладывают под планку 8, которую прикрепляют винтами 9 к Г-образной стойке 3, закрепленной подложкой 4 и образцом 5 – полупроводников фоточувствительной пленкой.

Рисунок 2. Г-образная стойка для подкрепления образцов

На противоположных концах фоточувствительные пленки выполнены контакты 6 с токопроводами 7. К стойке 3 крепится планка 8 винтами 9. В верхней стенке корпуса 1 выполнено для подсоединения токопроводов 7 к электromетру 10.

Монохроматический свет от монохроматора 21 через линзу 22 поступает на зеркало 18. Угол поворота 18 регулируют вручную ручкой 17. Отраженный от зеркала 18 монохроматический свет направляет на полупроводниковую фоточувствительную пленку 5. Одновременно к нижней части подложки 4 перпендикулярно ее плоскости вращением рукоятки 14 микрометра 13 подводят заостренный конец 15 до упора. Микрометром 13 измеряют величину относительного удлинения растяжения образца 5 путем изгиба. Одновременно измеряют величину фотонапряжения электromетром 10. Затем монохроматор 21 отключают, заостренный конец 15 микрометра 13 отодвигают от подложки 4 вращением рукоятки 14.

Откручивают винты 9, снимают планку 8, подложку 4 с образцом 5 поворачивают на 180°, планку 8 снова прикрепляют винтами 9, включают монохроматор 21 и на тыльную сторону подложки 4

направляют монохроматический свет от монохроматора 21 и далее процесс повторяют.

Микрометром 13 измеряют укорочение – сжатие подложки 4 и рассчитывают величину относительной деформации полупроводниковой фоточувствительной пленки по формуле

$$E_{cp} = \frac{3}{2} \cdot \frac{c}{l^2} \Delta y,$$

где c – расстояние от нейтральной оси подложки до пленки; l – длина подложки между опорой и точкой приложения силы; Δy – прогиб свободного конца подложки в точке приложения силы.

Деформация находится в интервале от $-2 \cdot 10^{-3}$ до $2 \cdot 10^{-3}$ отн.ед. Это позволяет одну и ту же пленку деформировать многократно без ее разрушения.

Устройство для деформирования образцов полупроводниковых тонких пленок, отличающееся тем, что в верхней стенке корпуса выполнено отверстие для токопроводов подсоединенных к электromетру, в одной из боковых стенок корпуса – отверстия для микрометра, заостренный конец которого направлен к свободному концу подложки, и для ручки регулятора поворота зеркала, подпружиненного к корпусу, а в другой боковой стенке корпуса – отверстие для прохождения излучения от монохроматора через линзу.

В этих устройствах можно изучать влияние деформации на спектральную чувствительности в широкозонных полупроводниковых тонких пленках при освещении естественным и монохроматическом светом¹.

Заключение

Предлагаемое устройство для деформирования образцов полупроводниковых тонких пленок при освещении естественным и монохроматическим светом обладает быстротой и точностью замера (в пределах погрешности 0,01%) и высокой чувствительностью, не требует применения сложных и дорогих усилителей сигналов в измерительных схемах.

Таким образом, здесь отмечены наиболее существенные моменты, характерные для проводимости неоднородных пленок, изменение их проводимости при деформации. Это устройства можно применять для различных конкретных случаев исследования фотоэлектрических явлений в неоднородных полупроводниковых пленках, для выяснения фототензочувствительности в спектральном диапазоне (0,9 – 2,5) мкм.

Результаты исследования по спектральной чувствительности описаны в отдельных работах.

Список литературы:

1. Атакулов Б.А., Абдуллаев Э.А., Афзулов А.Я., Билялов Э.И., Рахимов А.У. Деформационные эффекты в неоднородных полупроводниках. // "Фан". Ташкент. 1978. 275 с.
2. Каримов М., Султонов Ш.Д. Влияние механической деформации на фотоэлектрические свойства поликристаллических пленках $CdSe_xS_{1-x}$. Научно-технический журнал ФерПИ. 2004. № 2. С. 20-23.

3. Алимов Н.Э., Ботиров К.А., Мовлонов П., Отажонов С.М., Халилов М.М. Изучение деформационных эффектов в нанокристаллических фоточувствительных активированных тонких пленках р-CdTe. Журнал физики и инженерия поверхности, 2016, том 1, С. 140-144.
4. Гулямов Г., Гулямов А.Г. Тензочувствительность р-п перехода при освещении. Физика и техника полупроводников. 2015, том 49. № 6. С.839-842.
5. Мокров Е.А. Интегральные датчики. Состояние разработок и производства. Направления развития. // Датчики и системы. 2000. №1. С.28-30.
6. Кольман Е.М., Беклемищев А.И., Липешонков А.И. Тензометрическая система. // Датчики и системы. 2004. №3. С.18-20.
7. Зуев В.А. Неравновесные приповерхностные процессы в полупроводниках и полупроводниковых приборах. // Сов. Радио.Москва. 1977.256 с.
8. Озаренко А.В.Разработка полупроводниковых тензочувствительных элементов для систем неразрушающего контроля напряженно-деформированного состояния материалов. Диссертация на соис. учен. степени.канд. технич. наук./ Озаренко Александр Валентинович. Тамбов. 2008. 131с.
9. Вайткус Ю.Ю.,Отажонов С.М., Юлдашев Н.Х. “О механизме образования высоковольтной фото-ЭДС в тонких косоапыленных пленках CdTe: Ag при собственном и примесном поглощении”,Физическая инженерия поверхности (ФИП) .2005. том 3 № 3-4 С. 219-227 .

РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СЕТИ
ОПЕРАТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СВЯЗИ-IP НА УЧАСТКЕ «АНГРЕН-ПАП»*Халиков Абдулхак Абдулхаирович**д-р техн. наук, проф. Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта,
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: xalikov_abdulgak@mail.ru**Ураков Олимджон Хикматуллоевич**PhD Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта,
Узбекистан, г. Ташкент*CALCULATION OF ECONOMIC COSTS DURING DESIGN OPERATIVE-TECHNOLOGICAL
COMMUNICATION-IP NETWORKS AT “ANGREN – PAP” SECTION*Abdulgak Khalikov**Dsc, prof. Tashkent Institute of Engineers railway transport,
Uzbekistan. Tashkent**Olimdjan Urakov**PhD, Tashkent Institute of Railway Engineers,
Uzbekistan. Tashkent*

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается расчет экономических затрат при проектировании сети оперативно-технологической связи-IP на железнодорожных участках Ангрэн-Пап на базе устройств SGM, пункта промежуточной станции цифровой.

ABSTRACT

The article discusses the calculation of economic costs when designing an operational-technological communications-IP network on the Angren-Pap railway sections based on SGM devices, a point of an intermediate digital station.

Ключевые слова: оперативно-технологическая связь, программное обеспечение, экономические затраты, проектирование сети, железнодорожный участок.

Keywords: operational-technological communication, software, economic costs, network design, railway section.

При расчете экономических затрат на проектирование сети оперативно-технологической связи-ОТС на участке «Ангрэн-Пап» на базе устройств SGM, пункта промежуточной станции цифровой-ППСЦ учитывались затраты на приобретение, внедрение и использование сетевого оборудования. В этом случае необходимо учитывать последующие и первоначальные затраты, принимая во внимание как единые затраты на создание первичной сети и создание на ее базе сети ОТС. В общем случае затраты на создание сети связи разделяются на две: **прямые (бюджетные)** и **косвенные** категории

[1; 2].

Прямые затраты – обычно те, которые учитываются при планировании бюджета. Прямые затраты заложены в бюджет.

К ним относятся:

- на аппаратное и программное обеспечение (покупка, новая установка или обновление устройств и т.д.);
- сетевое и системное администрирование;
- разработка (разработка приложений, документация, тестирование и сопровождение);
- проектирование линии связи.
- **Косвенные затраты** – непредсказуемые и не принимаются во внимание в проектах, но в проектировании они составляют почти 30–40% от средней стоимости организации сети связи.
- К ним можно отнести:
- дополнительные пользовательские затраты (неформальное обучение, персональная поддержка, просчеты и ошибки);

- время простоя (плановое отключение или профилактическое обслуживание).
- Общие затраты построения при организации ОТС на участке «Ангрен-Пап» на базе «SGM, ППСЦ», $C_{затр}$ – равны суммарным затратам (1):

$$C_{затр} = \left[C_{Об} + C_{ЗО} + C_M + C_{Пр} + C_{Раз} + C_{ПО} + C_{ВПО} + C_{Раб} + C_{Обуч} \right], \quad (1)$$

где $C_{Об}$ – стоимость основного оборудования, которая включает стоимость приобретенного оборудования и устройств, необходимого для работы системы в полнофункциональном варианте;

$C_{ЗО}$ – стоимость запасного оборудования, включает в себя стоимость покупки комплекта;

C_M – затраты дополнительных материалов и оборудования, которые необходимы для обеспечения работоспособности системы (бесперебойное питание, коннекторы, соединительные кабели);

$C_{Пр}$ – затраты на выполнение проектной документации, расходы на проектно-изыскательские ра-

боты, написание технического задания, расчеты, согласование рабочего проекта, подготовка сметно-исполнительной и эксплуатационной документации;

$C_{Раз}$ – стоимость размещения оборудования, за электроэнергию, согласование трасс прохождения коммуникаций и т.д. [3]. Для железнодорожного транспорта оборудование размещается в собственных помещениях (дом связи), этот фактор не является значительным, а для операторов и корпоративных пользователей этот параметр очень важен из-за дорогой арендуемой помещений [3];

$C_{ПО}$ – стоимость основного программного обеспечения (ПО) и лицензий.

Для современных систем передачи и коммутации стоимость ПО значительно превышает стоимости аппаратных средств, с этой целью в ходе исследования на основе алгоритмов и спецификаций функционирования коммутационных станций сети ОТС железнодорожного транспорта, было разработано программное обеспечение «Программа для устройств пункта промежуточной станционной связи при 2-х или 4-х проводной линии оперативно-технологической связи» и получено Свидетельство об официальной регистрации программы для электронных-вычислительных машин – №DGU-06111.

Рисунок 1. Результат расчетов общих затрат при организации сети ОТС на участке «Ангрен-Пап» на основе различных цифровых систем передачи и коммутационных станций

$C_{ВПО}$ – стоимость вспомогательного программного обеспечения, затраты на организацию мониторинга и тестирования основного оборудования, биллинг и удобную эксплуатацию. Часто программное обеспечение поставляется в комплекте с оборудованием, но есть и отдельно доступные системы;

$C_{Раб}$ – стоимость работ, которая включает в себя установку, настройку, монтаж, пуско-наладку, тестирование системы, инсталляции дополнительного

оборудования и вспомогательного ПО [2]. Это важный показатель, поскольку спецификации названия работ могут отличаться от одного поставщика к другому. Возможна поставка законченной системы с электропитанием, кондиционированием и обучением специалистов [3];

$C_{Обуч}$ – стоимость обучения персонала заказчика.

Для качественной работы системы самостоятельно (без привлечения – аутсорсинга), что является

обязательным условием для железнодорожного транспорта, требуется квалифицированный обслуживающий персонал. В связи с новизной внедряемых систем обучение является обязательным, а стоимость его неизбежной.

Согласно формуле (1) произведен расчет общих затрат при организации сети ОТС на участке «Ангрен–Пап» [4-10] на основе различных цифровых систем передачи и коммутационных станций (рис.1).

Выводы:

Предусмотрены разные варианты построения первичной сети и на основе, которых организованы ОТС в разных системах передачи, поскольку построения сети ОТС на базе SGM и ППСЦ считается оптимальным с точки зрения экономического и технического варианта реализуемого проекта.

Произведен расчет экономических затрат при проектировании сети ОТС на участке «Ангрен–Пап» и сделан сравнительный анализ на базе разных цифровых систем передачи и коммутационной станции.

Список литературы:

1. Григорьева. И.И., М.В. Григорьев. Экономическая эффективность информационных систем / Тюмень.: Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2014. – 186 с.
2. Петров. А.А. Методы определения эффективности применения технологии IP-телефонии в информационных структурах железнодорожного транспорта: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.17. Москва: МИИТ 2006. – 193 с.
3. Халиков А.А., Ураков О.Х. Внедрение модифицированных устройств, для оперативно-технологической связи на железнодорожном участке Ангрен-Пап. // Мухаммад Ал-Хоразми авлодлари Илмий-амалий ва ахборот-таҳлилий журнал №3(5) / 2018. –С. 89-94.
4. Халиков А.А., Ураков О.Х. The tasks of organizing and managing the integrated digital network of operational and technological communication based on PIC-D devices at the Angren-Pap railway sections. //Journal "European science review" №9-10.2018. September-Oktober. Volume 1. pp.220-227.
5. Халиков А.А., Ураков О.Х. Распределение телефонной нагрузки в сетях оперативно-технологической связи АО «Ўзбекистон темир йўллари». //Норвегия Журнал NJDIS №29 (1). VOL 1. 2019. -С. 52-55.
6. Халиков А.А., Ураков О.Х. Анализ существующей сети оперативно-технологической связи с применением IP-технологии и их эффективного развития для улучшения перевозочного процесса АО «Ўзбекистон темир йўллари» // МИАЖ “Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык». Электронный журнал. Иркутск-2019. №2.
7. Халиков А.А., Ураков О.Х. Существующие проблемы и перспективы развития поездной радиосвязи в железнодорожном тоннеле «Камчик» //Материалы в сборнике трудов конференции серии: «International scientific review». (Boston. USA. №11(53). 2018.November. -С. 24-28,
8. Халиков А.А., Ураков О.Х. Проблемы и перспективы развития поездной радиосвязи в железнодорожном тоннеле «Камчик» //Вестник научных конференций 2018. N 10-4(38). – С.118-119. Наука и образование в XXI веке. По материалам международной научно-практической конференции 31 октября 2018 г. Часть 4.
9. Халиков А.А., Ураков О.Х. Распределение телефонной нагрузки в сетях оперативно-технологической связи АО «Ўзбекистон темир йўллари». // Проблемы получения, обработки и передачи измерительной информации II Международная научно-техническая конференция, посвященная 90 - летию со дня рождения профессора Зарипова Мадияра Фахритдиновича 19–20 сентября 2019 г., Уфа, Россия. - С.9-12.
10. Халиков А.А., Ураков О.Х. Организация и управления интегральной цифровой сетью оперативно-технологической связи на основе устройств контроллера периферического интерфейса на железнодорожных участках. UNIVERSUM Технические науки. Раздел Радиотехника и связь 2020. 1(70). –С. 44-50.

**РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА УСТРОЙСТВА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПИТАНИЕМ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА УЗЛЕ СВЯЗИ
С НЕКРУГЛОСУТОЧНЫМ ДЕЖУРСТВОМ ЧЕРЕЗ СЕТЬ GSM**

Михалев Илья Андреевич

Академия ФСО России,
РФ, Орловская область, г. Орёл
Email: super.mihale1998@gmail.com

Карун Давыд Петрович

Академия ФСО России,
РФ, Орловская область, г. Орёл
Email: karun99@mail.ru

Тезин Александр Васильевич

канд. техн. наук, Академия ФСО России,
РФ, Орловская область, г. Орёл
Email: tav5909@mail.ru

**DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE DEVICE FOR POWER MANAGEMENT
OF TELECOMMUNICATION EQUIPMENT ON COMMUNICATION CENTER
WITH NON-ROUND-THE-CLOCK DUTY BASED ON THE GSM NETWORK**

Ilya Mihalev

Academy of Federal Security Service of Russia,
Russia, Oryol region, Oryol

Davyd Karun

Academy of Federal Security Service of Russia,
Russia, Oryol region, Oryol

Alexander Tezin

candidate of Technical Sciences, Academy of Federal Security Service of Russia,
Russia, Oryol region, Oryol

АННОТАЦИЯ

В данной работе рассматриваются возможные варианты применения аппаратно-вычислительных платформ в качестве устройства дистанционного управления электропитанием телекоммуникационного оборудования. В статье идет детальное рассмотрение устройств различного класса и рода выполняемых задач для необходимых целей, определяемых администратором сети удаленного доступа. Рассматривается пример реализации дистанционного управления с помощью DTMF декодера. Предложенный вариант дистанционного управления оборудованием будет использоваться на объектах связи с не круглосуточным дежурством.

ABSTRACT

In this paper, we consider possible applications of hardware-computing platforms as a device for remote power management of telecommunication equipment. The article provides a detailed review of devices of various classes and types of tasks performed for the necessary purposes defined by the administrator of the remote access network. An example of implementing remote control using a DTMF decoder is considered. The proposed version of remote control equipment will be used in communication facilities with non-round-the-clock duty.

Ключевые слова: платформа Arduino Uno, некруглосуточное дежурство, аппаратура ОАО «Супертел», узел связи, сеть GSM, мобильное устройство Dexplay m8.

Keywords: platform Arduino Uno, non-round-the-clock duty, «Supertel» technical equipment, communication center, GSM network, mobile device Dexplay m8.

Дистанционное управление электропитанием телекоммуникационного оборудования может сократить время, требующееся для контроля и эксплуатации различных систем [1]. Рассмотрим несколько примеров.

На данный момент широко распространены объекты связи, где технический персонал находится не круглосуточно на дежурстве, или отсутствует вообще. Однако на таких объектах бывают случаи, когда необходимо оперативно включить или выключить оборудование, что требует прибытия персонала на данный объект связи, и сотрудник соответственно тратит время на это. Бывают случаи, что оборудование «зависает», и сотруднику приходится ехать некоторое время до объекта связи для перезагрузки всей системы.

Чтобы избежать подобных ситуаций, для экономии времени и сил сотрудников на бессмысленные многочасовые переезды и применяется дистанционное управление электропитанием телекоммуникационного оборудования, которое можно реализовано различными способами, например при помощи GSM.

Сеть GSM состоит из четырех отдельных частей, которые работают вместе, чтобы функционировать как единое целое: само мобильное устройство, подсистема базовой станции, подсистема коммутации сети и подсистема управления и поддержки. Мобильное устройство подключается к базовой сети, далее базовая сеть передает информацию на контроллер базовой станции [3]. После обработки информации на контроллере информация передается на мобильный коммутационный центр, где вызов передается на нужного абонента.

Для реализации прототипа нам необходимо само мобильное устройство, и мы остановили свой выбор на Dexp larus m8. Внешний вид телефона представлен на рисунке 1.

Рисунок 1. Внешний вид телефона Dexp larus m8

Вторым шагом необходимо выбрать платформу, на которой будет реализован прототип. Есть множество платформ, на которых можно реализовать нашу задачу. Среди них Arduino, Raspberry Pi и другие. Но мы остановили свой выбор на Arduino, так как фактически электронный блок Arduino является аналогом материнской платы современного компьютера. На нем имеются разъемы для подключения внешних устройств, а также разъем для связи с компьютером, по которому и осуществляется программирование микроконтроллера. Особенности используемых микроконтроллеров ATmega фирмы Atmel позволяют производить программирование без применения специальных программаторов. Все, что нужно для создания нового электронного устройства, – это плата Arduino, кабель связи и компьютер. Нет надобности и в создании законченных плат и модулей. Разработчик может использовать готовые платы расширения или просто напрямую подключить к Arduino необходимые элементы. Все остальные усилия будут направлены на разработку и отладку управляющей программы на языке высокого уровня. У семейства Arduino есть множество различных платформ, рассмотрим основные из них для решения нашей задачи.

Плата Arduino Uno построена на платформе ATmega 328, имеющей 14 цифровых входов/выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB, либо подать питание при помощи адаптера AC/DC или батареи [2].

Arduino Mega 2560 построена на микроконтроллере ATmega 2560. Плата имеет 54 цифровых входа/выходов (14 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 16 аналоговых входов, 4 последовательных порта UART, кварцевый генератор 16 МГц, USB коннектор, разъем питания, разъем ICSP и кнопка перезагрузки.

Arduino Leonardo – контроллер на базе ATmega 32u4. Платформа имеет 20 цифровых вход/выходов (7 из которых могут использоваться как выходы ШИМ и 12 как аналоговые входы), кварцевый генератор 16 МГц, разъем микро-USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки.

Из всех представленных выше платформ наиболее подходящей для решения поставленной задачи является Arduino Uno, так как в ней имеется достаточное количество входов/выходов, она не дорогая и ее легко найти в любом магазине, где продаются радиодетали.

Одним из основных элементов разработанного прототипа является DTMF декодер. Сигнал DTMF может быть декодирован на цифровой ЭВМ с использованием алгоритма Герцеля. Существуют также готовые микросхемы DTMF-декодера: MT8860, MT8870, MT88E43, HT9170, MC145436, SM8223, CSC9270 и другие. Внешний вид DTMF декодера на основе микросхемы MT8870 представлен на рисунке 2.

Для включения потребителей 220 Вольт в разработанном прототипе устройства управления электропитанием по сети GSM с использованием DTMF декодера используется блок реле (рисунок 3).

Рисунок 2. Внешний вид DTMF декодера на основе микросхемы MT8870

Рисунок 3. Блок реле на 220 Вольт

На рисунке 4 представлена функциональная схема разработанного прототипа по управлению электропитанием телекоммуникационного оборудования через сеть GSM.

Второй частью проекта Arduino является программное обеспечение для создания управляющих программ. Оно объединило в себе простейшую среду разработки и язык программирования, представляю-

щий собой вариант языка C/C++ для микроконтроллеров. В него добавлены элементы, позволяющие создавать программы без изучения аппаратной части. Так что для работы с Arduino практически достаточно знания только основ программирования на C/C++. Создано для Arduino и множество библиотек, содержащих код, работающий с различными устройствами.

Рисунок 4. Функциональная схема разработанного прототипа по управлению электропитанием телекоммуникационного оборудования на узлах связи с некруглосуточным дежурством через сеть GSM с использованием платы Arduino Uno

Для этого необходимо определиться с выбором программы, где можно это сделать. Есть огромный выбор программ такие как Arduino IDE, ArduBlock, PlatformIO и другие. Мы выбрали среду разработки

Arduino IDE, так как она более проста в использовании и является наиболее популярной среди разработчиков аппаратно-программных компонентов. Фрагмент скетча для разработанного макета представлен на рисунке 5.

```
#include "SD.h"
#define SD_ChipSelectPin 10
#include "TMRpcm.h"
#include "SPI.h"
TMRpcm tmrpcm;
boolean ledEnabled1 = false;
boolean ledEnabled2 = false;
boolean ledEnabled3 = false;
boolean ledEnabled4 = false;
boolean ledEnabled5 = false;
boolean ledEnabled6 = false;
boolean ledEnabled7 = false;
void setup() {
    tmrpcm.speakerPin = 9;
    pinMode(3, INPUT);
    pinMode(4, INPUT);
    pinMode(5, INPUT);
    pinMode(6, INPUT);
    pinMode(7, INPUT);
    pinMode(A0, OUTPUT);
    pinMode(A1, OUTPUT);
    pinMode(A2, OUTPUT);
    pinMode(A3, OUTPUT);
    pinMode(A4, OUTPUT);
    pinMode(A5, OUTPUT);
    pinMode(8, OUTPUT);
}
```

Рисунок 5. Фрагмент скетча для разработанного прототипа в программной среде Arduino IDE

Таким образом, разработанный прототип устройства для управления электропитанием телекоммуникационного оборудования на узле связи с некруглосуточным дежурством через сеть GSM позволит:

- функционировать в режиме управления;
- дистанционно управлять (включение и выключение) любой нагрузкой посредством команд с телефона;

- осуществлять контроль за климатом в помещении и поддерживать необходимый температурный режим;
- выполнить экстренное отключение электропитания нагрузки при необходимости;
- функционировать в режиме мониторинга.

Список литературы:

1. Прототипирование [Электронный ресурс] // Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Прототипирование> (дата обращения: 17.01.20).
2. Arduino BoardUno [Электронный ресурс] // Arduino.cc URL: https://www.arduino.cc/en/Main/Arduino_BoardUno (дата обращения: 26.01.20).
3. GSM [Электронный ресурс] // Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/GSM> (дата обращения: 20.01.20)

**РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА УСТРОЙСТВА ПО УДАЛЕННОМУ КОНТРОЛЮ
ЗА ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ ПРОИЗВОДСТВА ОАО «СУПЕРТЕЛ»
НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОТОКОЛА RS-485**

Петров Илья Владимирович

Академия ФСО России,
РФ, Орловская область, г. Орёл
Email: tavolga@protonmail.com

Лаврентьев Павел Андреевич

Академия ФСО России,
РФ, Орловская область, г. Орёл

Тезин Александр Васильевич

канд. техн. наук, Академия ФСО России,
РФ, Орловская область, г. Орёл

**DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE DEVICE FOR REMOTE MONITORING
OF TECHNICAL EQUIPMENT MANUFACTURED BY «SUPERTEL»
BASED ON THE ARDUINO PLATFORM USING THE RS-485 PROTOCOL**

Ilya Petrov

Academy of Federal Security Service of Russia,
Russia, Oryol region, Oryol

Pavel Lavrentiev

Academy of Federal Security Service of Russia,
Russia, Oryol region, Oryol

Alexander Tezin

candidate of Technical Sciences, Academy of Federal Security Service of Russia,
Russia, Oryol region, Oryol

АННОТАЦИЯ

В данной работе рассматриваются возможные варианты применения аппаратно-вычислительных платформ в качестве устройств контроля за техническими средствами. В качестве базисных экземпляров используются мультиплексоры производства ОАО «Супертел». В статье идет детальное рассмотрение устройств различного класса и рода выполняемых задач для необходимых целей, определяемых администратором сети удаленного доступа. Рассматривается пример реализации схемы контроля через различные интерфейсы, определяемых совокупностью технологических факторов. Предложенный вариант устройства по удаленному контролю за техническими средствами будет использоваться при изучении дисциплин, связанных с телекоммуникациями, а также он может быть рекомендован для внедрения на объекты связи для контроля за состоянием аппаратуры.

ABSTRACT

This work discusses possible uses of hardware and computing platforms as devices for monitoring technical devices. Multiplexers manufactured by «Supertel» company are used as base units. The article is a detailed consideration of devices of various classes and types of tasks performed for the necessary purposes, determined by the administrator of the remote access network. An example of the implementation of a control scheme by various interfaces, determined by a set of technological factors, is considered. The suggested version of the system for remote monitoring of technical devices will be used in the study of disciplines related to telecommunications, and it can also be recommended for implementation on communication facilities to control the status of equipment.

Ключевые слова: платформа Arduino Mega 2560, удаленный контроль, аппаратура ОАО «Супертел», узел связи, протокол RS-485.

Keywords: platform Arduino Mega 2560, remote monitoring, «Supertel» technical equipment, communication center, protocol RS-485.

Развитие телекоммуникационных технологий в последние годы позволило мгновенно устанавливать связь с каким-либо пользователем в любой точке

мира. Эти технологии можно также применять в сети связи общего пользования для того, чтобы находяще-

еся там оборудование могло сообщать о своем состоянии оператору, который осуществляет контроль за аппаратурой из помещения дежурного по связи. Более того, дежурный по связи получит оповещение именно тогда, когда оборудованию необходимо уделить внимание. Автоматизированный контроль обеспечивает индикацию работоспособности той или иной аппаратуры в режиме реального времени и позволяет определять условия работоспособности аппаратуры, которые могут непреднамеренно или без ведома персонала привести к неисправности оборудования. Операторы вносят корректировки в работу оборудования, что позволяет избежать его отказов. При наличии развитой системы предупреждения персонала, осуществляющий техническое обслуживание, может работать именно с тем оборудованием, которое в нем на самом деле нуждается, а не терять время на поиски проблем, проводя контроль вручную. Данная тема является актуальной, так как удобнее наблюдать за состоянием аппаратуры, находясь в помещении дежурного по связи, нежели делать частые обходы помещений узла связи для постоянного контроля [1].

Для решения сложных технических задач, связанных с разработкой больших проектов и их комплексной автоматизацией, на данный момент используются две самые популярные платформы по удаленному контролю различных периферийных устройств:

- 1) Arduino;
- 2) Raspberry Pi.

Первое, о чем необходимо сказать – Arduino и Raspberry Pi – это разные платы. Они похожи только корпусом, но их характеристики заметно отличаются. Так, процессор в "Raspberry Pi" в 40 раз более быстрый, чем в Arduino. Разница в объеме оперативной памяти более чем в 100 тысяч раз – 1 гигабайт против всего 32 килобайт. Почему за основу была взята платформа Arduino? Arduino – это одиночная плата, которая не загружена выполнением кода операционной системы. Данная платформа обрабатывает только одну задачу – все задачи выполняются в

режиме реального времени. Кроме этого, соответствующая плата имеет сравнительно низкое энергопотребление. Но главное достоинство Arduino заключается в ее простоте. Общаться с этой платформой очень легко – необходимо разобраться только в одном – IDE (программная среда). В то время как на Raspberry нужно изучать операционную систему, а также устанавливать различные библиотеки.

После выбора платформы Arduino для удаленного контроля техническими средствами необходимо разобраться, какой вид платформы больше подойдет для нас. Основными платформами являются [2]:

- 1) Arduino xxx (стандартный размер, 20 входов-выходов);
- 2) Arduino Nano xxx (уменьшенный размер, 22 входа-выхода);
- 3) Arduino Mega xxx (увеличенный размер, 70 входов-выходов);
- 4) Arduino Mini xxx (еще более уменьшенный размер, 20 входов-выходов).

Из перечисленного выше перечня наш выбор остановился на плате Arduino Mega, потому что данная платформа имеет большое количество цифровых и аналоговых входов. А для управления техническими средствами нам понадобится не менее 20 цифровых и 3 аналоговых входов. Существуют несколько модификаций данной платформы:

- 1) Arduino Mega;
- 2) Arduino Mega 2560;
- 3) Arduino ADK.

В результате проведенного анализа была выбрана плата Arduino Mega 2560 (рисунок 1), потому что, во-первых, объем внутренней памяти у данной платформы больше, чем у обычной Arduino Mega, а, во-вторых, у нас нет необходимости подключаться к операционной системе Android, что задействовано в плате Arduino ADK.

Подключение любых устройств к плате Arduino Mega 2560 осуществляется путем присоединения к контактам, расположенным на плате контроллера: одному из цифровых или аналоговых пинов или пинам питания.

Рисунок 1. Плата Arduino Mega 2560

НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАТЫ ARDUINO MEGA 2560:

- 1) Микроконтроллер – Atmega2560;
- 2) Рабочее напряжение – 5 В;
- 3) Входное напряжение – 7-12 В;
- 4) Выходное напряжение (предельное) – 6-20 В;
- 5) Цифровые входы/выходы - 54 (14 из которых могут работать также как выходы ШИМ);
- 6) Аналоговые входы – 16;
- 7) ОЗУ – 8 Кбайт;
- 8) Флеш-память – 256 Кбайт (8 Кбайт используется для загрузчика);
- 9) Тактовая частота - 16 МГц.

Arduino Mega 2560 может получать питание как через подключение по USB, так и от внешнего источника питания. Источник питания выбирается автоматически.

Внешнее питание (не USB) может подаваться через преобразователь напряжения AC/DC (блок питания) или аккумуляторной батареей. Преобразователь напряжения подключается посредством разъема 2.1

мм с положительным полюсом на центральном контакте. Провода от батареи подключаются к выводам Gnd и Vin разъема питания (POWER).

Пины с номерами от 0 до 53 являются цифровыми. Это означает, что вы можете считывать и подавать на них только два вида сигналов: HIGH и LOW. С помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ) также можно использовать цифровые порты для управления мощностью подключенных устройств.

Аналоговые пины Arduino Mega 2560 предназначены для подключения аналоговых устройств и являются входами для встроенного аналого-цифрового преобразователя (АЦП), который в Arduino Mega шестнадцатиразрядный.

Чтобы данную плату согласовать с компьютером, необходимо используя ПО Arduino IDE написать скетч, где прописать программный код для каждого цифрового и аналогового входа (фрагмент скетча для разработанного устройства представлен на рисунке 2).

Рисунок 2. Фрагмент скетча для разработанного устройства

Далее, используя COM-порт (интерфейс RS-232) компьютера, необходимо «прошить» данный программный код в плату. Однако используя интерфейс USB, пользователь сможет контролировать и управлять аппаратурой только на расстоянии до 10 метров [3]. Поэтому необходимо использовать интерфейс RS-485 для увеличения расстояния по контролю работоспособности аппаратуры из помещения дежурного. Однако при подключении аппаратуры напрямую по интерфейсу RS-485 возникнут проблемы с ее правильным функционированием. Для правильной работы технических средств по данному интерфейсу необходим преобразователь RS-232 (COM-порт компьютера) в RS-485 (рисунок 3)

Рисунок 3. Преобразователь интерфейса RS-232 в интерфейс RS-485

Интерфейс RS-485 позволяет осуществлять контроль за аппаратурой на расстоянии до 1200 метров [4]. Тем самым оператор, находясь в помещении дежурного имеет возможность проконтролировать состояние и получать информацию о состоянии аппаратуры связи со всех технических средств, которые находятся в помещениях в радиусе до 1200 метров. В стандарте RS-485 для передачи и приёма данных используется одна витая пара проводов, иногда сопровождаемая экранирующей оплеткой или общим проводом. Передача данных осуществляется с помощью

дифференциальных сигналов. Разница напряжений между проводниками одной полярности означает логическую единицу, разность другой полярности — ноль. Стандарт определяет следующие линии для передачи сигнала:

- А — неинвертирующая;
- В — инвертирующая;
- С — необязательная общая линия (ноль).

Пример подключения RS-485 устройств с двумя контактами представлен на рисунке 4.

Рисунок 4. Подключение RS-485 устройств с двумя контактами

Однако если необходимо организовать связь с помощью протокола RS-485 на расстоянии большем 1200 м или подключить больше устройств, чем допускает нагрузочная способность передатчика - применяют специальные повторители.

Ниже представлена структурная схема (рисунок 5) прототипа устройства по удаленному контролю за техническими средствами производства ОАО «Супертел» таких как: МП, КЦС, СМД, ОСМ-К, МКСС.

Рисунок 5 – Структурная схема удаленного контроля техническими средствами

Каждое устройство имеет свой разъем, например, МП имеет разъем «СТАТИВ», МКСС – «СТАТИВ»,

СМД – «КОНТРОЛЬ», ОСМ-К – «КОНТРОЛЬ», КЦС – «СТАТИВ».

На рисунке 6 представлен внешний вид разъема «СТАТИВ», а в таблице 1 назначение его контактов. В разъеме «СТАТИВ» имеются 2 контакта (1,6), которые передают информацию о сбое в аппаратуре или каких-либо ошибок при настройке оборудования – сигнал «Авария». Другие 2 контакта (2,7) дают сигнал «Предавария» - в случае пропадания питания или предаварийном состоянии аппаратуры.

"СТАТИВ"

Блочная часть - Розетка D-SUB 9 pin

Рисунок 6. Внешний вид разъема «СТАТИВ»

Таблица 1.

Назначение контактов разъема «СТАТИВ»

Контакт	Наименование цепи
1	Авария +
6	Авария -
2	Предавария +
7	Предавария -
4	Звонок +
9	Звонок -
3	Вызов статива +
8	Вызов статива -

На рисунке 7 представлен внешний вид разъема «КОНТРОЛЬ» и здесь использовать аналогично 4 контакта, которые отвечают за аварию (18,26) и предаварию (17,25) технического средства. Нумерация данных контактов представлена в структурной схеме, а также в таблице 2, где представлена рекомендация по распайке вилки высокой плотности D-SUB для разъемов «КОНТРОЛЬ».

«КОНТРОЛЬ»

Розетка 26 pin высокой плотности (Нумерация контактов показана со стороны лицевой панели)

Рисунок 7. Внешний вид разъема «КОНТРОЛЬ»

Таблица 2.

Рекомендация по распайке вилки контактов разъема «КОНТРОЛЬ»

Контакт	Наименование цепи
18	Авария +
26	Авария -
17	Предавария +
25	Предавария -
16	Вызов +
24	Вызов -
15	Звонок +
23	Звонок -
9	Датчик 1 +
8	Датчик 1 -
7	Датчик 2 +
6	Датчик 2 -

5	Датчик 3 +
4	Датчик 3 -
3	Датчик 4 +
2	Датчик 4 -
14	Управление 1 +
22	Управление 1 -
13	Управление 2 +
21	Управление 2 -
12	Управление 3 +
20	Управление 3 -
11	Управление 4 +
19	Управление 4 -
1	Общий
10	

Чтобы правильно получать сигналы о состоянии того или иного технического средства необходимо вилку высокой плотности D-SUB 26 pin для разъема «КОНТРОЛЬ» и D-SUB 9 pin для разъема «СТАТИВ» распаять в соответствии с маркировками, указанных на рисунке 6 и 7 [5].

Таким образом, для получения сигналов «Авария» и «Предавария» будут использованы контакты (1,2,6,7) разъема «СТАТИВ» и контакты (17,18,25,26) разъема «КОНТРОЛЬ».

Дальнейшее совершенствование данного прототипа устройства возможно в направлении добавления видеонаблюдения, а также других датчиков, не

представленных в статье для дополнительного контроля за аппаратурой. Не менее важным является и вопрос одновременного контроля за аппаратурой других производителей, таких как ПАО «МОРИОН»

Разработанный прототип устройства по удаленному контролю за техническими средствами будет использоваться при изучении дисциплин, связанных с телекоммуникациями, а также он может рекомендован для внедрения на объекты связи для контроля за состоянием аппаратуры ОАО «Супертел» из помещения дежурного по узлу.

Список литературы:

1. Эра дистанционного контроля оборудования становится реальностью [Электронный ресурс] URL: <https://controlengrussia.com> (дата обращения: 15.01.20).
2. Arduino Mega 2560 [Электронный ресурс] // Arduino.ru URL: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoard-Mega2560> ((дата обращения: 18.01.20).
3. Протокол USB [Электронный ресурс] // Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/USB> (дата обращения: 20.01.20).
4. RS-485 [Электронный ресурс] // Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/RS-485> (дата обращения: 21.01.20)
5. ОАО СУПЕРТЕЛ [Электронный ресурс] // Санкт-Петербург. URL: <http://www.supertel.ru> (дата обращения: 22.01.20)

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
НЕМОДИФИЦИРОВАННЫХ НЕФТЯНЫХ БИТУМНЫХ МАТЕРИАЛОВ**Акбаров Илхомжон Гуломжанович***ст. преподаватель Наманганского инженерно-строительного института,
Узбекистан, г. Наманган***Негматов Сойибжон Содикович***д.т.н. профессор ГУП «Фан ва Тараққиёт» при ТГТУ.
Ташкент. Узбекистан***Бойдадаев Муротбек Бойдада угли***ст. преподаватель Наманганского инженерно-строительного института,
Узбекистан, г. Наманган
Email: murotboy@mail.ru*RESEARCH OF PECULIARITIES AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES
OF UNMODIFIED OIL BITUMINOUS MATERIALS**Ilhomjon Akbarov***Senior Lecturer, Namangan Institute of Civil Engineering,
Uzbekistan, Namangan***Soyibjon Negmatov***Doctor of Technical Science, State Unitary Enterprise “Fan va Taraqqiyot”, Tashkent State Technical University,
Uzbekistan, Tashkent***Murotbek Boydadayev***Senior Lecturer, Namangan Institute of Civil Engineering,
Uzbekistan, Namangan*

АННОТАЦИЯ

В данной статье приводятся результаты работ по исследованию особенностей и физико-химических свойств немодифицированных нефтяных битумных материалов.

ABSTRACT

In the article evaluation operation results of peculiarities and physicochemical properties of unmodified oil bituminous materials are presented.

Ключевые слова: битум, технологическое оборудование, температура размягчения, температура хрупкости, эластичность.

Keywords: bitumen; technological equipment; softening temperature; brittle temperature; elasticity.

Как известно битум в основном, производится в нефтеперерабатывающих заводах. В республике Узбекистан битум выпускается Ферганским, Бухарским, Чиназским и другими нефтеперерабатывающими заводами.

Необходимо отметить, что свойства битума существенно зависит от способа их получения в нефтеперерабатывающем заводе, поэтому нами в первую

очередь были проведены контрольные исследования свойств битумов, полученных различными способами и установками.

В таблице 1.1 приведены характеристики битумов, полученных в различных реакторах.

Таблица 1.

Характеристика битумов, полученных в различных реакторах

Показатели	Глубина проникновения иглы при 25°C, мм ³								
	100	50	20	100	50	20	100	50	20
	трубчатый реактор			бескомпрессорный реактор			барботажный реактор		
Температура размягчения, °C по КиШ	49,5	62,5	100	49,0	58,5	87	49,0	58,5	80
Глубина проникания иглы при °C, x10мм	30	21	14	27,0	19	13	24	16	12
Температура хрупкости, °C	-22	-16,5	-	-	16,5	-	-20,0	-75,5	-

Далее нами были исследованы изменения температуры и глубина проникновения иглы битума в процессе окисления. На рис. 1. приведены зависимости

изменения этих характеристик от времени проведения процесса.

Рисунок 1. Изменение температуры размягчения по кольцу и шару (1) и глубина проникания иглы 0,1 мм, при 25°C (2) в процессе окисления битума

Результаты исследования (рис 1.) показывают, что в начальный период окисления (первые 2 ч) температура размягчения битума изменяется мало, что обусловлено значительным отгоном легких фракций, снижающих концентрацию кислорода и тем самым замедляющих процесс окисления.

В дальнейшем скорость повышения температуры размягчения увеличивается. Глубина проникания иглы, соответственно, в начале резко уменьшается интенсивно, а затем изменяется незначительно.

Полученный битум намного превышает требование ГОСТа на кровельные битумы по глубине проникания иглы при 25 °C (30-31x0,1 мм при 90°C по КиШ, по ГОСТ - не менее 20x0,1 мм) (рисунок 1).

Битум с температурой размягчения 104°C по КиШ имеет температуру хрупкости - 11,5°C (по Фраасу), температуру вспышки 305-310°C. Эти данные показывают, что масла в битуме предельно окисленные, не полимеризуются и трудно окисляются, что является признаком лучшего качества битума и его долговечности (рис. 2).

Высокая эластичность полученного битума объясняется, возможно, тем, что окисление в эмульсионном состоянии происходит при высоких скоростях смеси (30-40 м/с), при этом создается большая поверхность контакта газа с жидкостью, хорошая интенсивность ее обновления, и тем самым исключается возможность образования крупных (агрегированных) асфальтенов.

Структуру полученных битумов исследовали методом ИК-спектроскопии для выявления зависимости их химического состава от глубины окисления. ИК-спектры регистрировали на автоматическом спектрофотометре UR-10 фирмы Карл-Цейс в области частот 400-4000см⁻¹ с призмами KBr, NaCl и LiF.

Образцы готовили в виде пленок, получаемых из разбавленных растворов битума в хлороформе после испарения растворителя.

ИК-спектры четырех образцов-битумов (исходного гудрона, после окисления в течение 1, 3 и 4 ч) имеют одинаковые полосы поглощения, характеризующие общий состав веществ, взятых на анализ, и отличаются друг от друга интенсивностью полосы

поглощения с частотой 1700 см^{-4} . Интенсивность полосы возрастает с увеличением глубины окисления (повышением температуры размягчения по КиШ).

Такая частота характерна для валентных колебаний карбонильной группы C=O .

1 - масса; 2 - бензольные смолы; 3 - спиртобензольные смолы; 4 - асфальтены

Рисунок 2. Изменение группового состава битума в зависимости от его температуры размягчения

Таким образом, с повышением температуры размягчения увеличивается содержание кислородосодержащих структур в битуме. Остальные полосы поглощения (ПП) практически одинаковы для всех образцов. ПП свидетельствуют о сложности состава битума, куда входят метанонафтоновые структуры, ароматические и гетеросоединения.

Контрольными исследованиями установлено, что битумы, в основном, состоят из химических элементов, мас. %: углерод - 80-87, водород - 10-12, кислород - 5-10, сера - 2-5, азот - 2-3. Кроме этого, молекулы веществ, входящих в состав битумов, содержат также активные функциональные группы как OH^- , COOH^- , $\text{CH}_2\text{-CH}_2$, NH_2 и другие.

Результаты комплексных исследований битума, полученного из гудрона ферганской нефти на окислительной установке имеет аналогичные свойства битумом марки БНД-60/90, БНД-40-60, БН-70/30, БН-90/10, что, дает основание рекомендовать их к применению в данной работе для дальнейших исследований с целью разработки модифицированных битумных композиций.

В мировой практике с целью улучшения свойств битумов для их модификации применяется различные полимеры и поверхностно активные вещества - ПАВ [62,63,65]. Применение полимерных материалов для получения модифицированных битумных

композиций в отечественной кровельной промышленности крайне ограничено, что обусловлено дефицитом, высокой стоимостью полимеров и их плохой совместимостью с битумами.

Тенденция развития производства полимерных модификаторов существующих ПАВ в странах СНГ из-за высокой стоимости не позволяет надеяться на полное удовлетворение потребностей кровельной промышленности в указанном сырье в ближайшее время. В этой связи предлагается сосредоточить внимание на использовании вторичных полимерных ресурсов и отходов производства и ПАВ на основе вторичных сырьевых ресурсов и отходов производств.

Как указывалось выше, из вторичных полимерных модификаторов наиболее перспективным, доступным и дешевым сырьем является отходы различных органических производств, в том числе, резиновая крошка резинотехнических производств и амортизированных автопокрышек. Благодаря содержанию в ней 50-60% каучука резиновая крошка, а также поверхностно активное вещество ПАВ композит на основе госсиполовой смолы, являющийся отходом масложирового производства при соответствующей термомеханической обработке битумно-полимерной смесью может служить хорошим модификатором для получения эффективных кровельных и гидроизоляционных композиционных материалов.

Список литературы:

1. Гранев В.В. и др. Определение потенциального срока службы кровельных битумно-полимерных наплавленных рулонных материалов //Ж. «Промышленное и гражданское строительство.»- № 1. М. 2001, -С.39-41.
2. Билетов К.Б. и др. Основные причины разрушения кровельного рулонного материала покрытий в условиях сухого жаркого климата // В кн.: Расчет естественного освещения в светоклиматических условиях Узбекистана. - Ташкент, Т. 2008. с.28-31
3. Жаббаров У.Р. Долговечность гидроизоляционных материалов плоских крыш в условиях жаркого климата, - Ташкент: ФАН, 1992. - 134 с.
4. Жаббаров У.Р. Исследования физико-химических, эксплуатационных свойств полимербетумных композиций и перспективность их применения в кровельных покрытиях //Ж. «Вестник ТашГТУ» Ташкент, 2002, № 1,-С.77-78.

ПРИМЕНЕНИЕ СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРЫ ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ 15-ЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА

Усманходжаева Лола Асадовна

*ст. преп., Ташкентский архитектурно-строительный институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент*

Нигматжонов Диёржон Гайратжон угли

*студент, Ташкентский архитектурно-строительный институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: diyornigmatjonov@mail.ru*

Адхамов Окилжон Иброхим угли

*студент, Ташкентский архитектурно-строительный институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент*

APPLICATION OF FIBERGLASS REINFORCEMENT FOR REINFORCING THE FOUNDATION PLATE 15-STORY RESIDENTIAL BUILDING

Usmanxodjaeva Lola

*Senior lecturer, Tashkent institute of architecture and civil engineering
Uzbekistan, Tashkent*

Nigmatjonov Diyorjon

*Student, Tashkent institute of architecture and civil engineering
Uzbekistan, Tashkent*

Adxamov Oqiljon

*Student, Tashkent institute of architecture and civil engineering
Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

В данной статье выполнен обзор первого в мире масштабного конструктивного элемента, как фундаментная плита 15-этажного жилого здания в Москве с применением армирования из стеклопластиковых прутьев. Также рассмотрены критерии проектирования, детали конструкции для стеклопластиковой арматуры, состав и конструкция фундаментной плиты и краткий анализ исследования, выполненный в ходе строительства.

ABSTRACT

This article provides an overview of the world's first large-scale structural element, as the foundation slab of a 15-story residential building in Moscow using fiberglass reinforcement. The design criteria, design details for fiberglass reinforcement, the composition and construction of the foundation slab, and a brief analysis of the study performed during construction are also considered.

Ключевые слова: коррозия, фундаментная плита, стекловолокно, прутья, арматура, бетон, армирование, датчики, устройства, прочность

Keywords: corrosion, foundation plate, fiberglass, rods, reinforcement, concrete, reinforcement, sensors, devices, strength.

Вступление

Коррозия стальной арматуры является серьезной проблемой во всем мире. Грунтовые воды и почва могут быть очень агрессивной средой для стальной арматуры в конструкциях, особенно для фундаментов. Коррозия и износ могут привести к дорогостоящему ремонту, снижению долговечности и срока службы бетонных конструкций. Поэтому в целях предотвращения таких случаев инженеры должны

увеличить толщину бетонного покрытия и указать специальные дорогостоящие процедуры (например, гидроизоляцию), защищающие стальную арматуру от агрессивной среды при проектировании конструкций. Тем не менее, предпринятые процедуры не могут гарантировать 100% защиту. Поэтому стеклопластиковая арматура является более выгодной альтернативой, так как экономична, схожа по прочностным характеристикам, устойчива к агрессивным средам и

лёгкая в эксплуатации (при монтаже арматуры фундаментной плиты можно избежать использования кранов).

Массовое применение стеклопластиковой арматуры было выполнено впервые в России в фундаментной плите 15-этажного жилого здания. Фундаментная секция представляет собой монолитную железобетонную плиту толщиной 400, 700, 750 и 1050 мм. Габаритные размеры по внешним осям составляют $49,8 \times 15,0$ м. Высота фундаментной плиты составляет -3,930 м. Фундаментная плита разработана бетоном В30, морозостойкостью F150, водостойкостью W6. В целях усиления фундаментной плиты и защиты от коррозии было спроектирована арматура из стеклопластика.

Каркас фундаментной плиты

Расчёт был произведён в программном комплексе ЛИРА-САПР. Фундаментные плиты и вертикальные стены были жестко связаны вместе со стальными соединительными арматурными стержнями, чтобы сформировать монолитную раму. Конструкция фундаментной плиты как двухстороннего изгибающего элемента была выполнена в соответствии с

Российским кодексом для конструкций из армированных волокном полимеров СП 63.13330.2012 [1].

Плоские фундаментные плиты были усилены прямыми брусками из стеклопластика диаметром 18... 22 мм (рис1), пропитанные эпоксидной смолой для обеспечения перераспределения напряжений в волокнах и покрытые песком, для предотвращения микроперегибания волокон. Арматурная сетка имеет типичный интервал 200 мм. Области с максимальными отрицательными и положительными моментами (под стенами, колоннами и между ними соответственно) были усилены дополнительными стержнями. Диаметры стеклопластиковой арматуры были выбраны с учётом того, что растрескивание можно лучше контролировать с помощью арматур малых диаметров большого количества. Из-за невозможности изготовления изогнутых элементов с помощью стеклопластиковых стержней, все изогнутые элементы усиления, такие как С-образные и П-образные арматурные каркасы были разработаны стальной арматурой.

Рисунок 1. Армирование фундаментной плиты из стеклопластика 15-этажного жилого здания в г. Москва, Россия

Конструкция плиты

Фундаментная плита была возведена зимой 2017-2018 года, когда температура колебалась от -15°C до $+5^{\circ}\text{C}$. Выемка котлована глубиной до 3,5 м началась в октябре 2017 г. с помощью бульдозеров и экскаваторов. Фундамент состоял из искусственной засыпки среднего крупнозернистого песка высотой 2,5 м и фундаментной плиты высотой 0,7 м. Арматурные стержни из стеклопластика были поставлены в декабре 2017 года.

На фундаментной плите экспериментально оценивались различные способы обвязки прутков:

- традиционные - связывание арматуры с использованием стальных прутьев
- нетрадиционных - с помощью кабельных стяжек.

Когда температура упала до -15°C , использование нейлоновых кабельных стяжек из нейлона, шириной 5 мм, оказалось лучшим методом связывания арматурных стержней. Строители могли ходить по ним и собирать каркас фундаментной плиты. Нейлоновые стяжки доказали свою эффективность.

Заливка бетона продолжалась в течение 18 часов с контролем температуры бетона и консистенции. На седьмой и четырнадцатый день после отверждения бетона фундаментной плиты были проведены испытания. Результаты показали успешное отверждение фундаментной плиты.

Контроль и исследование.

Контроль осуществлялся для обеспечения безопасности возведения и содержания возводимого здания. Он был выполнен для того, чтобы проверять

качество и точность строительства, выявлять несоответствие зарегистрированных параметров к проекту, а также определить риск отклонений.

Деформация стержней из стекловолокна в бетонной плите контролируется с помощью одноосных тензометрических датчиков. Выбирались места с максимальным изгибным напряжением, где тензометрические датчики были подключены к тензометрическим измерениям. Данные мониторинга регистрировались не реже двух раз в месяц на каждом новом этапе строительства.

Чтобы найти скрытые опасности подповерхностной бетонной плиты (такие как сегрегация бетона, горизонтальные трещины, посторонние объекты) применялся неразрушающий геофизический метод с использованием наземной радиолокационной станции. Осадка фундаментных плит и растрескивание, вызванные возрастающей нагрузкой в процессе возведения, регистрируются с помощью мониторинга

устройств скольжения и было выявлено, что осадка фундаментных плит составила 0,0004...0,0012 мм и не превысила предельно допустимого значения в 0.0016 мм. Параметры фундаментной плиты соответствовали проектным данным и не было выявлено существенных отклонений.

Выводы.

В данной работе представлено первое в мире применение прутков из стеклопластика в двухпозиционных плоских плитах фундамента для 15-этажного жилого дома в г. Москва, Россия.

На основании результатов, представленных в настоящей работе, можно сделать следующие выводы: прутки из стеклопластика могут быть эффективной и коррозионностойкой альтернативой для предотвращения коррозии стальной арматуры и повышение долговечности, экономичности жизненного цикла и снижения стоимости строительства.

Список литературы:

1. [www.researchgate.net/GFRP reinforced foundation slab design for 15 storey residential building](http://www.researchgate.net/GFRP_reinforced_foundation_slab_design_for_15_storey_residential_building). Какуша В., Корнев О., Ковалёв М., Лапшин А., Литвинов Е. Международная конференция SP-XXX—1. Июнь 2018.
2. Проект выполнен проектная фирмой ООО " ПИК Проект» (Г. Москва) и ООО "Гален" - производителем арматурных стержней из стеклопластика - (г. Чебоксары, Россия)
3. ГОСТ 31938-2012. СП 63.13330.2012 [1] Усиленные волокном полимерные стержни. Технические параметры.
4. Бетонные колонны, армированные стеклопластиком. Мадатян С. А., Лапшинов А. 11-я Международная конференция по волокнистым армированным полимерам в железобетонных конструкциях (FRPRCS-11). Гимарайнш, Португалия. 2013

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научный журнал

**UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

№ 2(71)
Февраль 2020

Часть 1

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 – 54434 от 17.06.2013

Издательство «МЦНО»
123098, г. Москва, улица Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74
E-mail: mail@7universum.com
www.7universum.com

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3
16+