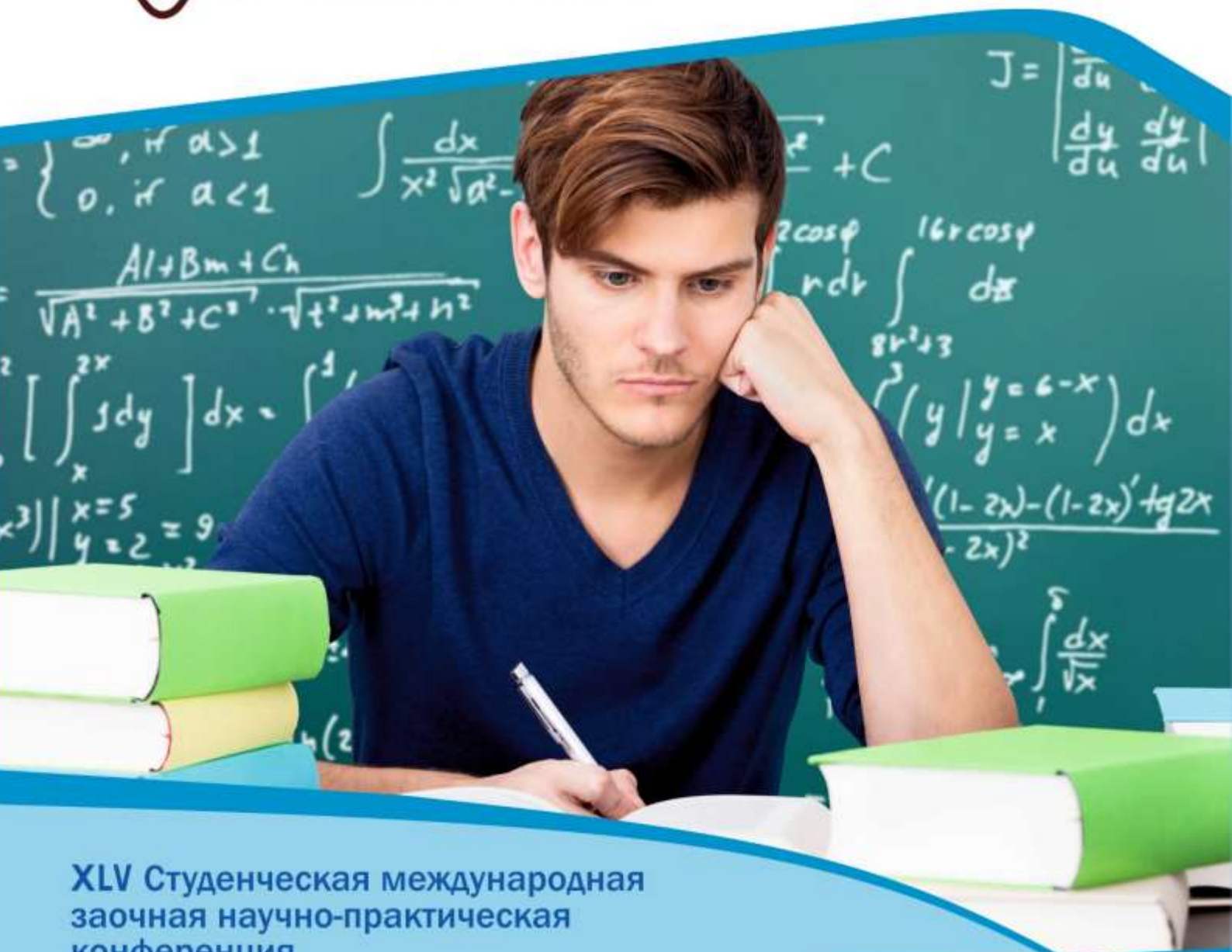




**НАУЧНЫЙ  
ФОРУМ**  
nauchforum.ru

ISSN 2618-9402



**XLV Студенческая международная  
заочная научно-практическая  
конференция**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ.  
СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ  
№10(45)**

г. МОСКВА, 2021



# ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ. СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ

*Электронный сборник статей по материалам XLV студенческой  
международной научно-практической конференции*

№ 10 (45)  
Декабрь 2021 г.

Издается с февраля 2018 года

Москва  
2021

УДК 62+51  
ББК 30+22.1  
Т38

Председатель редколлегии:

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

Редакционная коллегия:

*Волков Владимир Петрович* – кандидат медицинских наук, рецензент АНС «СибАК»;

*Елисеев Дмитрий Викторович* – кандидат технических наук, доцент, начальник методологического отдела ООО "Лаборатория институционального проектного инжиниринга";

*Захаров Роман Иванович* – кандидат медицинских наук, врач психотерапевт высшей категории, кафедра психотерапии и сексологии Российской медицинской академии последипломного образования (РМАПО) г. Москва;

*Зеленская Татьяна Евгеньевна* – кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра высшей математики в Югорском государственном университете;

*Карпенко Татьяна Михайловна* – кандидат философских наук, рецензент АНС «СибАК»;

*Костылева Светлана Юрьевна* – кандидат экономических наук, кандидат филологических наук, доц. Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), г. Москва;

*Попова Наталья Николаевна* – кандидат психологических наук, доцент кафедры коррекционной педагогики и психологии института детства НГПУ;

**Т38 Технические и математические науки. Студенческий научный форум.** Электронный сборник статей по материалам XLV студенческой международной научно-практической конференции. – Москва: Изд. «МЦНО». – 2021. – № 10 (45) / [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: [https://nauchforum.ru/archive/SNF\\_tech/10\(45\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/SNF_tech/10(45).pdf)

Электронный сборник статей XLV студенческой международной научно-практической конференции «Технические и математические науки. Студенческий научный форум» отражает результаты научных исследований, проведенных представителями различных школ и направлений современной науки.

Данное издание будет полезно магистрам, студентам, исследователям и всем интересующимся актуальным состоянием и тенденциями развития современной науки.

## Оглавление

<b>Секция 1. Технические науки</b>	<b>4</b>
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЕТАЛЕЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ Базарбаева Айна Базарбаевна Фоменко Роман Николаевич	4
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЁТА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ГОРНОЙ ОТРАСЛИ Карякин Артём Андреевич	9
ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫЕ ЗАПАСЫ УГЛЕВОДОРОДОВ В МИРОВОЙ ДОБЫЧЕ Лебединец Екатерина Юрьевна Гумбатов Эмир Эльчинович Абдурагимов Абдурагим Абдуллабекович Сидоров Данил Иванович Эйлер Алина Евгеньевна Эль-Нади Энжи Мухаммед	13
РАСПОЗНАВАНИЕ ЛИЦ НА МОБИЛЬНОМ УСТРОЙСТВЕ Никанов Павел Александрович Батурин Кирилл Александрович Копачев Михаил Юрьевич	17
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОСЧЕТЧИКОВ CE303 И MERCURY 200 Якимов Данил Иванович Михеев Никита Витальевич Овчинников Владислав Вадимович Павлова Светлана Валерьевна	24
<b>Секция 2. Физико-математические науки</b>	<b>28</b>
ЛИНЕЙНАЯ КРАЕВАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ СЧЁТНЫХ СИСТЕМ ОДУ Газдиева Мадина Алиевна Танкиев Исмаил Аюпович	28
ТЕОРЕМА СУЩЕСТВОВАНИЯ РЕШЕНИЯ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ СЧЁТНЫХ СИСТЕМ ОДУ Газдиева Мадина Алиевна Танкиев Исмаил Аюпович	33
АЗЫ ЧПУ. МАТЕМАТИКА И ГЕОМЕТРИЯ Глазков Илья Витальевич Каманина Анна Владимировна	41

## СЕКЦИЯ 1.

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЕТАЛЕЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

*Базарбаева Айна Базарбаевна*

*магистрант,*

*Рыбинский государственный авиационный  
технический университет имени П.А. Соловьева,  
РФ, г. Рыбинск*

*Фоменко Роман Николаевич*

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент,  
Рыбинский государственный авиационный  
технический университет имени П.А. Соловьева,  
РФ, г. Рыбинск*

Существует множество факторов, влияющих на качество и срок службы запорной арматуры. В основном к таким факторам относят условия окружающей среды, давление рабочей среды в трубопроводе, температурный режим и особенности веществ, транспортируемых через данный трубопровод.

В целях повышения ресурса шаровых кранов для изготовления их элементов применяют специально подобранные конструкционные материалы, используют различные методы финишной обработки поверхностей. Пробки кранов производят из латуни или нержавеющей стали. Шар и седла подвергают полировке или хромированию. Однако из-за того, что указанные материалы и способы обработки достаточно дороги, их применение далеко не всегда экономически выгодно, экологично и дает требуемый уровень надежности. В последнее время при изготовлении шаровых кранов все чаще используют технологию твердой смазки. Она позволяет обеспечить деталям весь комплекс необходимых эксплуатационных свойств, не требуя при этом больших материальных и временных затрат. Антифрикционные твердосмазочные покрытия, реализующие технологию

твердой смазки, обладают высоким потенциалом в вопросах оптимизации конструкции шаровых кранов.

Такие материалы способны одновременно выполнять смазочные и защитные функции. Они не только снижают трение и износ контактирующих поверхностей, но и защищают детали от воздействия коррозионно-активных и химически-агрессивных сред. Функциональные покрытия-твердые смазки хорошо работают при отрицательных температурах в условиях наличия замерзших жидкостей с абразивными частицами, агрессивных сред, многократно снижается сила трения в узлах, момент сопротивления движению, момент страгивания, уменьшается износ, нагрузка на приводы и детали трубопроводов. За счет высокой температурной стойкости свойства материалов практически не изменяются при высоких или экстремально низких температурах. За счет высокой коррозионной стойкости замедляются процессы корродирования, разрушения поверхностей деталей, изменения физико-механических свойств поверхностей, геометрических параметров. Комплексное улучшение эксплуатационных свойств значительно повышает надежность трубопроводной системы нефте- и газопроводов, повышается ресурс деталей и узлов, снижается вероятность отказов, увеличивается межремонтный интервал, что позволяет длительно эксплуатировать трубопроводную систему в безаварийных условиях.

В предыдущей нашей статье [1] выполнен поиск подходящих материалов покрытия для вышеописанных условий, метода нанесения и технологии, выполнен предварительный анализ структурно-фазового состава покрытия. В качестве объекта исследования были выбраны два вида покрытия: плакированные никелем графитовый порошок (Ni 20 графит) и порошок гексагонального нитрида бора (BN). Метод нанесения покрытий – газоплазменный. Исследование структурно-фазового состава покрытий показало, что газоплазменное нанесение графитовых и BN никелированных порошков позволяет обеспечить высокое качество покрытия. Распределение включений графита и BN в матрице никеля в покрытии равномерное и является удовлетворительным для подобных типов покрытий.

Для экспериментального определения параметров шероховатости обработанной поверхности использовался портативный профилометр-профилограф TR 200. В качестве регистрируемых параметров, в соответствии с ГОСТ 2789–93, были выбраны наиболее часто используемые при проектировании деталей машин: среднее арифметическое отклонение профиля  $Ra$ , средний шаг неровностей профиля  $Sm$ .

Фотографии образцов приведены на рисунке 1. Шлифы образцов подготовлены на оборудовании ф. Struers.



**Рисунок 1. Образцы для испытаний: внизу ЭИ961 (13X11H2B2MФ), слева гексагональный VN никелированный, справа графит никелированный**

В таблице 1 приведены значения измеренной шероховатости поверхности образцов, среднее значение 5 измерений каждого образца.

**Таблица 1.**

**Значения измеренной шероховатости поверхности образцов**

№	Образец	Шероховатость $Ra$ , мкм
1	ЭИ961	0,51
2	гексагональный VN никелированный	0,23
3	графит никелированный	0,76

Определение микротвердости поверхностных слоев проводилось на серийном микротвердомере марки Duroscaп. Современный микротвердомер по

Виккерсу с уникальным рабочим диапазоном нагрузок 0,25 гс – 62,5 кгс и механическим столиком.. Измерения проводятся по шкалам Виккерса, Кнупа и Бринелля в нано, микро и макро диапазонах в автоматическом режиме. В качестве индентора использовалась стандартная алмазная пирамида Виккерса (ГОСТ 9377-81) с квадратным основанием и углом при вершине 136° между противоположными гранями.

В таблице 2 приведены значения измеренной микротвердости поверхности образцов, среднее значение 5 измерений каждого образца. Нагрузка на индентор 50 г.

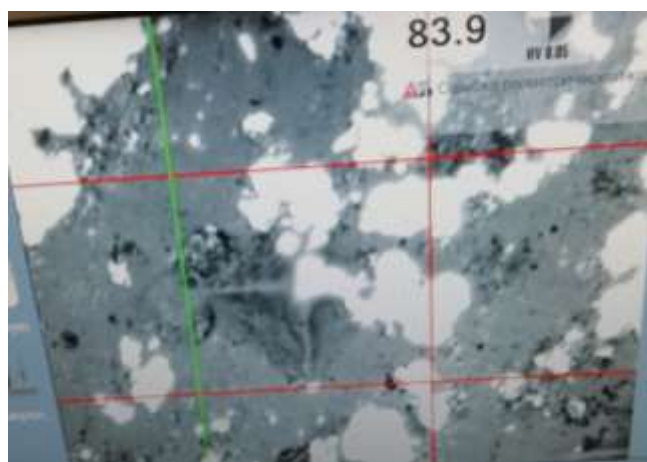
**Таблица 2.**

**Значения измеренной микротвердости поверхности образцов**

№	Образец	Микротвердость <i>HV</i>
1	ЭИ961	293
2	гексагональный нитрид бора BN никелированный	59
3	графит никелированный	96



*a*



*б*

**Рисунок 2. Изображение отпечатков: а – ЭИ961; б – графит никелированный**

Как видно из данных таблицы 2, микротвердость коррозионностойкой стали (293 *HV*) в 3-5 раз выше, чем образцов с покрытием.

Данные по испытаниям трибологических свойств покрытий и их износостойкости будут приведены в следующих наших работах.



## Список литературы:

1. Ёкубов Т.Д., Фоменко Р.Н. Композитные твердосмазочные покрытия для насосов и деталей трубопроводной арматуры [Электронный ресурс] Технические и математические науки. Студенческий научный форум. Электронный сборник статей по материалам XL студенческой международной научно-практической конференции. – Москва: Изд. «МЦНО». – 2021. – № 5 (40). – С. 66-71. (Режим доступа. – URL: [https://nauchforum.ru/archive/SNF\\_tech/5\(40\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/SNF_tech/5(40).pdf) дата обращения 11.12.2021)
2. Газотермическое напыление [Текст] / Под ред. Л.Х. Балдаева: – М.: Маркет ДС, – 2007. – 344 с.
3. Борисов Ю.С. Газотермические покрытия из порошковых материалов [Текст]: справочник / Ю.С. Борисов, Ю.А. Харламов, С.Л. Сидоренко, Е.Н. Ардатовская. – Киев: Наукова думка, 1987. – 568 с.

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЁТА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ГОРНОЙ ОТРАСЛИ

*Карякин Артём Андреевич*

*студент,  
кафедра горных машин и электромеханических систем,  
Иркутский национальный исследовательский  
технический университет,  
РФ, г. Иркутск*

**Аннотация.** Цель данной работы- анализ программного обеспечения для расчёта надёжности электромеханических частей на объектах горных работ. В качестве основного ПО были выбраны программы на базе российского производства, которые были сравнены с программами зарубежного производства. В результате анализа сделан вывод, что комплектация компаний, отечественным ПО гораздо выгоднее, чем иностранным.

**Ключевые слова:** расчёт надёжности; программные комплексы для расчёта надёжности; программное обеспечение.

С каждым годом темпы роста добычи полезного ископаемого становятся всё выше. Способствует этому явлению автоматизация всех технологических процессов, которые происходят при переработке того или иного сырья. Все эти процессы требуют непрерывной работы, любая остановка влечёт за собой многомиллионные потери. Чтобы минимизировать отказы и аварии электромеханических систем в горной промышленности используют всевозможные программные комплексы (ПК) для расчета надежности оборудования. На данный момент существует огромное количество таких комплексов.

Самыми распространенными заграничными программами являются: Relex, Risk Spectruin, A.L.D., ISOgraph. Из программ отечественного производства стоит выделить системы: 1С, Арбитр, АСМ, АСОНИКА-К. Стоит отметить, что данные инструменты помогают рассчитать не только параметры надежности, но они также смогут решить широкий спектр связанных инженерных задач.

В данной публикации мы проведём исследование, сравнивая их с точки зрения применения для расчета надежности электромеханических систем горной отрасли.

Наиболее распространённым является программный комплекс "1С: RCM Управление надежностью" предназначен для оптимизации профилактических и диагностических программ технического обслуживания активов на предприятиях различных отраслей. В основе продукта лежит методология RCM (англ. Reliability-Centered Maintenance- техническое обслуживание, ориентированное на обеспечение надежности). Цель применения "1С: RCM" -сформировать оптимальную программу обслуживания, необходимую для обеспечения заданного уровня надежности основных фондов при минимальных затратах [2].

При проведении RCM-анализа выполняются следующие этапы:

1. Подготовка данных для анализа- формирование нормативно- справочной информации об объектах анализа, определение логических и функциональных моделей систем и подсистем, формирование структуры надежности.

2. Анализ отказов (FMEA/FMECA)- определение списка объектов для проведения анализа, определение видов отказов и вероятности их возникновения, определение возможных последствий отказов, формирование матрицы риска, определение критичности отказов, определение параметров надежности, формирование отчетности.

3. Формирование оптимальной программы ТОиР (технического обслуживания и ремонта) - определение списка необходимых мероприятий, выбор наиболее оптимальной стратегии обслуживания с определением ее ориентировочной стоимости, формирование оптимальной программы ТОиР, оптимизация проводимых мероприятий.

4. Анализ эффективности мероприятий- анализ эффективности RCM-мероприятий, передача сформированной программы ТОиР на исполнение в систему управления ремонтами и обслуживанием (EAM/ERP-система), корректировка исполняемой программы ТОиР [2].

Одним из известных российских ПК является программный комплекс автоматизированного структурно-логического моделирования (ПК АСМ).

Теоретической основой является общий логико-вероятностный метод системного анализа, реализующий все возможности основного аппарата моделирования алгебры логики в базе операций «И», «ИЛИ», «НЕ». Форма представления исходной структуры система схема функциональной целостности, позволяющая отображать практически все известные виды структурных моделей систем [3]. Комплекс автоматически формирует расчетные аналитические модели надежности и безопасности систем, вычисляет вероятность безотказной работы, среднюю наработку до отказа, коэффициент готовности, среднюю наработку на отказ, среднее время восстановления, вероятность отказа восстанавливаемой системы, вероятность готовности смешанной системы, а также значимость и вклад элементов в различные показатели надежности системы в целом. Программа автоматизированного структурно-логического моделирования помогает находить кратчайшие пути успешного функционирования, минимальные сечения отказов и их комбинации.

Также в России широко распространена система АСОНИКА-К программное обеспечение для анализа и обеспечения надежности в рамках автоматизированного электропривода [4]. По своим возможностям данная система не уступает импортным комплексам, таким как A.L.D. Group, Relex, Isograph и др. Главным достоинством является возможность использовать при расчете готовые элементы из базы данных, производимые в стране. База данных программы постоянно пополняется информацией о надежности как отечественных, так и зарубежных изделий электронной техники.

ПК АРБИТР- программное обеспечение, российского производства, предназначенное для расчета рисков с учётом всех производственных факторов. Данное ПО способно в автоматическом режиме рассчитать такие показатели как, стойкость, живучесть, предполагаемые затраты, а также способно оптимизировать весь процесс, для достижения наибольшей надёжности. ПК АРБИТР предназначен для промышленных организаций, занимающейся разного рода деятельностью. Используется программный комплекс и при работе в научной сфере, для проведения различного рода испытаний.

#### Основные возможности:

- автоматическое построение вероятностных функций, обеспечивающих точный расчет показателей устойчивости, эффективности и риска исследуемых систем;
- расчет вероятности реализации заданных критериев, представляют их свойства устойчивости (надежности, стойкости, живучести) и безопасности (технического риска, вероятностей возникновения аварийных ситуаций и аварий) систем;
- расчет вероятности безотказной работы или отказа и средней наработки до отказа невосстанавливаемых систем;
- расчет коэффициента готовности, средней наработки на отказ, среднего времени восстановления и вероятности безотказной работы восстанавливаемых систем;
- расчет вероятности готовности смешанные систем, состоящих из восстанавливаемых и невосстанавливаемых элементов [1].

Делая вывод, можно с уверенностью сказать, что в качестве основного достоинства отечественных систем перед зарубежными выделяется более низкая стоимость внедрения и поддержки, отсутствие технологической зависимости и простоту подготовки персонала для работы с данными комплексами.

#### Список литературы:

1. Арбитр [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия.- Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%A0%D0%91%D0%98%D0%A2%D0%A0\\_\(%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%A0%D0%91%D0%98%D0%A2%D0%A0_(%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0)) (дата обращения: 25.11.2021);
2. Отраслевые и специализированные решения 1С: Предприятие: <https://solutions.1c.ru/catalog/eam-rcm/features>;
3. ПК АСМ. Методы оценки надёжности, безопасности и риска. <https://szma.ru>;
4. EDA Expert\_6\_52\_55.pdf. Жаднов В., Жаднов И., Замараев С. И др. Новые возможности программного комплекса АСОНИКА-К.

## **ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫЕ ЗАПАСЫ УГЛЕВОДОРОДОВ В МИРОВОЙ ДОБЫЧЕ**

***Лебединец Екатерина Юрьевна***

*студент  
Тюменского Индустриального университета,  
РФ, г. Тюмень*

***Гумбатов Эмир Эльчинович***

*студент  
Тюменского Индустриального университета,  
РФ, г. Тюмень*

***Абдурагимов Абдурагим Абдуллабекович***

*студент  
Тюменского Индустриального университета,  
РФ, г. Тюмень*

***Сидоров Данил Иванович***

*студент  
Тюменского Индустриального университета,  
РФ, г. Тюмень*

***Эйлер Алина Евгеньевна***

*студент  
Тюменского Индустриального университета,  
РФ, г. Тюмень*

***Эль-Нади Энжи Мухаммед***

*студент  
Тюменского Индустриального университета,  
РФ, г. Тюмень*

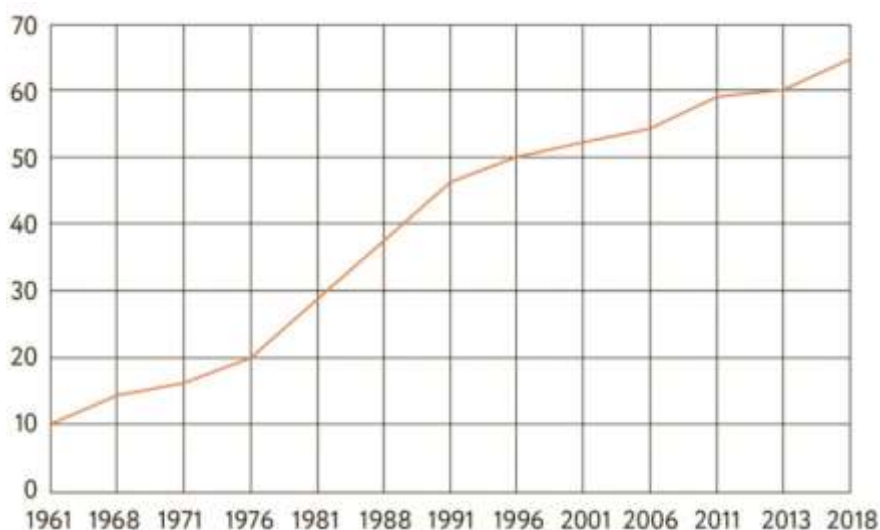
**Аннотация.** В данной статье рассматривается определение трудноизвлекаемых запасов, анализируются основные причины, мешающие их эффективной разработке, изучается их роль в общемировой добыче углеводородов и приводятся примеры наиболее действенных способов извлечения данных полезных ископаемых.

**Ключевые слова:** нефть, трудноизвлекаемые запасы, углеводороды, разработка, технологии, методы увеличения нефтеотдачи, добыча, Баженовская свита, Западная Сибирь.

Нефть и другие добываемые углеводороды играют поистине значительную и критическую роль в современном мире, ведь основные сферы жизнедеятельности человека основаны на отраслях промышленности, создание и развитие которых было бы невозможным без участия в них продуктов нефтедобычи и нефтепереработки.

За последние годы скорость мирового технологического развития резко возросла, что явилось причиной роста спроса на различные ресурсы, в том числе и углеводородные.

В связи с этим легкодоступные запасы стали быстро истощаться, что привело к обращению взора нефтяной промышленности на разработку объектов на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами (ТриЗ).



**Рисунок 1. Динамика изменения доли трудноизвлекаемых запасов нефти в России**

Единое определение до сих пор не утверждено, но трудноизвлекаемые запасы нефти можно охарактеризовать как запасы месторождений, залежей или отдельных их частей, отличающиеся сравнительно неблагоприятными для извлечения

геологическими условиями залегания пластов-коллекторов и (или) физическими свойствами пластовых флюидов (к ним можно отнести повышенную вязкость, содержание смол, парафинов и других примесей).

Помимо вышеизложенных критериев, по которым запасы могут быть отнесены к трудноизвлекаемым, стоит также упомянуть такие как: удаленность от инфраструктуры, запасы выработанных месторождений и месторождений с высокой обводненностью продукции, - их разработка требует повышенных затрат финансовых, материальных и трудовых ресурсов.

О ТриЗ как о понятии заговорили в конце 1970-х гг, когда советские геологи разведали запасы Баженовской свиты в Западной Сибири.

Ее площадь составляет более 1 млн.км<sup>2</sup> при средней толщине 30 метров, глубина залегания - 2-3 тыс.м. Запасы оцениваются в пределах 150 – 500 млрд т, а нефть отличается высоким качеством – по плотности она легкая, так же характеризуется низким содержанием серы, что облегчает ее дальнейшую переработку и транспортировку.

Именно поэтому в данном случае осложнения вызываются породой-коллектором, вмещающей в себя флюид.

Баженовская свита в Западной Сибири является крупнейшим источником нетрадиционных углеводородов в мире, далее по местам располагаются США, Китай, Аргентина, и Ливия.

На данный момент доля трудноизвлекаемой нефти превышает 65% в общем объеме доказанных запасов в России, и доля ее добычи растет с каждым годом: уже к 2035 она должна преодолеть скачок с 8% до 17% согласно плану Минэнерго РФ.

Для обеспечения таких высоких добывных показателей необходимы технологии, которые бы позволяли упростить процесс извлечения нефти при наличии определенных осложняющих факторов.

Одной из таких является гидроразрыв пласта (ГРП).

Суть данного метода заключается в закачивании в пласт под высоким давлением жидкости, из-за чего в породе образуется сеть трещин, искусственно



создающих проницаемость в пласте-коллекторе, связывая между собой разрозненные пропластки и залежи.

Эта технология сейчас является наиболее эффективной в разработке месторождений с нетрадиционными запасами, но, к сожалению, даже она не позволяет решить все проблемы, связанные с добычей таких полезных ископаемых.

Именно поэтому крупные российские и зарубежные компании не перестают работать над созданием новых технологий, которые бы не уступали в результативности методу ГРП.

Таким образом, трудноизвлекаемые запасы и новые технологии по их добыче – основа развития будущего нефтегазовой промышленности.

### **Список литературы:**

1. А. Алексеев Нефтяное будущее. Рациональный проект разработки баженовской свиты [В Интернете]. - 01 12 2021 г.. - <https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2018-may/1589544/>.
2. А. Ток Ачимовка - нефть будущего [В Интернете]. - 01 12 2021 г.. - <https://spec.tass.ru/achimovka/trudnaya-neft/>.
3. П. Шмелев ТРИЗ как объективная реальность [В Интернете]. - 01 12 2021 г.. - <https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2018-march/1489610/>.
4. С.В. Красеньков Трудноизвлекаемые запасы нефти и проблемы их добычи [В Интернете]. - 08 12 2021 г.. - <https://sst.ru/press/expert-articles/hard-to-recover-oil-reserves-and-problems-of-their-production/>.
5. Трудноизвлекаемые запасы нефти ТРИЗ [В Интернете]. - 02 12 2021 г.. - <https://neftegaz.ru/tech-library/geologiya-poleznykh-iskopaemykh/147767-trudnoizvlekaemye-zapasy-nefti-triz/>.

## РАСПОЗНАВАНИЕ ЛИЦ НА МОБИЛЬНОМ УСТРОЙСТВЕ

***Никанов Павел Александрович***

*студент,  
Рыбинский государственный авиационный  
технический университет имени П.А. Соловьева,  
РФ, г. Рыбинск*

***Батурин Кирилл Александрович***

*студент,  
Рыбинский государственный авиационный  
технический университет имени П.А. Соловьева,  
РФ, г. Рыбинск*

***Копачев Михаил Юрьевич***

*научный руководитель, ст. преподаватель,  
Рыбинский государственный авиационный  
технический университет имени П.А. Соловьева,  
РФ, г. Рыбинск*

В настоящее время существует несколько вариантов решения проблемы распознавания лиц на мобильном устройстве.

При разработке приложения по распознаванию лиц нужно решить следующие задачи:

- Определить количество персон и объем информации о них.
- Разработать архитектуру программы.
- Реализовать прототип.
- Реализовать приложение для массового использования.

В первую очередь необходимо определить количество людей, которых программа будет распознавать, и объем информации о них. В нашем случае количество человек не превышает отметку в 60 персон, а информации о каждом, в среднем набирается на 8 КБ.

Прежде, чем составлять какую-либо архитектуру необходимо решить некоторые вопросы, например, где будет происходить распознавание лиц: удаленно на сервере или на локальном устройстве. В нашем случае было решено оставить обработку лиц в режиме offline, без подключения к интернет-соединению, то есть всё будет происходить на мобильном устройстве. У данного метода есть

свои достоинства и недостатки. К достоинствам можно отнести дешевизну оборудования, так как не придётся использовать сервер для обработки запросов, и полную независимость от скорости интернет-соединения. Из недостатков же можно выделить меньшую точность распознавания и нахождения лиц на фотографии на мобильном устройстве, где в отличие от сервера не так много вычислительных мощностей, а также возможное устаревание информации: в зависимости, от того, когда клиент последний раз обновлял приложение, информация может оказаться неактуальной.

Таким же критическим вопросом является то, на какие устройства ориентировано данное приложение. В нашем случае для более массового охвата устройств были выбраны более “легкие” и быстрые алгоритмы, но из-за нацеленности на малый вес и скорость их работы, пострадала точность. Для сравнения: у одного алгоритма объёмом близким к 2 МБ и временем работы на изображении 4000x3000 в 12 секунд была точность порядка 98%, а у алгоритма объёмом близким к 80 КБ и временем работы на идентичном изображении в 1-2 секунды точность порядка 40%. Для того, понижения уровня шума, была введена сеть-классификатор, которая делила картинки на “лица”-“не лица”, что позволило достичь точности сопоставимой с более объёмными алгоритмами. Следует отметить, что сеть-классификатор в свою очередь потребляет мало ресурсов и может обработать порядка 80 изображений с подозрением на лицо в секунду.

Приложение структурно состоит из нескольких независимых друг от друга компонентов: блок управления камерой, блок нормализации изображения, блок выделения лиц, а также блок их распознавания. Для согласования работы данных модулей, был выделен специальный управляющий блок.

- Блок управления камерой предоставляет возможность прямого потока с внешнего устройства на графическую оболочку в формате FullHD (соотношение сторон 16:9), а также получения фотографии (соотношение сторон 4:3), на котором программа выполнит детектирование и распознавание лиц. Итоговый кадр имеет больший размер, на тестовых устройствах максимальным размером изображения с камеры был 4000x3000. Это обусловлено тем, что пользователь,

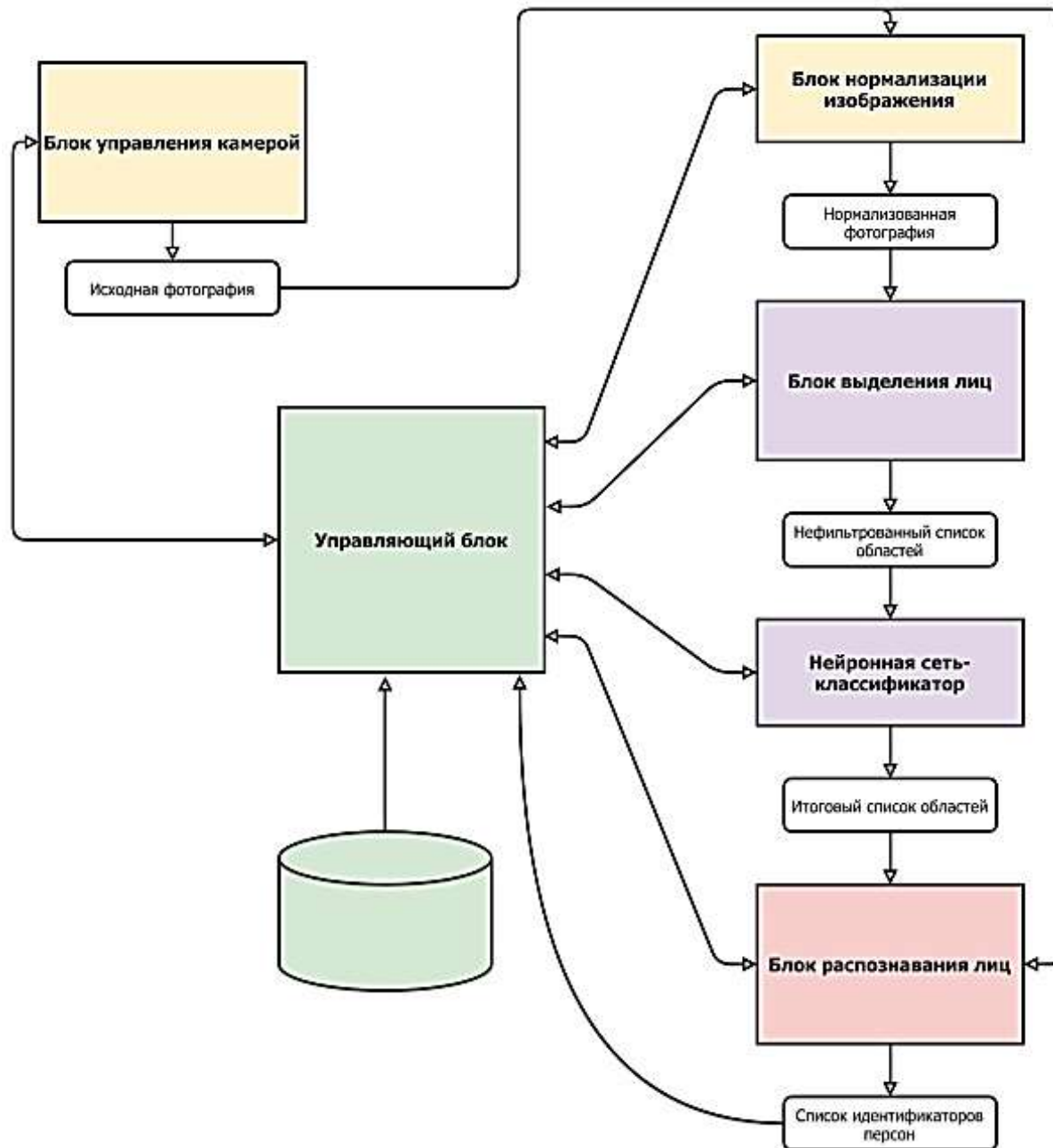
может захотеть узнать, что за люди находятся на групповом портрете, где из-за количества людей и построения композиции, размер лица, по сравнению с размером всего изображения, довольно мал, и чтобы алгоритм мог опознать всех этих людей, их лица должны быть различимыми, и размер каждого лица должен быть не меньше квадрата 64x64 пикселя, иначе появляются разночтения при распознании персоны. Размеры лиц, при которых конфликтов по распознанию практически не будет, должны быть не меньше 112x112 пикселей.

- Блок нормализации выполняет предварительную обработку фотографий перед передачей её в блок выделения лиц. Производится обесцвечивание фотографии и приведение к стандартизированному размеру. Это обусловлено оптимизацией работы алгоритма, поскольку цветное изображение содержит большее количество информации, его дольше обрабатывать, что является значимым в условиях ограниченных вычислительных мощностей.

- Блок выделения принимает на вход черно-белую фотографию, а возвращает массив прямоугольных областей, внутри которых, находятся изображения с подозрением на лица. Тестовые запуски приложения показали, что иногда детектор реагирует на участки изображения, похожие на лица, но ими не являющиеся, поэтому вслед за данным блоком расположена классифицирующая нейронная сеть. Это решение позволило значительно сократить количество ложных срабатываний алгоритма на специально отобранных “плохих” изображениях, при этом сеть-классификатор имела точность, превышающую 96%.

- Блок распознавания лиц получает на вход выделенные на предыдущем этапе области, а также ссылку на исходное изображение с камеры. По окончании обработки, он возвращает список идентификаторов персон, которые с наибольшей вероятностью запечатлены на исходном изображении, если же человек на изображении не был опознан, то используется “пустой” идентификатор, который показывает, что этот человек не был найден среди зарегистрированных персон. После этого, в соответствие каждому элементу списка, из базы данных может быть извлечена частичная (фамилия и инициалы), или полная информация (должность, и некоторые сведения).

- Управляющий блок последовательно передаёт управление каждому функциональному блоку, в результате чего программа корректно функционирует. (см. Рисунок 2)



**Рисунок 2. Архитектура приложения**

Между блоками используются стандартизированные интерфейсы взаимодействия, что приводит к большей адаптивности к различным устройствам (абстрагирования от оборудования).

Приложение разрабатывается на две различные платформы, а именно, на Android и IOS. Для большей универсальности кода и его устойчивости к переменным некоторым составляющим, был выбран язык программирования Kotlin для написания универсальной библиотеки, которая будет управлять распознаванием лиц и получением и передачей информации из базы данных в программу. Остальные блоки:

- Блок управления камерой: Android/IOS - Flutter.
- Блок нахождения лиц на снимке: Android - Kotlin; IOS - Swift.
- Графическое представление программы: Android/IOS - Flutter.
- Блок обработки снимка: Android - Kotlin; IOS - Swift.
- Блок управления: Android - Kotlin; IOS - Swift.

Предложенная архитектура предоставляет больше возможностей для абстрагирования от аппаратной части мобильных устройств, что позволяет быстро вносить правки в работу приложения на различных операционных системах.

При реализации прототипа были выявлены некоторые особенности работы со внешними устройствами на операционных системах Android, а именно проблемы работы с фронтальной и задней камерой. Большая часть проблем возникла из-за использования стороннего обработчика изображения с камеры, а именно библиотеки OpenCV, предназначенной для решения некоторых вопросов и постановкой экспериментов с целью оптимизации массовой версии. При работе с данной библиотекой были выявлены проблемы с производительностью наших решений по поиску лица и по размеру картинки, выдаваемой камерой мобильного устройства. В последующих версиях данные недочеты были устранены. Для увеличения размеров снимаемой фотографии была использована новая библиотека Camera2API, позволяющая получать изображения, размер которых близок к размеру матрицы камеры мобильного устройства. В свое время для оптимизации алгоритма выделения лиц на фотографиях, был принят следующий план работы нового алгоритма:

1. Алгоритм получает на вход целое изображение.

2. Создаётся копия заданной области изображения, и масштабируется до размера 256x192 пикселей.

3. На данном изображении выполняется поиск лица. Если поиск успешен, локальные координаты данного кусочного изображения приводятся к глобальным, относительно исходного изображения, и запоминаются (переход к пункту 5), иначе продолжается поиск более маленьких лиц.

4. Исходное изображение разбивается на 12 кусочков: 2 разреза по горизонтали и 4 по вертикали. Таким образом у этих фотографий сохраняются пропорции 4:3. Далее детектирование производится на полученных маленьких изображениях (переход к пункту 3). После того как поиск выполнен, проводится дополнительная проверка на лица, расположенных на стыках этих областей (также переход к пункту 3). В условиях ограниченных вычислительных мощностей было принято решение ограничить глубину поиска 3 уровнями. Когда всё изображение отсканировано, выполняется переход к следующему шагу.

5. Все части изображения с подозрением на наличие лица проходят классификацию через фильтрующую нейронную сеть.

6. Отфильтрованные области обрабатываются нейронной сетью. На этом этапе мы получаем список идентификаторов людей, которые с наибольшей вероятностью были запечатлены на каждом из кусочков исходного изображения. При этом, если человек на изображении не был опознан, то используется “пустой” идентификатор, который показывает, что этот человек не был найден среди зарегистрированных.

7. После этого, в соответствие каждому элементу списка, из базы данных может быть извлечена частичная (фамилия и инициалы), или полная информация (должность, и некоторые сведения) о конкретном человеке.

### **Список литературы:**

1. Haar A. Zur Theorie der orthogonalen Funktionen-systeme // Math. Ann. 1910. Vol. 69. P. 331-371.
2. Haar A. Die Minkowskische Geometrie und die Annäherung an stetige Funktionen // Math. Ann. 1918. Vol. 78. P. 294-311.

3. The Swift Programming Language (Swift 5.3) [электронный ресурс]. San Jose : Apple Inc, 2020, URL : <https://www.appsdissected.com/wp-content/uploads/2020/09/SwiftProgrammingLanguage53.pdf> (дата обращения 22.10.21).
4. API Documentation | TensorFlow Core v2.7.0 [электронный ресурс]. Mountain View : Google, 2021, URL : [https://www.tensorflow.org/api\\_docs](https://www.tensorflow.org/api_docs) (дата обращения 22.10.21).



## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОСЧЕТЧИКОВ СЕ303 И MERCURY 200**

***Якимов Данил Иванович***

*студент,  
Улан-Удэнский институт железнодорожного  
транспорта филиал ИрГУПС,  
РФ, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ*

***Михеев Никита Витальевич***

*студент,  
Улан-Удэнский институт железнодорожного  
транспорта филиал ИрГУПС,  
РФ, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ*

***Овчинников Владислав Вадимович***

*студент,  
Улан-Удэнский институт железнодорожного  
транспорта филиал ИрГУПС,  
РФ, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ*

***Павлова Светлана Валерьевна***

*научный руководитель,  
Улан-Удэнский институт железнодорожного  
транспорта филиал ИрГУПС,  
РФ, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ*

**Цель:** Провести анализ электросчетчиков СЕ303 и Mercury 200. Выяснить их достоинства и недостатки.

**Методы исследования:**

- 1) Теоретический.
- 2) Аналитический.

**Актуальность:** На сегодняшний день электросчетчики бывают сложными и многофункциональными и простыми устройствами. Они могут измерять не только электроэнергию, но и другое множество дополнительных характеристик, таких как ток, напряжение, частота, активная и реактивная мощность, сдвиг фаз, и др.

**По принципу действия счетчики подразделяются на такие типы как:**

- Индукционные;

- Электронные (статические);
- Гибридные;

**Индукционные** это электросчетчик, у которого имеется две катушки тока и напряжения. В данном типе электросчетчика, электромагнитное поле вращает алюминиевый диск, который с помощью зубчатого механизма соединяется со счетным механизмом.

**Электронные (статические)** – в данном типе электросчетчика переменный ток совместно с напряжением воздействуют на электроны, для того чтобы создать импульсы на выходе.

**Гибридные** - данный тип электросчетчика сочетает в себе элементы индукционного и электронного электросчетчиков. Рассчитывает потребляемую энергию путем вращения диска, а результат выводит на электронный циферблат.

**По назначению:** учет количества потребляемой активной и реактивной электроэнергии, как однофазного, так и трехфазного. Измерение тока, напряжения, частоты, сдвига фаз и др.

**По конструкции:** простые, многофункциональные.



*Рисунок 1. Электросчетчик CE303.*



**Рисунок 2. Электросчетчик Mercury 200.**

**Также электросчетчики разделяют на два типа:**

- Однофазный.
- Трехфазный.

Однофазные электросчетчики просты по устройству, они удобны при снятии показаний потребления электроэнергии. Трёхфазные электросчетчики могут отличаться более высокой точностью.

*Таблица 1.*

**Достоинства и недостатки электросчетчиков**

<b>Электросчетчик</b>	<b>Достоинства</b>	<b>Недостатки</b>
СЕ303	Широкий функционал возможностей. Имеется возможность записи важнейших событий. Надежность и точность измерения. Подключение к централизованной системе. Наличие сигнализации о не исправности работы. Универсальность крепежа.	При периодичной поверке, погрешность может выходить за пределы допустимой.
Mercury 200	Имеется возможность ведения журнала событий. Малогабаритный корпус с универсальным креплением. Достаточно точный прибор. Имеется самодиагностики с индикацией ошибок. Наличие многофункционального импульсного выхода.	Жидкокристаллический экран слабо передает значения. Крепежные соединения на клеммной крышке выпадают.

**В заключении** можно сделать вывод, что оба типа электросчетчиков имеют практически схожие характеристики, но при сравнении однофазного и трехфазного электросчетчиков, выяснилось то что, трехфазный электросчетчик дает более точные показания, нежели чем однофазный.

**Таблица 2.**

**Технические характеристики электросчетчиков CE303 и Mercury 200 и их особенности**

<b>Электросчетчик</b>	<b>Характеристики</b>	<b>Особенности</b>
CE303	Класс точности: 0,5, номинальный ток: 5А, максимальный ток: 10А, номинальная частота: 50Гц, постоянная счетчика:450imp/kW*h, трёхфазный, II класс защиты корпуса, многотарифный, диапазон рабочих температур от -40 до +60°C, жидкокристаллический циферблат.	Наличие оптического интерфейса. Присутствует возможность управления нагрузкой с использованием внешнего коммутационного устройства. Сигнализирует об отклонениях от лимитов по мощности и потреблению. Устойчив к климатическим, механическим и электромагнитным воздействиям.
Mercury 200	Класс точности: 1, номинальный ток: 5А, максимальный ток: 60А, номинальная частота: 50Гц, постоянная счетчика: 5000imp/kW*h, многотарифный, диапазон рабочих температур от -40 до +55°C, II класс защиты корпуса, жидкокристаллический циферблат. В счетчике имеется защита от несанкционированного доступа к данным.	Автоматическая самодиагностика с индикацией ошибок. Присутствует возможность ведение журналов событий. Способен измерять мгновенные значения активной мощности. Отсутствуют магнито-чувствительные элементы.

**Список литературы:**

1. Паспорт счетчика CE303 производитель «ЭНЕРГОМЕРА».
2. <https://energo-audit.com/klassifikaciya-schetchikov-elektroenergii> ТИПЫ счетчиков.
3. <https://www.incotexcom.ru/files/em/docs/merkuriy-200-avlg-411152-020-re-izm-3-2019-12-30.pdf> Паспорт электросчетчика Mercury 200.

## СЕКЦИЯ 2.

### ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### ЛИНЕЙНАЯ КРАЕВАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ СЧЁТНЫХ СИСТЕМ ОДУ

*Газдиева Мадина Алиевна*

*студент,  
Ингушский государственный университет,  
РФ, г. Магас*

*Танкиев Исмаил Аюпович*

*научный руководитель,  
канд. физ. – мат. наук,  
заведующий кафедрой математического анализа,  
профессор,  
Ингушский государственный университет,  
РФ, г. Магас*

#### LINEAR BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR COUNTING SYSTEMS OF ODE

*Madina Gazdieva*

*Student of Ingush State University,  
Russia, Magas*

*Ismail Tankiev*

*Scientific adviser,  
Candidate of physical and mathematical sciences,  
Head of the Department of Mathematical Analysis, Professor,  
Ingush State University,  
Russia, Magas*

**Аннотация.** В данной статье рассматривается линейная краевая задача для счётных систем обыкновенных дифференциальных уравнений, а также сведение краевой задачи к системе интегральных уравнений.

**Abstract.** This article considers a linear boundary value problem for countable systems of ordinary differential equations, as well as the reduction of the boundary value problem to a system of integral equations.

**Ключевые слова:** краевая задача, интегральные уравнения, счётные системы ОДУ, интегральные уравнения Вольтерра.

**Keywords:** boundary value problem, integral equations, counting systems of ODEs, Volterra integral equations.

Рассматривается счетная система обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\frac{dy_i}{dx} = f_i(x, y_1, \dots, y_i, \dots) \quad (i = 1, 2, \dots) \quad (1)$$

с краевыми условиями

$$y_i(a) + \sum_{j=1}^{\infty} \alpha_{ij} y_j(x_j) = 0 \quad (i = 1, 2, \dots) \quad (2)$$

где  $x_j \in [a, b]$  ( $j = 1, 2, \dots$ ), а  $\alpha_{ij}$  - некоторые действительные числа, такие что

$$\sum_{i,j=1}^{\infty} |\alpha_{ij}| < \infty \quad (3)$$

Функции  $f_i(x, y_1, \dots, y_i, \dots)$  будем предполагать определенными в области

$$G: \{a \leq x \leq b, |y_i| \leq p_i, (i = 1, 2, \dots)\}.$$

Под решением задачи (1), (2) будем понимать непрерывные функции  $\{y_i(x)\}$ , ( $i = 1, 2, \dots$ ), определенные на  $[a, b]$ , удовлетворяющие системе (1) и краевым условиям (2).

Вопросы непрерывности и ограниченности функций

$$f_i(x, y_1, \dots, y_i, \dots) \quad (i = 1, 2, \dots)$$

рассмотрены в [2].

Будем предполагать, что правые части (1):

1) непрерывны по совокупности переменных

$$(x, y) = (x, y_1, \dots, y_i, \dots) \in G,$$

2)  $|f_i(x, y_1, \dots, y_i, \dots)| \leq M_i(x)$  ( $i = 1, 2, \dots$ ), причем

$$\sum_{i=1}^{\infty} M_i < \infty,$$

$$\text{а } M_i = \sup \left\{ \left| \int_a^x M_i(\tau) d\tau \right|, a \leq x \leq b \right\} (i = 1, 2, \dots),$$

удовлетворяют условиям Липшица в области  $G$  :

$$|f_i(x, \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_i, \dots) - f_i(x, \bar{\bar{y}}_1, \dots, \bar{\bar{y}}_i, \dots)| \leq$$

$$\leq K_i(x) \sum_{k=1}^{\infty} |\bar{y}_k - \bar{\bar{y}}_k|, (i = 1, 2, \dots),$$

где  $K_i(x)$  - некоторые непрерывные функции, определенные на  $[a, b]$  и такие, что

$$\sum_{k=1}^{\infty} K_i < \infty,$$

где

$$K_i = \sup \left\{ \left| \int_a^x K_i(\tau) d\tau \right|, a \leq x \leq b \right\} (i = 1, 2, \dots).$$

Займемся сведением задачи (1), (2) к системе интегральных уравнений.

Отметим, что в случае  $F_i(x, y(x)) \equiv 0$  и  $i = \overline{1, n}$  задача (1), (2) превращается в краевую задачу для конечных систем ОДУ. Если же  $F_i(x, y(x)) \equiv 0$  ( $i = 1, 2, \dots$ ), но  $m = 1$ , то имеем задачу Коши–Николетти для бесконечных систем. В случае  $F_i(x, y(x)) \equiv 0$  в (2) имеем линейную однородную краевую задачу [2].

Вместо системы (1) рассмотрим следующую систему интегральных уравнений:

$$y_i(x) = -\sum_{j=1}^{\infty} \alpha_{ij} y_j(x_j) + \int_a^x f_i(\tau, y_1(\tau), \dots, y_i(\tau), \dots) d\tau \quad (i = 1, 2, \dots) \quad (4)$$

Нетрудно видеть, что задачи (1), (2) и (4) эквивалентны, причем каждое решение (4) удовлетворяет условиям (2).

Полагая в (4) последовательно  $x = x_1, x_2, \dots, x_j, \dots$  решим полученную счетную систему линейных неоднородных алгебраических уравнений со счетным числом неизвестных  $(y_1(x_1), \dots, y_i(x_i), \dots)$  [3-5] вида

$$\sum_{j=1}^{\infty} (\delta_{ij} + \alpha_{ij}) y_j(x_j) = \int_a^{x_i} f_i(\tau, y_1(\tau), \dots, y_i(\tau), \dots) d\tau, \quad (i = 1, 2, \dots),$$

правые части которой есть ограниченные величины.  $\delta_{ij}$  – символ Кронеккера.

Предполагая, что главный определитель этой системы

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 + \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1n} & \dots \\ \alpha_{21} & 1 + \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2n} & \dots \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ \alpha_{n1} & \alpha_{n2} & \dots & 1 + \alpha_{nn} & \dots \end{vmatrix} \neq 0, \quad (5)$$



а  $A_{sj}$  – алгебраические дополнения  $s$  – го элемента  $j$  - го столбца  $\Delta$ .

Решая эту систему [1], находим  $y_1(x_1), y_2(x_2), \dots, y_i(x_i), \dots$ .

Подставляя последние в (4), имеем счетную систему интегральных уравнений типа Вольтерра:

$$y_i(x) = \sum_{s=1}^{\infty} \varepsilon_{is} \int_a^{x_s} f_s(\tau, y_1(\tau), \dots, y_i(\tau), \dots) d\tau + \int_a^x f_i(\tau, y_1(\tau), \dots, y_i(\tau), \dots) d\tau \quad (i = 1, 2, \dots) \quad (6)$$

Здесь

$$\varepsilon_{is} = -\frac{1}{\Delta} \sum_{j=1}^{\infty} \alpha_{ij} A_{sj} \quad (i, s = 1, 2, \dots),$$

Причем

$$\sum_{j=1}^{\infty} \alpha_{ij} A_{sj} < \infty, \sum_{s=1}^{\infty} |\varepsilon_{is}| M_s < \infty \quad (i = 1, 2, \dots) \quad (7)$$

Нетрудно убедиться в эквивалентности задач (1), (2) и (6).

### Список литературы:

1. Валеев К.Г., Жаутыков О.А. Бесконечные системы дифференциальных уравнений. Алма – Ата, 2012 г.
2. Танкиев И.А. Исследование некоторых краевых задач для счетных систем ОДУ. Диссертация. Баку, 1976 г.
3. Персидский К.П. Бесконечные системы дифференциальных уравнений. Серия матем. и мех. Вып. 4(8). С. 3 – 11. 2015 г.
4. Персидский К.П. Решение задачи Коши для некоторых функциональных уравнений. Т. 2. С. 21 – 24. 2012 г.
5. Персидский К.П. Счетные системы дифференциальных уравнений и устойчивость их решений. Вып. 7(11). С. 52 – 71. 2014 г.

## ТЕОРЕМА СУЩЕСТВОВАНИЯ РЕШЕНИЯ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ СЧЁТНЫХ СИСТЕМ ОДУ

*Газдиева Мадина Алиевна*

*студент,  
Ингушский государственный университет,  
РФ, г. Магас*

*Танкиев Исмаил Аюпович*

*научный руководитель, канд. физ. – мат. наук,  
заведующий кафедрой математического анализа,  
профессор,  
Ингушский государственный университет,  
РФ, г. Магас*

## AN EXISTENCE THEOREM FOR A SOLUTION TO A BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR COUNTABLE SYSTEMS OF ODES

*Madina Gazdieva*

*Student of Ingush State University,  
Russia, Magas*

*Ismail Tankiev*

*Scientific adviser,  
Candidate of physical and mathematical sciences,  
Head of the Department of Mathematical Analysis, Professor,  
Ingush State University,  
Russia, Magas*

**Аннотация.** В данной статье рассматривается теорема существования решения линейной краевой задачи для счётных систем обыкновенных дифференциальных уравнений, а также её доказательство.

**Abstract.** This article discusses the existence theorem for the solution of a linear boundary value problem for countable systems of ordinary differential equations, as well as its proof.

**Ключевые слова:** линейная краевая задача, интегральные уравнения, счётные системы ОДУ, существование решения.

**Keywords:** linear boundary value problem, integral equations, counting systems of ODE, existence of a solution.

Рассматривается счетная система обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\frac{dy_i}{dx} = f_i(x, y_1, \dots, y_i, \dots) \quad (i = 1, 2, \dots) \quad (1)$$

с краевыми условиями

$$y_i(a) + \sum_{j=1}^{\infty} \alpha_{ij} y_j(x_j) = 0 \quad (i = 1, 2, \dots) \quad (2)$$

где  $x_j \in [a, b]$  ( $j = 1, 2, \dots$ ), а  $\alpha_{ij}$  - некоторые действительные числа, такие что

$$\sum_{i,j=1}^{\infty} |\alpha_{ij}| < \infty \quad (3)$$

Главный определитель этой системы

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 + \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1n} & \dots \\ \alpha_{21} & 1 + \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2n} & \dots \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ \alpha_{n1} & \alpha_{n2} & \dots & 1 + \alpha_{nn} & \dots \end{vmatrix} \neq 0, \quad (4)$$

а  $A_{sj}$  – алгебраические дополнения  $s$  – го элемента  $j$  - го столбца  $\Delta$ .

Причем

$$\sum_{j=1}^{\infty} \alpha_{ij} A_{sj} < \infty, \sum_{s=1}^{\infty} |\varepsilon_{is}| M_s < \infty \quad (i = 1, 2, \dots) \quad (5)$$

**Теорема:** Пусть для задачи (1), (2) выполнены условия (3), (4), (5) и кроме ТОГО

$$1. \sum_{i,s=1}^{\infty} |\varepsilon_{is}| K_s < \infty, \sum_{i=1}^{\infty} |\varepsilon_{is}| < \infty (s = 1, 2, \dots).$$

$$2. \alpha = \sum_{i=1}^{\infty} D_i < 1,$$

где

$$D_i = \sum_{s=1}^{\infty} |\varepsilon_{is}| K_s + K_i (i = 1, 2, \dots).$$

Тогда в области G, где

$$B_i + \frac{ND_i}{1 - \alpha} \leq p_i (i = 1, 2, \dots)$$

$$B_i = \sum_{s=1}^{\infty} |\varepsilon_{is}| M_s + M_i (i = 1, 2, \dots), N = \sum_{i=1}^{\infty} B_i,$$

задача (1), (2) имеет по крайней мере одно непрерывное решение

$$y(x) = (y_1(x), \dots, y_i(x), \dots).$$

Если же при этом

$$\sum_{i=1}^{\infty} |y_i(x)| < B,$$

то решение будет единственным.

*Доказательство:* В силу эквивалентности (1), (2) и

$$y_i(x) = -\sum_{j=1}^{\infty} \alpha_{ij} y_j(x) + \int_a^x f_i(\tau, y_1(\tau), \dots, y_i(\tau), \dots) d\tau \quad (i = 1, 2, \dots) \quad (6)$$

достаточно доказать справедливость теоремы для (6).

Определим последовательность функций

$$\{y_i^{(0)}(x)\}, \{y_i^{(1)}(x)\}, \dots, \{y_i^{(n)}(x)\}, \dots \quad (i = 1, 2, \dots)$$

на  $[a, b]$  формулами

$$y_1^{(0)}(x) = 0, y_2^{(0)}(x), \dots, y_i^{(0)}(x) = 0, \dots$$

$$y_i^{(n)}(x) = \sum_{s=1}^{\infty} \varepsilon_{is} \int_a^{x_s} f_s(\tau, y^{n-1}(\tau)) d\tau + \int_a^x f_i(\tau, y^{n-1}(\tau)) d\tau \quad (n = 1, 2, \dots) \quad (7_n)$$

При  $n = 1$  имеем

$$y_i^{(1)}(x) = \sum_{s=1}^{\infty} \varepsilon_{is} \int_a^{x_s} f_s(\tau, y^{(0)}(\tau)) d\tau + \int_a^x f_i(\tau, y^{(0)}(\tau)) d\tau \quad (7_1).$$

Функции  $y_i^{(1)}(x)$  непрерывны на  $[a, b]$ , причем

$$\begin{aligned}
|y_i^{(1)}(x) - y_i^{(0)}(x)| &\leq \sum |\varepsilon_{is}| \left| \int_a^x f_s(\tau, 0) d\tau \right| + \left| \int_a^x f_i(\tau, 0) d\tau \right| \leq \sum_{s=1}^{\infty} |\varepsilon_{is}| M_s + M_i \\
&= B_i \quad (i = 1, 2, \dots).
\end{aligned}$$

Отсюда

$$|y_i^{(1)}(x)| \leq B_i < B_i + \frac{ND_i}{1-\alpha} \leq p_i \quad (i = 1, 2, \dots),$$

т.е.  $y_i^{(1)}(x) \in G$ .

Аналогично, расписывая  $y_i^{(2)}(x)$  (при  $n = 2$ , из (7<sub>n</sub>), и вычитая его из (7<sub>1</sub>))

оценим:

$$y_i^{(2)}(x) - y_i^{(1)}(x) \leq \left\{ \sum_{s=1}^{\infty} |\varepsilon_{is}| K_s + K_i \right\} \sum_{k=1}^{\infty} B_k = ND_i, \quad (i = 1, 2, \dots).$$

Тогда

$$|y_i^{(2)}(x)| \leq |y_i^{(1)}(x)| + ND_i \leq B_i + ND_i < \frac{ND_i}{1-\alpha} + B_i \leq \rho_i \quad (i = 1, 2, \dots).$$

т.е.  $y_i^{(2)} \in G$ .

Применяя метод математической индукции, доказывается, что  $n^{\text{oe}}$  приближение имеет смысл, т.е. непрерывно  $\forall x \in [a, b]$ , причем

$$|y_i^{(n)}(x) - y_i^{(n-1)}(x)| \leq ND_i \alpha^{n-2} \quad (i = 1, 2, \dots),$$

$$|y_i^{(n)}(x)| \leq B_i + ND_i + ND_i \alpha + \dots + ND_i \alpha^{n-2} < B_i + \frac{ND_i}{1-\alpha} \leq \rho_i \quad (i = 1, 2, \dots).$$

Итак, получено  $n$  последовательностей непрерывных на  $[a, b]$  функций  $\{y_i^{(n)}(x)\}$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) не выходящих из  $G$ . Так как

$$y_i^{(n)}(x) = y_i^{(0)}(x) + [y_i^{(1)}(x) - y_i^{(0)}(x)] + [y_i^{(2)}(x) - y_i^{(1)}(x)] + \dots + [y_i^n(x) - y_i^{(n-1)}(x)] \quad (i = 1, 2, \dots),$$

то  $\forall n = 1, 2, \dots$  функции  $y_i^{(n)}(x)$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) являются частичными суммами рядов

$$y_i^{(0)} + \sum_{n=1}^{\infty} [y_i^{(n)}(x) - y_i^{(n-1)}(x)] \quad (i = 1, 2, \dots),$$

которые, в силу предыдущих оценок, мажорируются числовыми рядами

$$B_i + ND_i + ND_i \alpha + \dots + ND_i \alpha^{(n-2)} + \dots \quad (i = 1, 2, \dots),$$

сходящимися абсолютно и равномерно.

Поэтому

$$\lim_{n \rightarrow \infty} y_i^{(n)}(x) = y_i(x) \quad (i = 1, 2, \dots),$$

причем сходимость будет равномерной.

Теперь несложно показать, что

$$y(x) = (y_1(x), \dots, y_i(x), \dots)$$

является решением

$$y_i(x) = \sum_{s=1}^{\infty} \varepsilon_{is} \int_a^{x_s} f_s(\tau, y_1(\tau), \dots, y_i(\tau), \dots) d\tau + \int_a^x f_i(\tau, y_1(\tau), \dots, y_i(\tau), \dots) d\tau \quad (i = 1, 2, \dots). \quad (7)$$

Во-первых, из метода получения очевидно,

$$|y_i(x)| \leq \rho_i \quad (i = 1, 2, \dots).$$

Введем обозначения:

$$\Phi_i(x) = y_i(x) - \sum_{s=1}^{\infty} \varepsilon_{is} \int_a^{x_s} f_s(\tau, y(\tau)) d\tau - \int_a^{x_i} f_i(\tau, y(\tau)) d\tau.$$

Покажем, что  $\forall x \in [a, b] \Phi_i(x) \equiv 0 \quad (i = 1, 2, \dots)$ . Согласно  $n$ -му приближению имеем:

$$\begin{aligned} \Phi_i(x) = y_i(x) - y_i^{(n)}(x) + \sum_{s=1}^{\infty} \varepsilon_{is} \int_a^{x_s} [f_s(\tau, y^{(n-1)}(\tau)) - f_s(\tau, y(\tau))] d\tau + \\ + \int_a^{x_i} [f_i(\tau, y^{(n-1)}(\tau)) - f_i(\tau, y(\tau))] d\tau. \end{aligned}$$

Оценивая  $\Phi_i(x)$ , с учетом условия 1)  $\forall \varepsilon > 0$ , имеем  $\Phi_i(x) < \varepsilon$ , но в виду произвольности  $\varepsilon$  и следует

$$\Phi_i(x) \equiv 0 \quad (i = 1, 2, \dots).$$

Этим показано существование решения системы (7).



### **Список литературы:**

1. Клоков Ю.А. Об одной краевой задаче для обыкновенных дифференциальных уравнений. Т. 18. № 5. С. 226, 227. «URSS» 2016 г.
2. Исраилов С.В., Танкиев И.А. Линейные краевые задачи для бесконечных систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Грозный. Деп. в ВИНТИ № 811 – 76.
3. Кигурадзе И.Т., Пужа Б. О некоторых краевых задачах для систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Т. 12. № 12. С. 2136 – 2148. 2013 г.
4. Танкиев И.А. Исследование некоторых краевых задач для счетных систем ОДУ. Диссертация. Баку, 1976 г.

## **АЗЫ ЧПУ. МАТЕМАТИКА И ГЕОМЕТРИЯ**

***Глазков Илья Витальевич***

*студент,  
Рязанский политехнический колледж,  
РФ, г. Рязань*

***Каманина Анна Владимировна***

*научный руководитель, преподаватель,  
Рязанский политехнический колледж,  
РФ, г. Рязань*

«Геометрическая задача –это взаимодействие ЧПУ со станком для управления формообразованием детали. Решение данной задачи заключается в отображении геометрической информации чертежа». Далее необходимо следить за тем, чтобы чертеж превратился в готовое изделие [5]. «Интерполяция –это вычислительный процесс в устройстве ЧПУ, обеспечивающий переход от укрупненного описания заданного перемещения к оперативным командам в функции времени для исполнительных приводов» [6]. «Управляющая программа обработки детали представляет собой траекторию движения центра фрезы. Траектория движения состоит из отдельных, соединяющихся друг с другом участков, линейных или дуговых. Точки, которые задают траекторию, называются опорными. В действительности управляющая программа –это последовательный набор опорных точек». «Опорные точки могут лежать в плоскости, тогда для их задания используется две координаты –это двух координатная обработка. Другой вариант –опорные точки находятся в пространстве (объемная трех координатная обработка)» [7]. На практике для перемещения инструмента системе ЧПУ недостаточно только опорных точек, необходимо более детальное ее представление. Для этого используется специальное вычислительное устройство – интерполятор. Он рассчитывает промежуточные точки и выдает соответствующие команды. Интерполяторы, как правило, подразделяются на линейные и круговые. Для отработки прямолинейного движения инструмента используется линейный интерполятор. Информация о координатах опорных точек поступает на вход. Для каждой координаты узловой точки вырабатывается последовательность

импульсов, которые необходимы для отработки заданной геометрии. Эта информация приходит на выход. Но допустить точное соответствие перемещения вдоль заданной прямой бывает сложно. Итоговая траектория перемещения приближенно напоминает ломаную линию (рисунок 1). Рисунок 1 – Линейная интерполяция Интерполятор, посылая необходимое количество импульсов на привода, в процессе отработки прямой поочередно управляет включением приводов то по оси X, то по оси Y (если прямая лежит в плоскости XY). На рисунке 1 для отработки прямой на ось на ось X посылаются два импульса, а на ось Y – один импульс. Значение  $d$  называется допустимой погрешностью и определяет отклонение от заданной геометрии. Таким образом, линейный интерполятор рассчитывает нужное количество импульсов по той или иной оси и выдает их на привода [8].

56 Евразийский Союз Ученых (ЕСУ) #7(76), 2020 Если движение инструмента осуществляется по дуге, то говорят о круговой интерполяции. Первые системы ЧПУ оснащались линейными интерполяторами, и программирование такого движения для программиста было затруднено. Дуги и окружности приходилось аппроксимировать (заменять) прямыми линиями, т.е. просчитывать промежуточные точки. На рисунке 2 необходимо линейно аппроксимировать участок дуги АВ. Отклонение от округлости с радиусом R определяется расстоянием  $d$ , очевидно, что чем меньше величина линейного участка  $dl$ , тем выше точность аппроксимации. Зная допустимую погрешность аппроксимации  $d$  можно рассчитать угловой шаг  $df = \arccos((R-d)/R)$ , а число сегментов аппроксимации на заданном участке  $n = f2-f1/df$  [8]. Рисунок 2 – Круговая интерполяция

Линейно-круговые интерполяторы позволяют отработать движение как по прямой, так и по дуге. Благодаря такому устройству можно избавиться от сложных рутинных вычислений. Теперь рассмотрим, как осуществляется процесс фрезерования. Обработка контура обеспечивается совокупным движением детали по осям X и Y, закрепленной на столе станка. Вертикальное перемещение инструмента по оси Z отсутствует. Обработка контура 1 производится фрезой 3, перемещаемой по траектории 4, эквидистантной к заданному контуру (рисунок 3).

Эквидистантой принято называть линию, равноотстоящую от обрабатываемого контура детали на расстояние, равное радиусу режущего инструмента. Разделим траекторию фрезы на элементарные участки, в качестве которых используются прямая и окружность (дуга окружности). В данном примере таких участков будет шесть: 1—2; 2 — 3; 3 — 4; 4 — 5; 5 — 6; 6 — 1. Точки 1 —6 называются узловыми или опорными[3].

Евразийский Союз Ученых (ЕСУ) # 7(76), 202057 Рисунок 3 –Обработка контура на вертикально-фрезерном станке При расчете эквидистанты переход от координат  $x_0, y_0$  основного контура к координатам  $x_э, y_э$  эквидистантного контура (рисунок 4) осуществляется по формулам [4].  $y_э=y_0\pm r\phi k\sqrt{1+k^2}$ ;  $x_э=x_0\pm r\phi k\sqrt{1+k^2}$ ; или  $y_э=y_0\pm r\phi\cos a$ ;  $x_э=x_0\pm r\phi\sin a$ . Где  $r\phi$ –радиус фрезы;  $k=dy/dx=tga$ ;  $a$ –угол наклона касательной в точке  $x_0, y_0$ . Если в алгоритмы интерполяции и алгоритмы управления приводами подачи входят составляющие вектора контурной скорости, то они определяются: -для кругового контура  $V_x=Vx_i\sqrt{x_i^2+y_i^2}$ ;  $V_y=Vy_i\sqrt{x_i^2+y_i^2}$ ; -для линейного контура  $V_x=V\Delta x\sqrt{\Delta x^2+\Delta y^2}$ ;  $V_y=V\Delta y\sqrt{\Delta x^2+\Delta y^2}$ . где  $\Delta x, \Delta y$  –кадровые перемещения по осям X, Y; V,  $V_x, V_y$ –соответственно контурная скорость подачи и ее составляющие;  $x_i, y_i$ –координаты центра дуги относительно ее начальной точки;  $x_i, y_i$ –координаты текущей точки дуги окружности относительно ее центра; Рисунок 4 –Переход от координат основного контура к координатам эквидистантного контура

58 Евразийский Союз Ученых (ЕСУ) #7(76), 2020 Разработаем управляющую программу. Выберем для исследования требуемый контур отработки движения (рисунок 5) [2]. Рисунок 5 –Обработка контура. Применим все имеющиеся знания по линейной и круговой интерполяции и составим программу, используя G-код. Центр фрезы и траектория движения показаны на чертеже кругом со стрелкой, указывающей направление. Диаметр фрезы выберем равным 12. Сама деталь имеет форму цилиндра диаметром 60. Как должна проводиться обработка контура детали показано на рисунке 5. Теперь приступим непосредственно к написанию кода: N 5 G17 G54 G90N10 T1 M6N15 M3 S1000N20 M8N25 G1 G41 X-22.5 Y-30 F2500N30 Z-2N35 Y15 F 100N40 X-15N45 G3 X15 Y15 CR=15N50 G1 X22.5N55

Y-11.5N60 X19 Y-15N65 X-50N70 G40N75 G1 Z10 F2500N80 M9N85 M5N90 M2 Рассмотрим строку N25. Здесь мы применили команду G1 (линейная интерполяция) и указали координаты (X,Y), к которым будет осуществляться подвод инструмента.

Дальнейшее движение будет происходить линейно до отмены этой команды. Также мы использовали команду G41, которая означает, что обработка контура будет осуществляться по эквидистанте [1]. Теперь перейдем к строке N45. Здесь используется команда G3 (движение по окружности против часовой стрелки). Помимо G3 мы также прописываем координаты конечной точки и указываем радиус окружности. Данная управляющая программа проверена и может использоваться для обработки рассматриваемого контура. Заключение.

Широкие возможности взаимодействия многих дисциплин и решение практических задач позволили нам в исследовании показать принцип решения геометрической задачи (определение координат, расчет перемещения, скорости).

Методы интерполяции позволяют создать необходимую геометрию движения рабочего инструмента, тем самым упростить процесс, и сделать качественную обработку.

В статье основное внимание уделено решению геометрической задачи движения инструмента по заданной траектории. Разработана программа и принцип, как можно провести обработку любой детали по сложной траектории по заданному алгоритму на станке с числовым программным управлением. Установили, что линейно-круговые интерполяторы позволяют отработать движение как по прямой, так и по дуге.

### **Список литературы:**

1. А.А. Терентьев. Основы программирования фрезерной обработки деталей на станках с ЧПУ в системе «Sinumerik» // Технология машиностроения. –2015. – No2. –С.50-65.2. А.И.Сергеев. Разработка управляющих программ для станка 400V в системе ЧПУ Siemens Sinumerik 802D sl // Технология машиностроения. –2012. –No3. –С.43-57.3. В.В.Ерохин. Системы управления производственным процессом // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. –2017. –No2. –С. 135-141.

*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

**ТЕХНИЧЕСКИЕ  
И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ.  
СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ**

*Электронный сборник статей по материалам XLV  
студенческой международной научно-практической конференции*

№ 10 (45)  
Декабрь 2021 г.

В авторской редакции

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

16+

