

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский государственный технологический университет
«СТАНКИН»

МАТЕРИАЛЫ

заключительного этапа студенческой
научно-практической конференции

Автоматизация и информационные технологии
(АИТ-2025)

март – апрель 2025 года

МОСКВА
2025

Материалы заключительного этапа студенческой научно-практической конференции «Автоматизация и информационные технологии (АИТ-2025)». Сборник докладов. – М.: ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2025. – 106 с.

В сборник докладов включены материалы заключительного этапа студенческой научно-практической конференции «Автоматизация и информационные технологии (АИТ-2025)». Конференция проводится с целью расширения спектра научных исследований, повышения профессионального уровня подготовки, развития научно-исследовательской работы студентов.

ОРГКОМИТЕТ

Председатель оргкомитета:

Колодяжный Д.Ю. – д.т.н., и.о. проректора по НД.

Зам. председателя оргкомитета:

Бильчук М.В. – к.т.н., и.о. проректора по ОДиМП.

Члены оргкомитета:

Коршунова Е.Д. – директор ИСТМ;

Сосенушкин С.Е. – директор ИИТ;

Стебулянин М.М. – директор ИПТИ;

Шехтман С.Р. – директор ИЦИС;

Тюрбеева Т.Б. – начальник НИЧ;

Сотова Е.С. – ответственный секретарь конференции, начальник ООИД НИЧ.

ЖЮРИ

Председатель жюри:

Колодяжный Д.Ю. – д.т.н., и.о. проректора по НД

Члены жюри:

Андреев В.Н. – д.э.н., доцент кафедры ФМ

Бутримова Е.В. – к.т.н., доцент кафедры ИНЭБ

Волкова О.Р. – к.т.н., доцент кафедры ИТиВС

Гузенко Д.С. – старший преподаватель кафедры ИНЭБ

Должикова Е.Ю. – заместитель начальника НИЧ

Евстафиева С.В. – старший преподаватель кафедры КСУ

Капитанов А.В. – д.т.н., заведующий кафедрой АСОиУ

Клочкова К.В. – к.т.н., доцент кафедры АСОиУ

Козлова А.В. – к.т.н., доцент кафедры АСОиУ

Мешков В.Г. – к.т.н., доцент кафедры АСОиУ

Новоселова О.В. – к.т.н., заведующая кафедрой ИТиВС

Пимушкин Я.И. – к.т.н., доцент кафедры ИИСиТ

Попов Д.В. – к.э.н., доцент кафедры ЭиУП

Пушков Р.Л. – к.т.н., доцент кафедры КСУ

Рябов С.А. – к.т.н., доцент кафедры ИНЭБ

Соболев А.Н. – к.т.н., доцент кафедры станков

Сотова Е.С. – к.т.н., доцент кафедры ВТО

Хмыров Р.С. – к.т.н., доцент кафедры ВТО

ОГЛАВЛЕНИЕ

Акберов А.Р. Методика построения кроссплатформенного интерфейса специализированных систем ЧПУ.....	5
Бусов К.Р. Разработка технологии изготовления поковок детали «Рычаг».....	7
Вагин М.А. Расширение возможностей использования программного обеспечения «KNIME» для автоматизированного построения и анализа контрольных карт	10
Вихров К.А. Систематизация подходов к формированию требований при разработке дашбордов	12
Воловичева А.А. Применение системы генерации кодов проектно-конструкторской документации в области энергетики.....	14
Вшивцев Р.А. Цифровая трансформация в удалённом управлении персоналом компаний: вызовы и решения	17
Глазунов Д. Конструкторско-технологическое проектирование планетарно-цевочных механизмов в T-FLEX PLM.....	20
Гусева А.А. Особенности организации наставничества в проектных IT-командах.....	23
Демьянец К.Р. Автоматизированный контроль дефектов поверхности с помощью технического зрения	25
Денисов А.Н. Создание системы прогнозирования качества воздушной среды на основе открытых источников	28
Ермолаев А.С. Разработка программного обеспечения мобильного складского робота с использованием голосовых команд по BLUETOOTH в условиях зашумлённого помещения.....	31
Залипаева Е.Ю., Кушнир А.А. Определение оптимальных режимов резания и числа проходов при многопроходной обработке ступенчатых валов на станках с ЧПУ	34
Зыонг М.Х. Применение современных компьютерных и виртуальных технологий для обучения работников в области охраны труда и промышленной безопасности.....	37
Колпакова А.В. Бот-помощник по чрезвычайным ситуациям или инновационный подход к повышению безопасности людей	40
Комина Д.В. Автоматизация процесса измерения концевых мер длины методом Майкельсона.....	43
Кочин А.Д. Кинематический анализ робота класса «Монорельсовый триптерон»	46
Логинов Р.Н. Разработка средства поверки велоэргометров	49
Логоша С.М. Элемент САПР для профилирования червячных фрез.	52
Магомедов А.М. Форма задней поверхности затылованных фрез....	55
Морозов Д.А. Разработка автоматизированной системы для создания УП для токарных станков с различными СЧПУ	58

Наумчик Т.Г. Определение глубины подводного робота на основе данных с датчика глубины VAR30 со встроенным датчиком температуры.....	60
Нигматов О.Р. Исследование и разработка автоматизированной системы для синтеза искусственных алмазов	63
Никошнова В.К. Методы оптимизации топологии решётчатых структур.....	66
Попов М.С. Повышение социально-экономического уровня регионов на основе развития инновационного потенциала	68
Порядин В.С. Автоматизация формирования шаблонов методических документов в образовательных учреждениях	72
Родин А.М. Исследование и разработка набора команд обработки фасок и сопряжений для СЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛ».....	75
Русинович А.С. Разработка личного кабинета мобильного приложения «Метро Москвы».....	77
Сомов А.А. Исследование пространственного фазового спектра контактного интерферометра (ИКПВ-К).....	80
Стина М.И. Обработка многогранных отверстий посредством обкатки фигур постоянной ширины.....	83
Строганова Ю.В. Разработка двухступенчатого волнового редуктора с большим передаточным числом.....	86
Тиханова Ю.В. Методический инструментарий прогнозирования потребности в металлообрабатывающем оборудовании на машиностроительном предприятии	89
Ткаченко А.Е. Влияние антифрикционного DLC-покрытия на износостойкость керамических токарных пластин при токарной обработке стали 12Х18Н10Т.....	92
Тырзина Е.Л., Абрамович Е.К. Подсистема идентификации сотрудников РЖД по биометрии	94
Федотов А.А. Повышение качества поверхностного слоя деталей и сплавов на основе молибдена	97
Шакина К.А. Выбор оптимальных методов нормализации параметров микроклимата в едином деканате МГТУ «СТАНКИН» .	100
Шуткова А.В. Формирование требований к подсистеме учета присутствующих студентов на занятиях в университете	103

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ИНТЕРФЕЙСА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ЧПУ

Акберов А.Р.

Научный руководитель: Пушков Р.Л. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

С развитием автоматизации в различных сферах производства растет потребность в программных решениях для эффективного управления процессами. В этой связи НМИ-интерфейсы становятся важными инструментами. Разработка специализированного кроссплатформенного интерфейса для систем числового программного управления (ЧПУ) представляет собой сложный процесс, требующий учета уникальных особенностей промышленного оборудования. Основной целью методики, предложенной в данной работе, является создание НМИ (Human-Machine Interface), способного эффективно работать на различных операционных системах (Windows, Linux, macOS), при этом сохраняя все функциональные возможности и минимизируя затраты на адаптацию.

Изучение технического задания является важной частью разработки. На этом этапе формируются требования и осуществляется предварительный выбор технологии разработки. В рамках текущего технического задания были определены требования к кроссплатформенности разрабатываемого приложения, а также требования к реализации нетипичных дополнительных устройств, таких как лазеры и газовые затворы. Также было проведено изучение принципа их работы и определены параметры, которые необходимо отображать. Важной частью является также определение функциональных требований к разрабатываемому решению.

После выбора технологии разработки начинается проектирование архитектуры приложения. Важно правильно декомпозировать интерфейс на компоненты, поскольку без этого значительно ухудшится поддержка кода и его читаемость. Помимо декомпозиции, необходимо выделить классы и библиотеки, которые будут использоваться, а также выстроить связи между ними. Учитывая, что некоторые устройства являются уникальными для данной системы, нужно продумать логику их работы.

Разработка визуального стиля интерфейса должна учитывать удобство пользователя, а также обеспечивать быстрый доступ к каждой функции системы. На основе этих принципов были разработаны макеты для системы ЧПУ. В разработку визуального стиля приложения входит: создание прототипов экранов и интерфейсов с учётом сценариев использования, оптимизация расположения элементов для быстрого доступа и проведение тестирования прототипов с целью доработки дизайна до этапа реализации.

После этих шагов происходит выполнение реализации функционала и объединения элементов интерфейса в готовое приложение. Можно выделить основные задачи этого шага:

- Программирование функциональности всех компонентов.
- Интеграция визуальных модулей с логикой приложения.
- Обеспечение взаимодействия с оборудованием через API или протоколы.
- Оптимизация производительности интерфейса для стабильной работы на различных устройствах.

На этом этапе происходит основная реализация функциональности и выполнение всех привязок, что позволяет получить готовый результат.

Одним из важнейших шагов методики остается тестирование. На этапе тестирования выявляются основные ошибки, после чего вносятся необходимые исправления. После внесения правок проводится дополнительное тестирование. Если ошибок не обнаружено, готовый продукт передается в эксплуатацию.

Так как интерфейс создается для уникального специализированного оборудования, то нужно учитывать специфику высокотехнологичного оборудования, присущую данной

специализированной системе ЧПУ. Это важно, поскольку такие устройства, как лазеры или газовые системы, имеют свои особенности работы, которые требуют более глубокого и специфического подхода в управлении.

Лазерные системы и газовые системы имеют свои ключевые параметры, которые необходимо контролировать для обеспечения безопасной и эффективной работы. Например:

- **Лазеры** требуют точной настройки мощности, частоты, фокуса и длительности импульса. Эти параметры напрямую влияют на качество обработки, точность резки или сварки, а также на износ самого лазера. Интерфейс должен позволять оператору оперативно регулировать эти параметры в реальном времени.

- **Газовые системы** могут включать в себя управление давлениями, расходом газа, составом смеси и температурами. Для резки металлов, например, могут требоваться разные смеси газов (кислород, азот, углекислый газ), и каждый из этих газов влияет на качество работы системы. Интеграция таких устройств требует мониторинга и автоматической корректировки в зависимости от текущих условий обработки.

Разработка интерфейса для управления уникальным специализированным оборудованием ЧПУ должна учитывать не только специфику таких устройств, как лазеры и газовые системы, но и потребности в повышении эффективности работы операторов через внедрение функций многозадачности и мультиэкранного режима. Это повысит производительность и позволит операторам более эффективно контролировать несколько процессов одновременно, увеличивая общую эффективность производства.

Интерфейс должен поддерживать работу с несколькими экранами или окнами для одновременного мониторинга разных устройств и процессов. Это позволит оператору управлять и контролировать сразу несколько станков, таких как лазерные системы или газовые установки, не переключаясь между различными программами или окнами. Например, оператор может одновременно следить за состоянием нескольких лазеров, наблюдать за изменениями в параметрах работы газовых систем, а также управлять другими процессами на производственной линии. Важно, чтобы интерфейс был гибким и интуитивно понятным, чтобы не перегружать оператора лишней информацией и позволить ему легко переключаться между задачами, минимизируя риски ошибок и простоя.

В основном специализированные НМИ строятся по одинаковому принципу, но при разработке такого интерфейса, необходимо учитывать, что для каждого процесса есть уникальные особенности исходя из которых нужно внедрять новую функциональность. Исходя из этого, можно сказать, что хоть каждая система имеет общие черты, но учитывая специфику промышленного процесса, они также имеют и свою уникальность.

Изучив различные НМИ для специализированных систем, были выделены общие элементы интерфейса, которые будут использоваться для создания своего НМИ.

В рамках задачи специализированной системой является система ЧПУ «принтера плазмонных наноструктур». Такой интерфейс должен учитывать ряд специфических требований. Пользователь должен иметь возможность наблюдать за процессом и управлять вспомогательными параметрами в реальном времени. Должны быть реализованы панели управления параметрами газов и лазеров, а также специализированные кнопки, позволяющие управлять различными устройствами через единую панель. Интерфейс должен включать пользовательский файловый менеджер для работы с исполняемыми файлами и компонент визуализации, отображающий траекторию выполняемого процесса. Необходим также инструмент отображения координат и возможность оперативного просмотра исполняемой программы в реальном времени.

Разработанная методика позволяет формализовать процессы разработки интерфейсов оператора специализированных систем ЧПУ. Она объединяет в себе различные аспекты, которые позволяют создать качественный и функциональный интерфейс, отвечающий заданным требованиям специализированного оборудования.

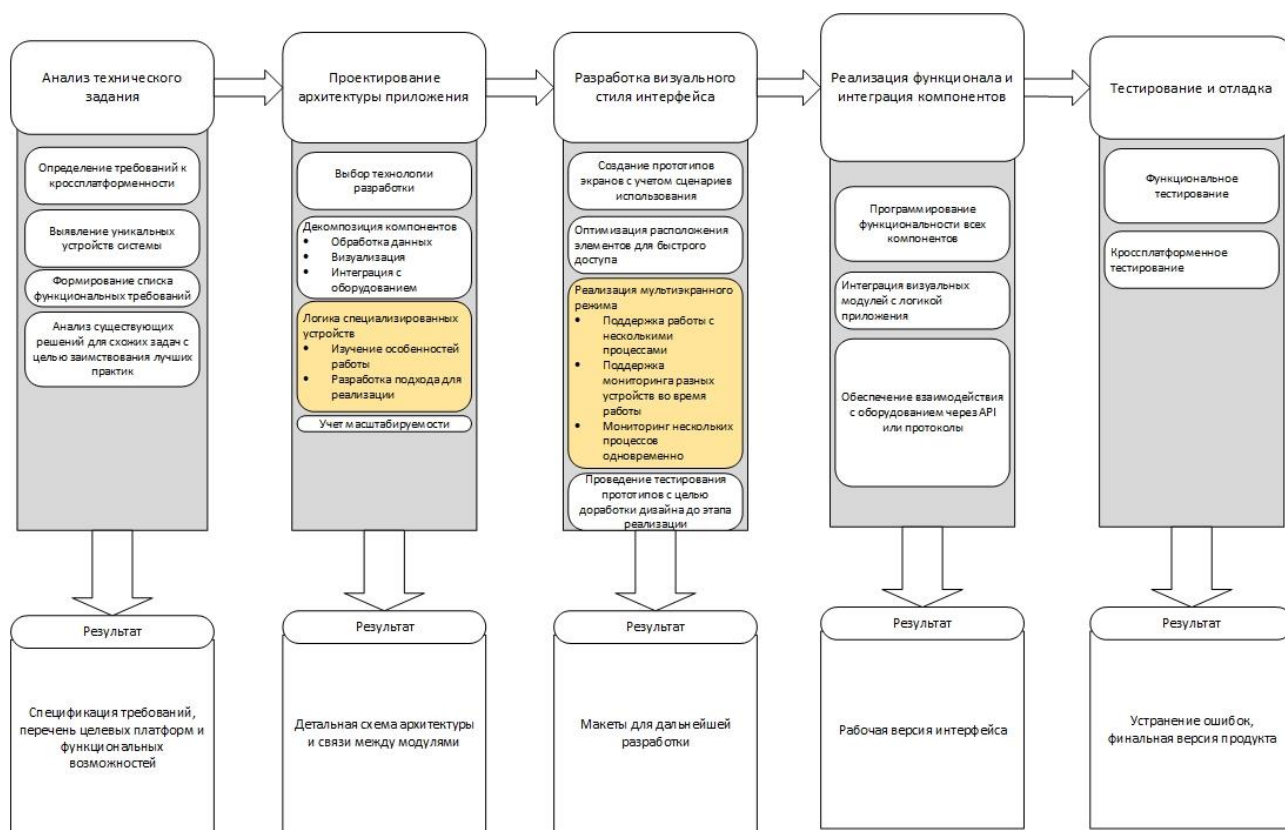


Рис. 1. Методика разработки построения кроссплатформенного интерфейса специализированных систем ЧПУ

Библиографический список:

1. Гаурав Арора, Джеффри Чилберто. Паттерны проектирования для C# и платформы .NET Core.
2. Дженифер Тидвелл, Чарли Брюэр, Эйнн Валенсия Разработка интерфейсов. Паттерны проектирования [Текст] / Дженифер Тидвелл, Чарли Брюэр, Эйнн Валенсия – 3-е издание. – Санкт-Петербург, Москва, Минск: ООО «Прогресс книга», 2024.
3. Особенности платформы WPF / [Электронный ресурс] // Metanit.com: [сайт]. – URL: <https://metanit.com/sharp/wpf/1.php>.
4. ReactiveUI. Продвинутая, составная, функциональная реактивная Model-View-ViewModel framework для всех. [Электронный ресурс]: <https://www.reactiveui.net/>. Реактивное программирование – <https://www.reactiveui.net/docs/reactive-programming/>.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОКОВОК ДЕТАЛИ «РЫЧАГ»

Бусов К.Р.

**Научный руководитель: Сосенушкин Е.Н. – д.т.н., профессор
Кафедра систем пластического деформирования МГТУ «СТАНКИН»**

Одной из задач при разработке технологии производства поковок горячей объемной штамповкой является правильный выбор оборудования. В работе была спроектирована технология изготовления поковки детали «Рычаг» на молоте, а также для сравнения была приведена технология изготовления той же поковки на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП). 3D модель поковки детали «Рычаг» показана на рис. 1.

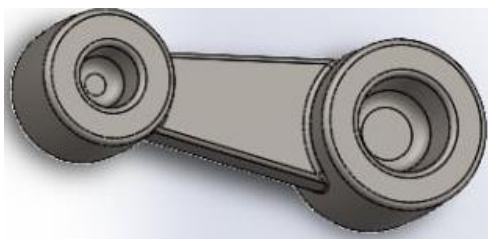


Рис. 1. 3D модель поковки детали «Рычаг»

После проведенных расчетов в качестве основного формоизменяющего оборудования был выбран паровоздушный молот М2145 (рис. 2), а также подобрано дополнительное оборудование для разрезки сортового проката на мерные заготовки (сортовые ножницы НГ 1432), а для обрезки облоя и пробивки перемычек – кривошипный пресс КЕС-400).



Рис. 2. Внешний вид паровоздушного молота М2145

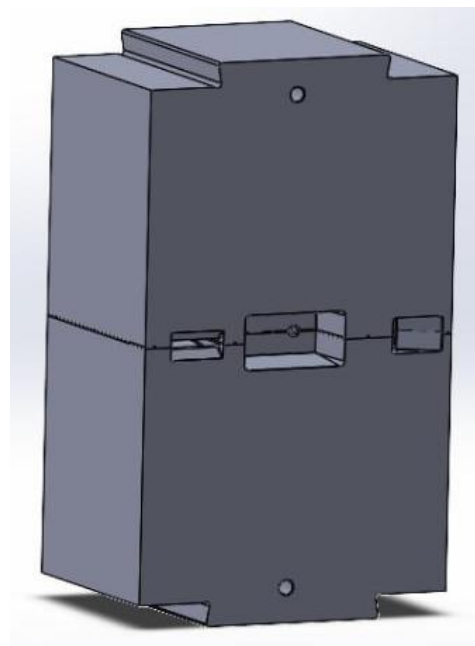


Рис. 3. 3D модель штампа

В ходе сравнения технологии получения поковки на молоте и на КГШП выяснено, что не целесообразно использовать КГШП для получения данной поковки, т.к. объем годовой программы выпуска невысок (10000 шт/год), что делает невыгодным использование более дорогого оборудования и оснастки.

Согласно справочной литературе [2] данная поковка относится к 1-й группе. Для поковок данной группы рекомендуется использовать следующие ручьи: подкатной, предварительный и окончательный. По рассчитанным габаритным размерам подобраны заготовки штампов (кубики) размерами 710 x 530 x 600 мм согласно ГОСТ 7831–71. 3D модель штампа, состоящего из двух половин, показана на рис. 3.

Технологический процесс получения поковки начинается с подкатки заготовки в закрытом подкатном ручье. Далее производится штамповка в предварительном и окончательном ручьях. Внешний вид полуфабрикатов, полученных на каждом переходе, показан на рис. 4.

В ходе моделирования, проведенного с помощью программного комплекса Deform-3D, выявлена проблема, связанная с тем, что облой распределялся неравномерно по периметру поковки и частично вытекал на зеркало штампа при штамповке в предварительном ручье. Данная проблема была устранена путем изменения формы предварительного ручья. Также по

результатам компьютерного моделирования установлено, что значение силы штамповки в окончательном ручье составляет 1,81 МН, разрушения заготовки не происходит (критерий Кокрофта-Латама не превышает 1), участок с максимальной интенсивностью деформации расположен в области облойной канавки и составляет порядка 2,4, максимальные напряжения достигают 230 МПа на участках выхода металла в облойную канавку. Это объясняется наиболее интенсивным течением материала в зонах облойного мостика.

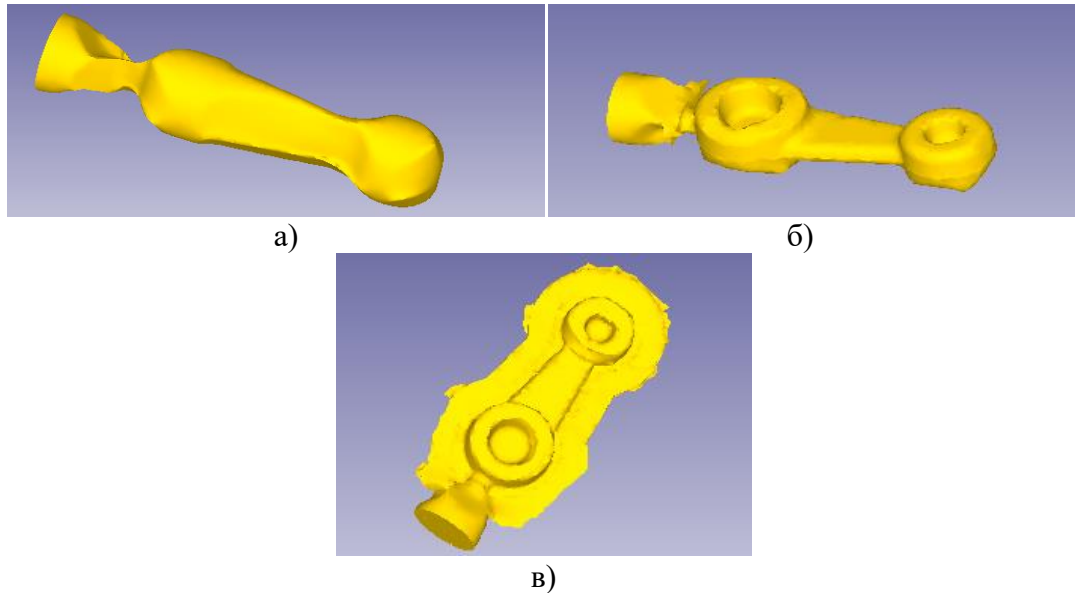


Рис. 4. Заготовка после подкатки и пережима клещевины, заготовка после штамповки в предварительном ручье, поковка после штамповки в окончательном ручье

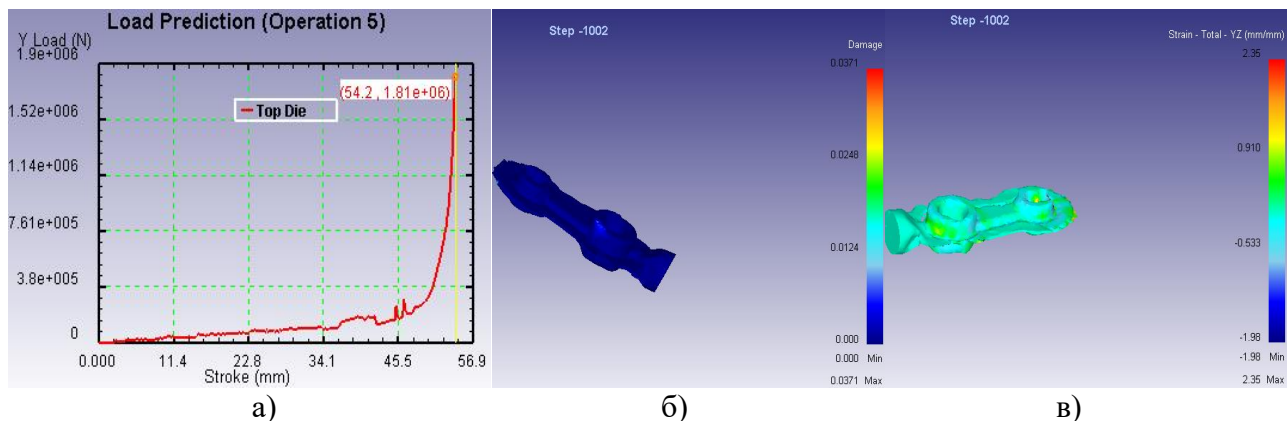


Рис. 5. Результаты моделирования в Deform-3D: а – силовые параметры; б – критерий разрушения; в – интенсивность деформации

Библиографический список:

1. Технология горячей штамповки на кривошипных прессах: методические указания / составители: В.Р. Каргин, Б.В. Каргин. – Самара: Издательство Самарского университета, 2020. – 64 с.
2. Семенов Е.И. Технология и оборудованиековки и объемной штамповки: учебник. – М.: Машиностроение, 1999. – 384 с.

РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ «KNIME» ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОСТРОЕНИЯ И АНАЛИЗА КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ

Вагин М.А.

Научный руководитель: Козлова А.В – к.т.н., доцент

Кафедра автоматизированных систем обработки информации и управления МГТУ «СТАНКИН»

В условиях растущих требований к качеству и стабильности процессов во всех отраслях промышленности особую актуальностью обладают инструменты статистического контроля. Одним из наиболее эффективных и проверенных временем методов являются контрольные карты Шухарта.

Контрольные карты Шухарта (или карты статистического контроля процесса) – это инструмент статистического контроля процессов, разработанный Уолтером Шухартом в 1920-х годах. Он позволяет отслеживать стабильность производственных и бизнес-процессов, выявляя отклонения, вызванные случайными колебаниями или значимыми изменениями. Основу карт составляют центральная линия (среднее значение величины) и границ регулирования ($\pm 3\sigma$).

В настоящее время существует большое количество видов контрольных карт, но в классическом варианте чаще всего применяются карты для средних значений (\bar{X}), размахов (\bar{R}), медиан (Me) и стандартных отклонения (S).

В современном мире их применяют в промышленности (например, контроль качества на конвейере), медицине (анализ лабораторных показателей), логистике (контроль исполнения временных рамок сроков доставки), финансах (мониторинг транзакций) и ИТ (анализ производственных систем).

На практике регулярный расчёт контрольных границ и обновление карт вручную превращается в трудоёмкий процесс. Особенно это заметно в отраслях, где данные поступают непрерывно – например, в фармацевтике, где необходим постоянный мониторинг параметров производства лекарственных препаратов.

Сегодня на рынке представлено множество программных продуктов для статистического анализа – от профессиональных пакетов программного обеспечения вроде Minitab до скриптовых решений в виде библиотек для языка программирования Python. Однако при ближайшем рассмотрении наиболее популярные предложения обладают рядом ограничений (сравнение по наиболее важным для пользователя параметрам представлено в табл. 1).

Таблица 1.

Сравнение популярных инструментов для анализа контрольных карт (SPC)

Критерий	Python (StatsModels/ Seaborn)	JMP(SAS)	Minitab	Tableau
Гибкость	4	3	2	1
Автоматизация	4	3	2	1
Интеграция	4	3	2	1
Стоимость	Бесплатно	\$1,5К+/год	\$1,6К+/год	\$70К+/месяц
Готовые SPC-шаблоны	Нет	Есть	Есть	Нет
Машинное обучение	4	3	Нет	Нет
Поддержка Big Data	4	2	Нет	1
Удобство для SPC	3	4	4	1

Исходя из анализа рынка готовых решений возникает закономерный вопрос: существует ли решение, которое сочетало бы доступность, гибкость, автоматизацию и простоту использования?

Ответом на этот вопрос может стать платформа KNIME (Konstanz Information Miner) – это открытая платформа для анализа данных, объединяющая визуальное программирование и мощные аналитические инструменты.

В отличие от Minitab, KNIME не требует лицензионных отчислений, а по сравнению с Python – не вынуждает пользователей писать сложный программный код. Но главное преимущество платформы перед конкурентами заключается в её гибкости. Например

– В сравнении с JMP, который ориентирован на интерактивный анализ, KNIME позволяет полностью автоматизировать последовательность взаимосвязанных шагов, которые выполняются для построения контрольных карт (pipeline), не требуя вмешательства пользователя.

– В отличие от Python-библиотек, которые нужно адаптировать под каждый новый набор данных, KNIME предоставляет интуитивно понятный интерфейс, где логика обработки настраивается через перетаскивание блоков.

Кроме того, KNIME поддерживает интеграцию с внешними системами – базами данных, CRM и ERP-платформами, что делает его идеальным решением для предприятий, где контроль качества встроено в общую логику бизнес-процесса.

Реализация алгоритма в KNIME предполагает автоматизацию процесса «ручного» построения контрольных карт Шухарта, то есть по схеме, представленной на рис. 1.

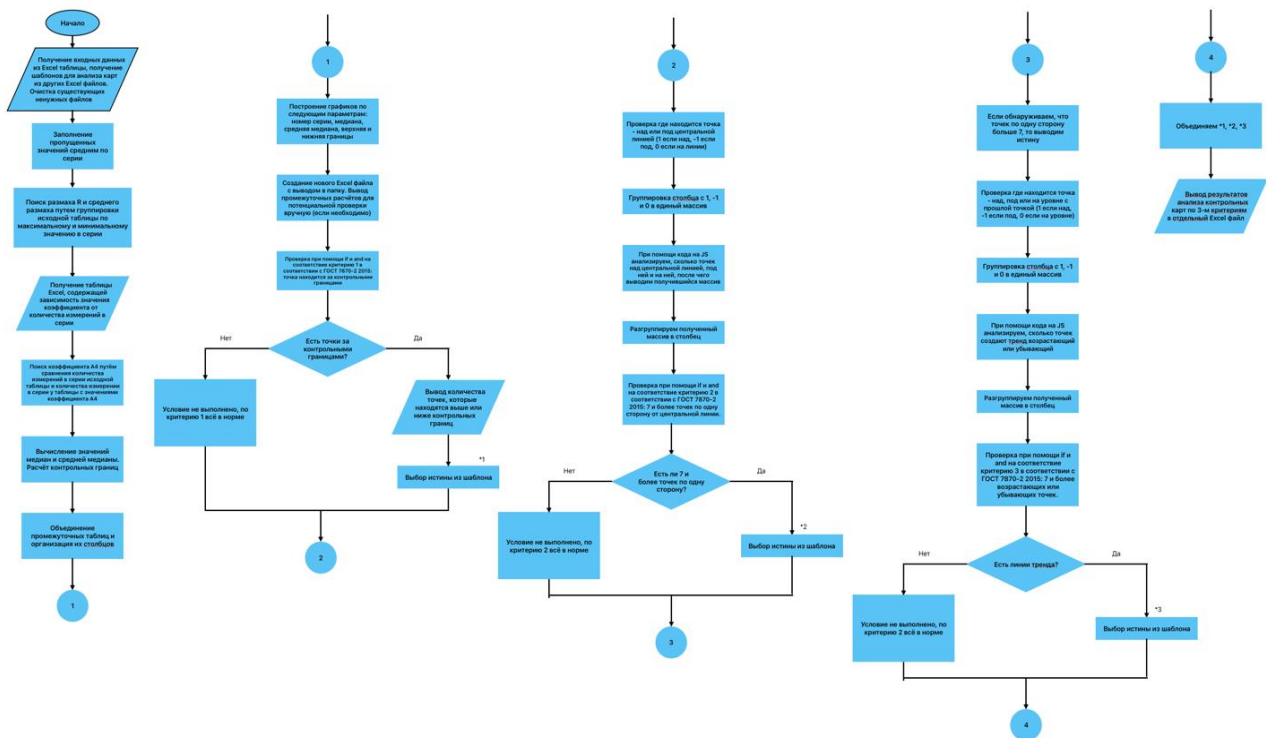


Рис. 1. Блок-схема алгоритма автоматического построения контрольных карт Шухарта на платформе KNIME

Предварительно на вход подаются следующие файлы:

– Файл формата .xlsx с сериями измерениями. Количество измерений в серии может быть от 2 до 25 (в соответствии с ГОСТ 7870–2–2015), а количество серий не ограничено (но чем больше количество, тем ниже скорость выдачи готового результата).

– Файл формата .xlsx с шаблонами результатов анализа по трём критериям, прописанным в ГОСТ 7870–2–2015.

– Файлы формата .xlsx с значениями коэффициентов A_2 и A_3 (для построения контрольной карты средних значений двумя способами), A_4 (для построения контрольной карты медиан), D_3 и D_4 (для построения контрольной карты размахов), B_3 и B_4 (для построения контрольных карт стандартных отклонений).

После запуска программы нажатием кнопки «Execute all» на выходе получаем следующие результаты:

– Файлы формата .xlsx с исходными сериями измерений и промежуточными расчётами для построения контрольной карты средних значений \bar{X} (двумя способами), размахов \bar{R} , медиан Me или стандартных отклонений S .

– Построенные при помощи встроенного визуализатора контрольные карты.

– Файлы формата .xlsx с результатом анализа контрольных карт по трём критериям, прописанным в ГОСТ 7570-2 2015.

Таким образом, данный подход позволил не только сократить временные затраты, но и минимизировать влияние человеческого фактора – ключевую причину ошибок, возникающих в процессе ручного анализа и построения контрольных карт.

Библиографический список:

1. ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015. Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта. – М.: Стандинформ, 2015. – 32 с.
2. ГОСТ Р ИСО 3534-2-2019. Статистические методы. Словарь и условные обозначения. Часть 2. Прикладная статистика. – М.: Стандинформ, 2019. – 104 с.
3. Макшанов, А.В. Технологии интеллектуального анализа данных : учебное пособие / А.В. Макшанов, А.Е. Журавлев. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 212 с.
4. KNIME AG. KNIME Analytics Platform Documentation: Statistical Process Control (SPC) Nodes [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.knime.com> (дата обращения: 3 февраля 2025).

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПОДХОДОВ К ФОРМИРОВАНИЮ ТРЕБОВАНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ДАШБОРДОВ

Вихров К.А.

Научный руководитель: Поляков С.Д. – к.т.н., доцент

Кафедра информационных систем МГТУ «СТАНКИН»

Дашборд – это интерактивная аналитическая панель, на которой расположены ключевые метрики, показатели целевых процессов [1]. Благодаря своей наглядности, дашборды становятся всё более незаменимым инструментом бизнес-аналитики для мониторинга и поддержки принятия решений. Несмотря на хорошую функциональность и качество современных ВІ систем, создание дашбордов остается непростой задачей, особенно остро это ощущается на этапе формирования требований к ним. Основная проблема – выявление и структуризация потребностей заказчика [2]. На практике чаще всего заказчик не может предоставить разработчикам чёткое техническое задание и, в целом, плохо представляет, какой дашборд он хочет. Данные обстоятельства приводят к чрезмерному количеству коммуникаций, многочисленным итерациям доработок и как итог к снижению качества получаемого дашборда.

Для решения описанных проблем и устранения негативных последствий связанных с ними стоит использовать специальные фреймворки. Dashboard Canvas – это фреймворк сбора

данных для разработки дашборда. Верхнеуровнево фреймворк включает в себя 4 основных этапа (рис. 1):

1. Интервью с заказчиком,
2. Заполнение шаблона Dashboard Canvas,
3. Разработка дашборда,
4. Презентация дашборда заказчику.

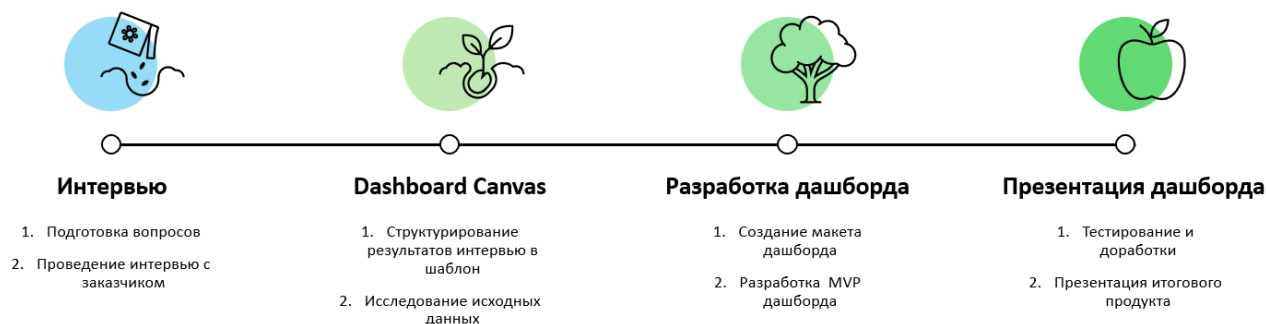


Рис. 1. Основные этапы фреймворка Dashboard Canvas

Шаблон Dashboard Canvas, как основу фреймворка, необходимо адаптировать для структурирования информации при разработке дашбордов. Заполненный шаблон помогает разработчику и заказчику сформировать единое видение целей дашборда, избежать недопонимания, сократить количество итераций и правок, а также учесть все важные детали будущего дашборда.

Основу адаптированного шаблона Dashboard Canvas составляют шесть блоков, каждый из которых отвечает на ключевой вопрос о будущем дашборде:

1. Конечные пользователи и контекст использования. Для кого создается дашборд и как он будет использоваться?
2. Цели, задачи, решения. Какие бизнес-цели преследуются? Какие решения будут приниматься на основе дашборда?
3. Показатели (меры). Какие показатели (метрики) должны отображаться?
4. Измерения (срезы). В каких разрезах должны быть представлены показатели?
5. Данные. Какие исходные данные доступны?
6. Ключевые вопросы. На какие главные вопросы должен отвечать дашборд?

Адаптированный Dashboard Canvas уже был успешно использован в ряде проектов ГБУ «МосТрансПроект», включая создание инструментов для информационной поддержки процесса мониторинга показателей корпоративных сервисов организации (рис. 2).

Применение Dashboard Canvas при проектировании дашбордов не только помогает разработчикам и заказчикам избежать недопонимания, но и экономит время за счёт чёткого определения целей и форматов визуализации. Когда все ключевые аспекты – от бизнес-целей до источников данных – прорабатываются и согласуются на старте, команда получает целостное представление о будущем продукте. Это позволяет не отвлекаться на постоянные корректировки, а сосредоточиться на создании действительно полезного, наглядного и удобного дашборда, ориентированного на реальные потребности пользователей.

Благодаря использованию Dashboard Canvas удаётся сократить количество итераций и правок – в среднем с четырёх до одной – а также уменьшить срок разработки полноценного дашборда с трёх до полутора месяцев.

Дашборд для мониторинга показателей корпоративных сервисов ГБУ «МосТрансПроект», разработанный в рамках магистерской выпускной квалификационной работы, был создан всего за два месяца и потребовал лишь одну итерацию доработки,

связанную с уточнением расчёта рабочего времени, затрачиваемого исполнителем на выполнение заявки. С момента запуска дашборд был использован более 700 раз руководителями структурных подразделений и владельцами корпоративных сервисов.

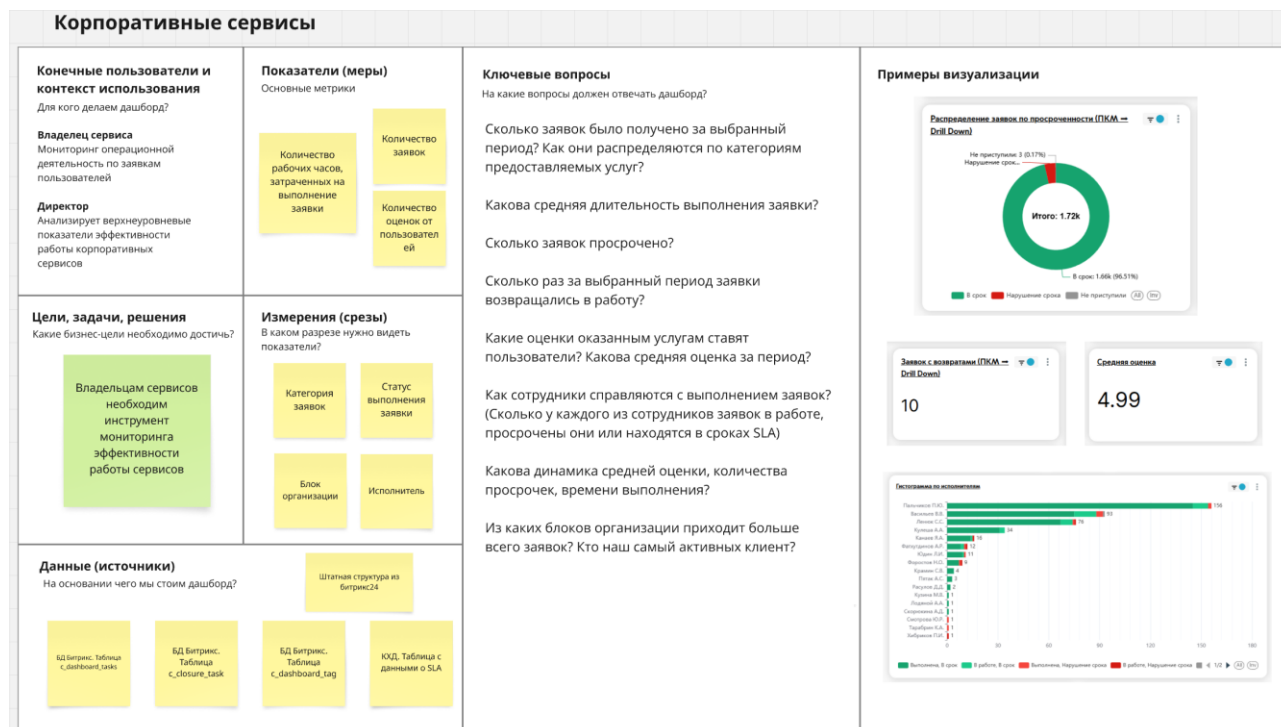


Рис. 2. Dashboard Canvas “Корпоративные сервисы”

Библиографический список:

1. Что такое дашборды, какие они бывают и как их строить. // Сайт Практикум Яндекс URL: <https://practicum.yandex.ru/blog/chto-takoe-dashbord/> (дата обращения 20.03.2025). Режим доступа: свободный.
2. Сергеев Д. ПОЧЕМУ НЕЛЬЗЯ ТАК ПРОСТО СОЗДАТЬ ДАШБОРД // Блог StreamMyData URL: <https://streammydata.ru/how-to-create-a-dashboard/> (дата обращения 20.03.2025). Режим доступа: свободный.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ГЕНЕРАЦИИ КОДОВ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

Воловичева А.А.

Научный руководитель: Елисеева Н.В. – к.т.н., доцент

Кафедра управления и информатики в технических системах МГТУ «СТАНКИН»

Компании по строительству и вводу в эксплуатацию объектов в области энергетики в среднем работают одновременно над 30 объектами, по каждому из которых выпускается проектно-конструкторская документация. Каждый комплект чертежей имеет уникальный код, содержащий ключевую информацию о нем. Коды всех чертежей зачастую составляются сотрудниками вручную.

Проблема, стоящая перед организациями, – неэффективность ручного кодирования документации. Цель данного исследования – обеспечить своевременное и верное кодирование проектно-конструкторской документации.

Автор предлагает разработать систему генерации кодов проектно-конструкторской документации, которая увеличит скорость планирования выпускаемых комплектов чертежей и послужит единым электронным реестром для всех проектов, которые находятся в работе у компании.

В организации ООО «Интертехэлектро – Проект» был разработан и внедрен единый стандарт «Структура кодирования документации», регламентирующий правила идентификации комплектов чертежей проектно-конструкторской документации. Согласно стандарту реквизит документа содержит семь категорий информации, каждая из которых состоит из одной или нескольких групп буквенных и цифровых знаков.

Новизна предлагаемого решения заключается в комплексном подходе к стандартизации и автоматизации процессов кодирования проектно-конструкторской документации. Для организации впервые разработана унифицированная система составления идентификаторов комплектов чертежей. Стандарт апробирован через внедрение системы генерации кодов документации.

Таблица 1.

Категории информации идентификатора документа

Категория	Описание
Организационно-правовые характеристики	Содержит информацию о номере договора, на основании которого ведутся работы, и разработчике документации – данные об организации из группы компаний, ответственной за реализацию документа.
Стадии процессов жизненного цикла проектируемого объекта	Содержит информацию об этапах проекта, состоит из двух разделов: <ul style="list-style-type: none"> • Стадия проектирования – детализация по разделам проектной документации: коды разделов, нумерация подразделов, частей, книг; • Номер этапа строительства.
Характеристики пространств	Упрощает ориентацию в структуре пространства проектируемого объекта. Состоит из двух разделов: <ul style="list-style-type: none"> • Площадка/коридор – территориальное расположение объекта; • Объект генплана – конкретные здания и сооружения на территории площадки.
Характеристики систем и функций	Позволяет определить технологическое наполнение описываемой системы и дает представление о взаимосвязи систем и функций. Состоит из трех разделов: <ul style="list-style-type: none"> • Группа технических систем – укрупненная информация о структуре проектируемого объекта. К группе технических систем можно отнести резервный водогрейный котел (РВК). • Техническая функциональная система – узкое описание технической системы. Функциональными системами являются система отбора проб сетевой воды, система дренажей трубопроводов сетевой воды, система производства тепловой энергии РВК. • Строительная система – описание конструктивных элементов здания. Строительными системами будут фундамент под котел, силовые плиты для распределения нагрузки, стеновые ограждения, каналы или лотки.

Характеристики технологического наполнения документа	Содержит специализированную марку, отражающую тип проектируемой системы, например, стандарт организации, спецификация, план кабельных трасс.
Характеристики содержания документа	Содержание позволяет выделить отдельные документы, которые входят в комплект, например, лист общих данных, кабельный журнал, чертеж.
Характеристики версии документа	Отражает факт внесения изменений в исходный документ. Содержит номера изменений и ревизий.

Ключевая задача разрабатываемой системы – автоматизировать процесс кодирования в соответствии с данным стандартом, исключив ручной ввод и связанный с ним ошибки.

Система представлена в формате адаптивного веб-сайта для возможности постоянного доступа к ней. Она представляет собой единый электронный реестр проектно-конструкторской документации, в котором собрана вся информация о выпускаемых комплектах чертежей по всем объектам организации.

К основным функциям системы относятся хранение данных о комплектах чертежей, автоматическая генерация кодов документации, а также анализ производительности отделов на основе количества выпущенных комплектов чертежей за заданный промежуток времени.

Информационное наполнение системы взято из прилагаемых к стандарту справочных документов, содержащих части наименования комплектов чертежей и соответствующие им кодовые значения. У пользователей есть возможность выбирать части наименования документа, а система автоматически подбирает кодовые значения в соответствии с заранее созданными таблицами реляционной базы данных (рис. 1). Из всех введенных значений собирается единый код документа (рис. 2).

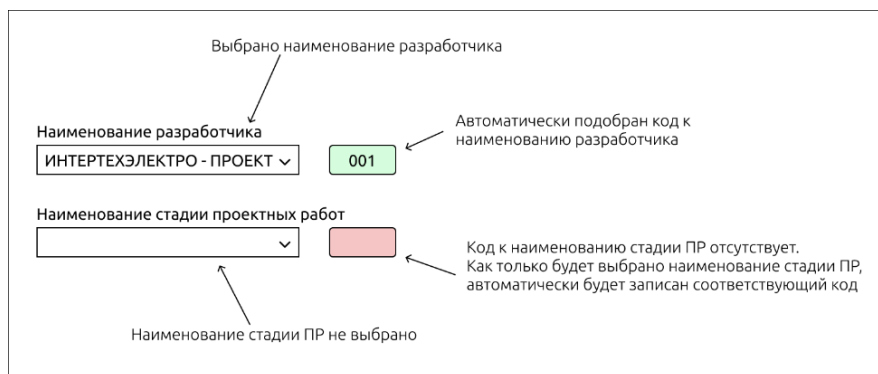


Рис. 1. Автоматический подбор кода по наименованию

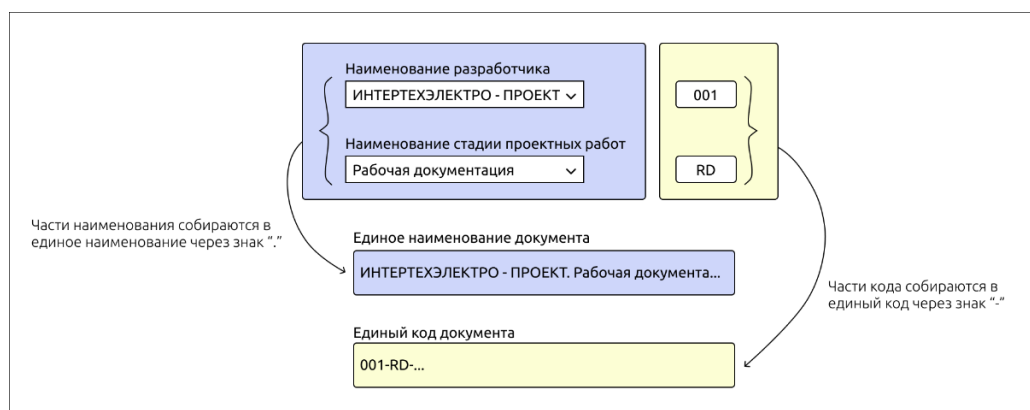


Рис. 2. Автоматическое формирование реквизитов документа

Выходными данными модуля по анализу производительности отдела является количество выпущенной документации за заданный промежуток времени, а также линейный график, демонстрирующий, в какую дату, какое количество чертежей было разработано. Данный модуль позволяет объективно оценить загрузку отделов и спрогнозировать сроки выполнения работ на следующий месяц (рис. 3).

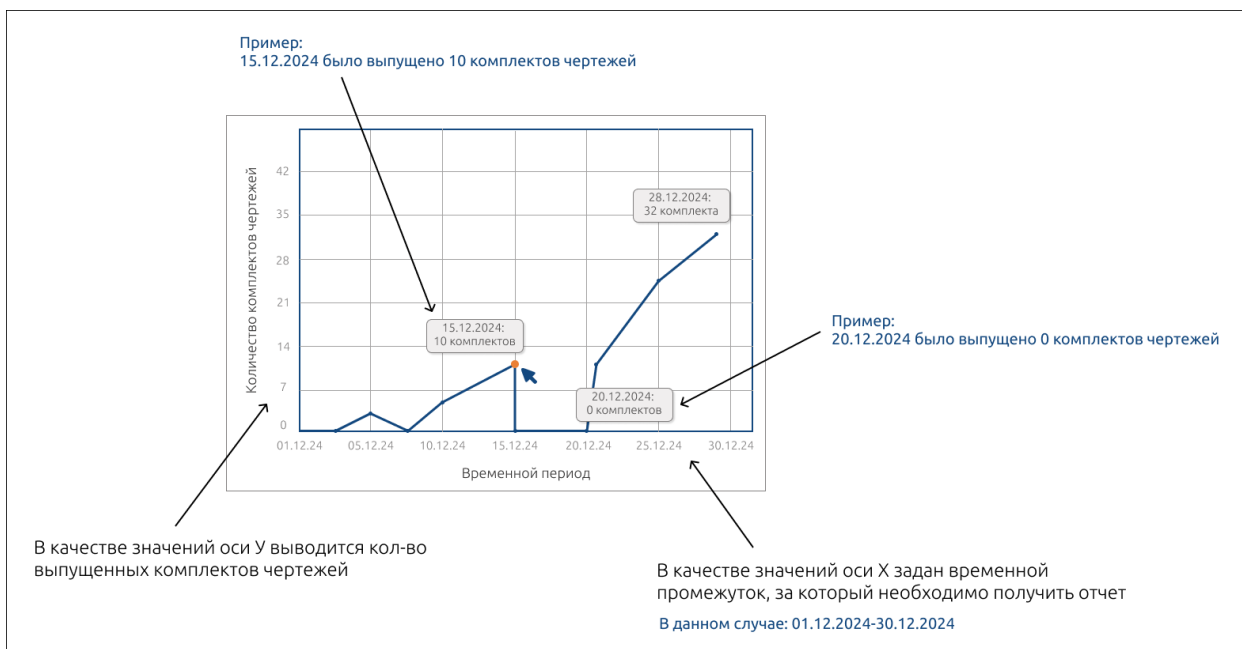


Рис. 3. Выходные данные модуля по анализу производительности отделов

Во избежание утечки данных для пользователей предусмотрены права доступа двух видов: пользователь и администратор. Для реализации каждого проекта создается проектная команда. В системе предусмотрены права доступа на редактирование электронных реестров по объектам только для специалистов, относящихся к проектной команде данного объекта.

Внедрение автоматизированного решения позволяет не только оптимизировать трудозатраты и повышает достоверность кодирования документации, но и позволяет выявлять уязвимости в стандарте и вовремя их устранять, например, неоднозначности в правилах кодирования.

Библиографический список:

- ГОСТ 2.051-2023 «Единая система конструкторской документации. Электронная конструкторская документация. Основные положения». – URL: https://normadocs.ru/gost_r_2.051-2023.

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В УДАЛЁННОМ УПРАВЛЕНИИ ПЕРСОНАЛОМ КОМПАНИЙ: ВЫЗОВЫ И РЕШЕНИЯ

Вишнев Р.А.

***Научный руководитель: Червенкова С.Г. – к.э.н., доцент
Кафедра финансового менеджмента МГТУ «СТАНКИН»***

Введение

Актуальность исследования обусловлена стремительной цифровизацией российской экономики, усиленной санкционными ограничениями и переходом на гибридные форматы

работы сотрудников компаний. Согласно данным исследования рынка труда IT-специалистов [1], к 2024 году 54 % сотрудников отрасли предпочитали удалённый или гибридный режим, а количество соответствующих вакансий достигло 22,2 тысяч. Это требует пересмотра подходов к управлению распределёнными командами, включая внедрение отечественных IT-решений и минимизацию рисков, связанных с цифровой трансформацией.

Цель работы – анализ современных технологий удалённого управления, их влияния на продуктивность сотрудников, а также разработка рекомендаций для бизнеса и удалённых команд. Методология включает сравнительный анализ инструментов, изучение статистики утечек данных и опросы IT-специалистов.

Современное состояние IT-сектора: тренды и инструменты

1. Рост отечественных решений

Санкционное давление на импортные технологии ускорило развитие российских аналогов. Например, Яндекс.Трекер и Confluence в компаниях «Яндекс» и «ТБАНК» сократили время согласования задач на 35 % за счёт автоматизации workflow.

СберТех RPA внедрён для автоматизации рутинных операций: тестирование кода, сбор отчётов, мониторинг сроков. Это высвобождает до 40 % времени сотрудников для креативных задач.

2. Асинхронная коммуникация

Использование GitLab для управления проектами и Telegram для оперативного обмена данными стало стандартом. Это снижает нагрузку на сотрудников, позволяя работать в удобное время. Однако избыток уведомлений в мессенджерах провоцирует цифровую усталость.

3. Мониторинг эффективности

Переход на систему OKR (Objectives and Key Results) и AI-аналитику позволяет компаниям выявлять «узкие места» в режиме реального времени. Например, AI-алгоритмы прогнозируют задержки проектов на основе анализа метрик, таких как скорость выполнения задач и частота ошибок.

Ключевые вызовы цифровой трансформации

1. Цифровая усталость

По данным исследования [2], 67 % IT-специалистов испытывают стресс из-за:

- перегрузки уведомлениями (в среднем 120+ сообщений в день);
- необходимости постоянного переключения между задачами;
- отсутствия чётких границ между работой и личным временем;

2. Риски информационной безопасности

В 2024 году количество утечек данных в РФ выросло на 33 % [3]. Основные причины:

- использование незащищённых иностранных платформ (например, Slack без локальной сертификации);
- отсутствие многофакторной аутентификации в 45% российских компаний.

3. Юридические ограничения

Требования 152-ФЗ обязывают компании использовать только сертифицированные инструменты для обработки персональных данных. Однако 60 % малых предприятий продолжают применять иностранные решения, рискуя получить штрафы до 10 % годового оборота.

Решения и рекомендации для бизнеса

1. Внедрение отечественных аналогов ПО:

Сферум (российский аналог Zoom):

- обеспечивает шифрование данных по ГОСТ Р 34.12-2015;
- интеграция с Яндекс.Календарём снижает время планирования встреч на 20 %;
- снижает уровень стресса сотрудников на 25 % за счёт упрощённого интерфейса.

Р7-Офис:

- полностью совместим с форматами DOCX и XLSX.
- соответствует требованиям 152-ФЗ, исключая риски штрафов.

2. Digital Wellness-стратегии

- Внедрение специализированных платформ для управления нагрузкой, направленных на снижение стресса, оптимизацию рабочего времени и поддержание ментального здоровья сотрудников.
- Автоматические напоминания о перерывах каждые 90 минут.
- Анализ уровня стресса через фитнес-трекеры (например, Xiaomi Mi Band).
- Геймификация рабочих процессов: система бейджей в Яндекс.Трекере повышает мотивацию на 18%.

3. Виртуальные рабочие пространства

- VR Concept (российская платформа для VR-встреч):
- Имитирует офисную среду, повышая вовлечённость сотрудников на 20%.
- Снижает чувство изоляции у 65% удалённых работников [4].
- VK WorkSpace: интеграция с VK Мессенджером для асинхронной коммуникации.

Таблица 1.

Сравнение эффективности инструментов удаленного взаимодействия для IT-команд

Инструмент взаимодействия	Рост продуктивности сотрудников	Снижение стресса сотрудников
Яндекс.Трекер + Jira	+35%	+15%
Сферум	+20%	+25%
RPA (СберТех)	+40%	+30%

Заключение и перспективы

Цифровая трансформация в удалённом управлении – это баланс между технологиями, безопасностью и человеческим фактором. Её суть не в автоматизации ради инноваций, а в создании экосистемы, где инструменты повышают эффективность, защита данных обеспечивает устойчивость, а забота о сотрудниках становится основой мотивации.

Ключевые аспекты:

- отечественные IT-решения доказали свою жизнеспособность в условиях санкций, предлагая безопасные и функциональные альтернативы зарубежным аналогам;
- цифровая усталость требует пересмотра корпоративной культуры: внедрение wellness-стратегий, ограничение информационной перегрузки и поддержание баланса между работой и личной жизнью;
- соблюдение законодательства (например, 152-ФЗ) превратилось в критический фактор для бизнеса, где игнорирование норм грозит не только штрафами, но и потерей репутации;
- перспективы лежат в исследовании долгосрочного влияния технологий на общество;
- этические и психологические последствия VR и AI;
- разработка стандартов для безопасного внедрения искусственного интеллекта;
- создание межкорпоративных программ, направленных на цифровое благополучие сотрудников.

Главный вывод: устойчивая цифровизация возможна только при синтезе инноваций, правовой дисциплины и человекоцентричного подхода. Технологии должны не заменять людей, а усиливать их потенциал, сохраняя фокус на качестве жизни.

Библиографический список:

1. «IT-рынок труда в 2024 году: ситуация, тенденции и прогноз на 2025» [Электронный ресурс]. – <https://habr.com/ru/companies/hh/articles/895994/>.
2. «Гори оно всё: как избежать выгорания в ИТ» [Электронный ресурс]. – <https://hh.ru/article/gori-ono-vsyo-kak-izbezhat-vygoraniya-v-it>.
3. «Россия: утечки информации ограниченного доступа 2023-2024» [Электронный ресурс]. – <https://www.infowatch.ru/sites/default/files/analytics/files/rossiya-utechki-informatsii-ogranichenogo-dostupa-2023-2024.pdf>.
4. «Удаленная работа в VR: опыт компаний HP, HTC, Schlumberger и МТС» [Электронный ресурс]. – <https://trends.rbc.ru/trends/industry/5eb129e09a79477125af25fc>.

КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНЕТАРНО-ЦЕВОЧНЫХ МЕХАНИЗМОВ В T-FLEX PLM

Глазунов Д.

Научный руководитель: Соболев А.Н. – к.т.н., доцент

Кафедра станков МГТУ «СТАНКИН»

В настоящее время планетарно-цевочные редукторы широко применяются в различных областях машиностроения, где требуется высокая точность позиционирования и передача значительных мощностей. Они используются в подъемных механизмах, робототехнике, станкостроении и других сферах [1,2]. Одной из актуальных задач является автоматизация проектирования таких редукторов с использованием интегрированных систем автоматизированного проектирования.

В рамках проведенного исследования автором были изучены вопросы синтеза и проектирования планетарно-цевочных зубчатых передач [1,2]. Для разработки данных механизмов был выбран программный комплекс T-FLEX PLM, включающий в себя не только систему автоматизированного проектирования T-FLEX CAD, но и комплекс расчетных и технологических модулей (T-FLEX «Анализ» и ЧПУ).

Разработанная методика проектирования планетарно-цевочных механизмов включает следующие этапы:

1. Выбор структурной схемы редуктора. Подбор конфигурации планетарно-цевочного механизма, обеспечивающей требуемое передаточное отношение в заданном диапазоне.
2. Расчет геометрических параметров:
 - Определение основных размеров циклоидальных колес.
 - Расчет параметров механизма кривошипов.
 - Трехмерное графическое моделирование зубчатой циклоидальной (планетарно-цевочной) передачи.
3. Прочностной анализ. Проведение расчетов на прочность цевочного зацепления для обеспечения надежности конструкции.

Планетарные механизмы классифицируются по основным звеньям. Если, например, основными звеньями планетарного механизма являются два центральных колеса ($2k$) и водило (h), то он обозначается $2k-h$.

В схеме $k-h-v$ рассматриваемого в работе планетарно-цевочного редуктора на рис. 1 основными звеньями являются: H – водило; b – обойма с цевками (цевочное колесо, k); a – сателлиты; W – механизм параллельных кривошипов; V – выходное звено.

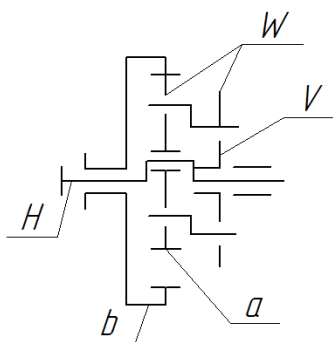


Рис. 1. Планетарно-цевочных механизм k-h-v

Параметры проектируемого планетарного редуктора:

- Передаточное отношение: -21 (допускаемое отклонение до 3 %).
- Максимальный крутящий момент на выходном валу: 500 Н·м.
- Применение: транспортные системы, конвейерное оборудование, грузоподъемные механизмы.
- Расчетная масса объекта машиностроения: до 67 кг.
- Смазка консистентная.

Для автоматизированного проектирования был выбран программный комплекс T-FLEX. В соответствии с принципом параметрического моделирования, в данной системе была разработана параметризованная модель редуктора, обеспечивающая автоматическую адаптацию геометрии деталей при изменении исходных параметров конструкции.

В редакторе переменных T-FLEX выполняются:

1. Геометрические расчеты.
2. Прочностные расчеты в полном соответствии с методиками, изложенными в работах [1–2].

При внесении изменений в исходные данные через редактор переменных T-FLEX происходит автоматический пересчет геометрических характеристик всех компонентов редуктора.

Ключевые особенности реализации:

1. Максимально возможная параметризация модели.
2. Автоматизированная генерация геометрии.
3. Интегрированная система расчетов.
4. Визуализация процессов проектирования.

Все расчетные алгоритмы верифицированы согласно ссылочным источникам [1,2].

Методика расчетов и проектирования:

1. Прочностные расчеты:
 - Для определения нагрузочных характеристик цевочных элементов.
 - Для анализа работоспособности подшипниковых узлов был задействован специализированный CAE-модуль T-FLEX «Анализ».
2. Результаты моделирования:
 - На рис. 2 представлена твердотельная 3D-модель планетарно-цевочного редуктора, разработанная в среде T-FLEX PLM.
 - На основании данной модели были автоматически сгенерированы:
 - Сборочные чертежи.
 - Комплектовочная спецификация (результаты представлены на рис. 3).

Ключевые аспекты реализации:

1. Комплексный подход к расчетам (CAE-анализ).
2. Сквозное проектирование от 3D-модели до КД. Проектирование «сверху-вниз».
3. Автоматизация выпуска конструкторской документации.
4. Визуализация результатов на всех этапах проектирования.

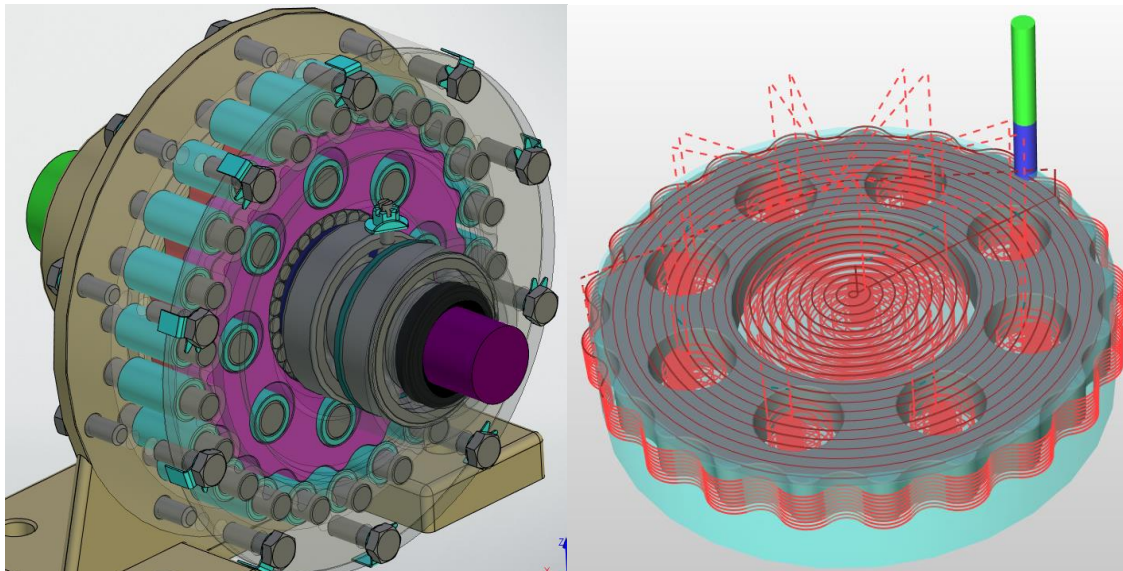


Рис. 2. Конструкторско-технологическая подготовка производства планетарно-цевочного механизма

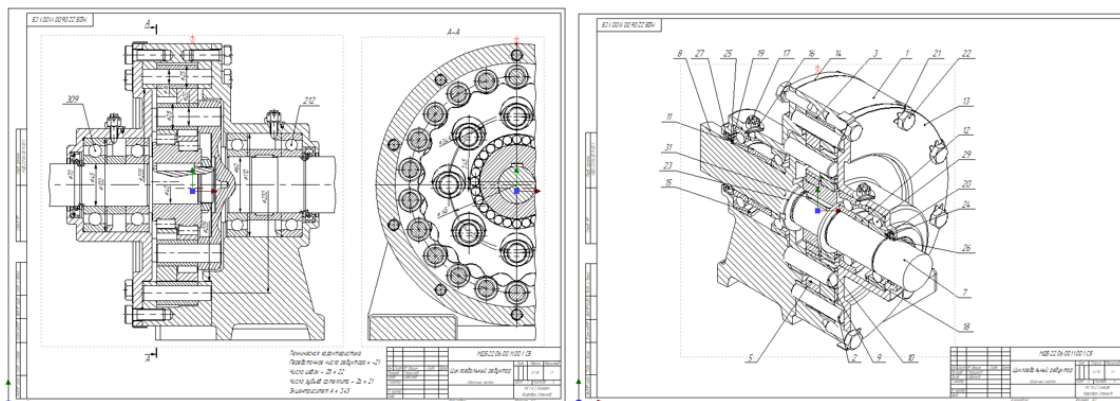


Рис. 3. Конструкторская документация к редуктору

Все этапы проектирования выполнялись в единой PLM-среде T-FLEX, что обеспечило согласованность данных и минимизацию ошибок.

Автором была разработана и успешно апробирована методика параметрического моделирования цевочных циклоидальных механизмов типа $k-h-v$ с использованием интегрированной CAD/CAE/CAM-системы T-FLEX. С помощью встроенных инструментов программирования T-FLEX были реализованы расчетные алгоритмы для моделирования деталей планетарно-цевочной передачи. На кафедре станков создана полноценная параметрическая 3D-модель планетарно-цевочного редуктора $k-h-v$, которая может быть использована в учебном процессе при изучении ряда дисциплин. На основе разработанной модели проведены исследования кинематики, динамики, прочностные и силовые расчеты в интегрированном комплексе T-FLEX. С помощью T-FLEX ЧПУ подготовлены управляющие программы для изготовления деталей с циклоидальным профилем, что является реализацией технологической подготовки производства (см. рис. 2).

Библиографический список:

1. Фомин М.В. Планетарно-цевочные передачи: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 2009. – 64 с.
2. Соболев А.Н., Некрасов А.Я., Арбузов М.О., Ривкин А.В. Совершенствование методики автоматизированного проектирования гипоциклоидальных цевочных передач // Технология машиностроения. – 2017. – № 10. – С. 44–49.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ НАСТАВНИЧЕСТВА В ПРОЕКТНЫХ ИТ-КОМАНДАХ

Гусева А.А.

Научный руководитель: Михайлова М.В. – к.с.н., доцент

Кафедра философии и социального управления МГТУ «СТАНКИН»

Актуальность работы состоит в том, что время цифровой трансформации предъявляет особые требования к ИТ-специалистам: важно иметь высокую гибкость в решении инновационных задач и обучаемость, быстро осваивать сложные технические инструменты, обладать способностью оперативно внедряться в проектные команды с высоким уровнем ответственности. Помимо этого, необходимо гибко адаптироваться к условиям работы, так как в ИТ-сфере часто используют удаленный и гибридный формат работы.

Проектная команда – это созданная на период реализации проекта, группа специалистов, взаимодополняющий и, при необходимости, взаимозаменяемых друг друга в процессе работы над проектом [4].

Грамотная адаптация ИТ-специалистов дает определенные результаты:

1. Исследования доказали, что текучесть кадров сокращается на 25–30 %, например, правильные программы адаптации увеличивают вовлеченность сотрудников как в работу, так и в компанию [1].
2. Повышается производительность труда на 15–20 %, этот показатель рассматривали в первые полгода работы [3].
3. Сокращается время на вхождение в должность до 30 % [2].

В проектных ИТ-командах также есть особенности адаптации, такие как:

- Быстрая интеграция, так как сотрудник должен быстро влиться в рабочий процесс из-за дедлайнов;
- Командное взаимодействие, которое позволяет выстроить эффективную коммуникацию с коллегами;
- Кросс-функциональность также важна, потому что часто сотрудники могут работать над разными задачами проекта;
- Краткосрочность проектов, так как обычно проект длится несколько месяцев.

Наставничество играет важную роль в адаптации сотрудников, так как оно сокращает период погружения в работу и позволяет сделать это с наименьшим стрессом.

На данный момент существуют некоторые модели наставничества в проектных ИТ-командах, у них есть как свои преимущества, так и недостатки. Именно эти модели мы и хотим разобрать.

1. Классическая модель наставничества – она предполагает закрепление за новичком более опытного сотрудника, который помогает новому работнику не только с освоением технологий, но и с адаптацией к коллективу.
В качестве преимуществ можно выделить индивидуальный подход, быстрое освоение информации и углубленное изучение. Однако, идет большая нагрузка на наставника, особенно если ему придется вести нескольких новичков одновременно, а также данную модель тяжело масштабировать, если компания крупная.
2. Групповое наставничество – наставник работает с несколькими сотрудниками, но уже не индивидуально, а в группе, в формате семинаров и воркшопов.
Данная модель экономит ресурсы за счет работы сразу с несколькими сотрудниками, также формирует среду для обмена информацией между новичками, но по сравнению с индивидуальным уделяется меньше внимания каждому сотруднику и тяжелее подстроиться под темп обучения и потребности работника.
3. Обратное наставничество – тут уже младшие сотрудники обучают более опытных новым технологиям и трендам.

С данной моделью быстрее осваиваются новые технологии, а также улучшается взаимопонимание между разными поколениями в компании. Однако есть и свои недостатки, например, не все старшее поколение готово учиться у молодых работников.

4. Метод *peer-to-peer* – в данном случае новички и являются наставниками друг для друга, например, *frontend*-разработчик может помочь *backend*-разработчику в своем стеке технологий.

Новички быстрее знакомятся между собой, развиваются *soft skills*, но участники должны обладать высокой инициативностью, также сложно оценить эффективность работы, так как нет закрепленного более опытного наставника. Данная модель, например, используется в школе «СБЕР21» уже на протяжении нескольких лет.

На основе данных программ наставничества, мы сделали свою модель. Она включает в себя несколько этапов (табл. 1), на каждом из которых находятся кураторы, а также технические инструменты, которые мы подобрали исходя из трудностей, с которыми могут столкнуться члены команды.

Таблица 1.

Название этапа	Что делают на этапе	Возможные трудности	Инструменты и технологии	Кто курирует и почему	Время куратора (в неделю)
0. Подбор персонала	Осуществляется подбор персонала по определенным критериям: - Профессиональные способности; - Креативность (измеряется в количестве идей); - Предпринимательские способности; - Умение работать в команде	Тяжело определить человека, подходящего под все критерии, без использования грамотного тестирования	Сессия с HR-специалистом; Использование тестов (допустимо в электронном формате)	HR-специалист для сбора информации и предыдущем опыте работы; Возможно подключение психолога для сессии	2 часа
1. Подготовительный	Формирование команды, распределение ролей, определение целей, обсуждение проекта	Непонимание ролей и ответственности; Конфликты внутри команды; Низкая мотивация	Тренинги по командообразованию; Сессии фасилитации;	Куратор по командной динамике / тренер: помогает сформировать здоровую рабочую атмосферу и роли	3–5 часов
2. Реализация проекта	Разработка архитектуры, написание кода, тестирование, проведение исследований	Недостаток технических знаний; Потеря фокуса; Технические ошибки; Плохое управление знаниями	ИИ для поиска литературы; Система управления знаниями; Code review-платформы [5]	Технический наставник: помогает решать инженерные задачи, отслеживать технический прогресс; AI-ассистент: автоматизирует поиск информации; Куратор по развитию наставников: поддерживает наставников	2–4 часа технического наставника; 1–2 часа развития наставников
3. Заключительный	Подготовка технической документации, патентов, презентаций, работа с ИС	Ошибки в оформлении; Недостаток знаний о защите ИС; Недостаток навыков презентирования	Шаблоны патентов и презентаций; Консультации по ИС; Образцы документов; GPT, Notion AI	Юрист/специалист по ИС: консультирует по защите интеллектуальной собственности; Куратор по научной коммуникации: помогает оформить и представить результаты	2–3 часа юриста; 2–3 часа коммуникационного куратора

Заключение: на основе проведенного анализа мы поняли, что наставничество на самом деле играет большую роль в работе IT-специалистов. Модель, которую мы разработали, учитывает все минусы и плюсы других, уже существующих моделей. Также мы постарались ввести новые технологии, так как в наше время без их интеграции тяжело представить работу любого специалиста.

Данную модель требуется опробовать в работе, поэтому мы будем продолжать исследования.

Библиографический список:

1. Климов Е.А. Психология профессионального становления / Е.А. Климов. – М.: Академия, 2004. – 304 с. EDN QXIENF
2. Беляев Р.Н. Современные подходы к управлению IT-командами / Р.Н. Беляев. – Новосибирск: Сибирское научное издательство, 2020.
3. Дадашова Ф.В.К., Тераз В.А. Инновационный подход к адаптации персонала в организациях // Менеджмент: теория и практика. – 2023. – № 3–4. – С. 90–93.
4. Алиева Т.М. Проектная команда как основной инструмент эффективности проекта // Национальная ассоциация ученых (НАУ), 2020.
5. Тренд автоматизации HR-процессов: как ИИ помогает кадровым специалистам. – Текст: электронный // РБК: [сайт]. – URL: <https://companies.rbc.ru/news/HCdKj6SxdS/trendavtomatizatsii-hr-protsessov-kak-ii-pomogaet-kadrovym-spetsialistam/> (дата обращения: 25.03.2025).

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ ДЕФЕКТОВ ПОВЕРХНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Демьянец К.Р.

Научный руководитель: Клочкова К.В. – к.т.н., доцент

***Кафедра автоматизированных систем обработки информации и управления
МГТУ «СТАНКИН»***

За последние десятилетия искусственный интеллект и создание систем на его основе испытали мощный скачок в развитии, вызванный необходимостью повышения производительности, точности и надежности различных процессов. Применение технического зрения становится незаменимым элементом таких современных автоматизированных систем, обеспечивающим высокую степень их автономии. Организация подобных самостоятельных систем в процессах контроля качества поверхности является важной задачей для производственных предприятий, особенно в отраслях с высокими требованиями к надежности и точности, таких как аэрокосмическая промышленность, электроника и машиностроение.

В рамках исследования была сформирована архитектура системы технического зрения (рис. 1), которая включает в себя: систему освещения, объектив, камеру для создания снимков, а также сервер для обработки изображений.

Работа системы основана на методике автоматизированного контроля, которая содержит последовательную цепочку действий, объединяющую аппаратное обеспечение и алгоритмы анализа (рис. 2).

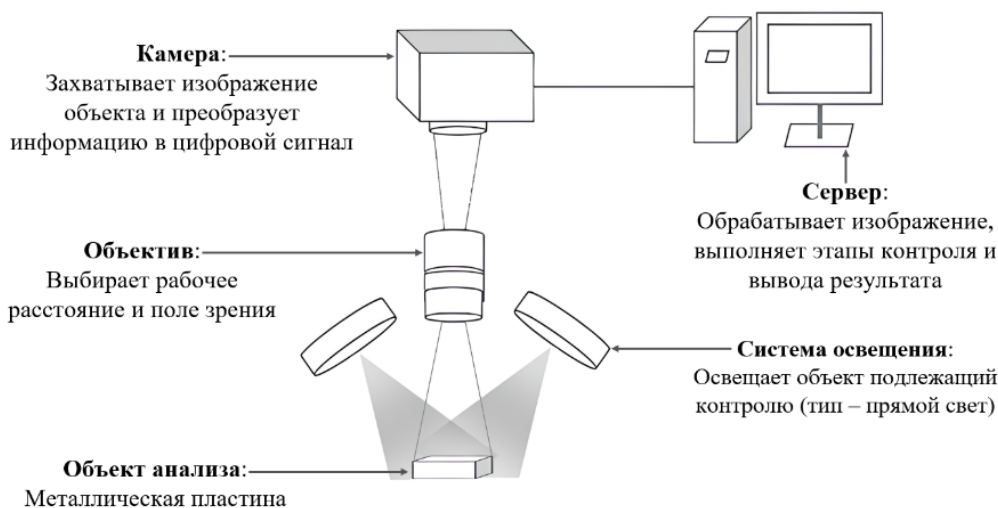


Рис. 1. Архитектура системы технического зрения

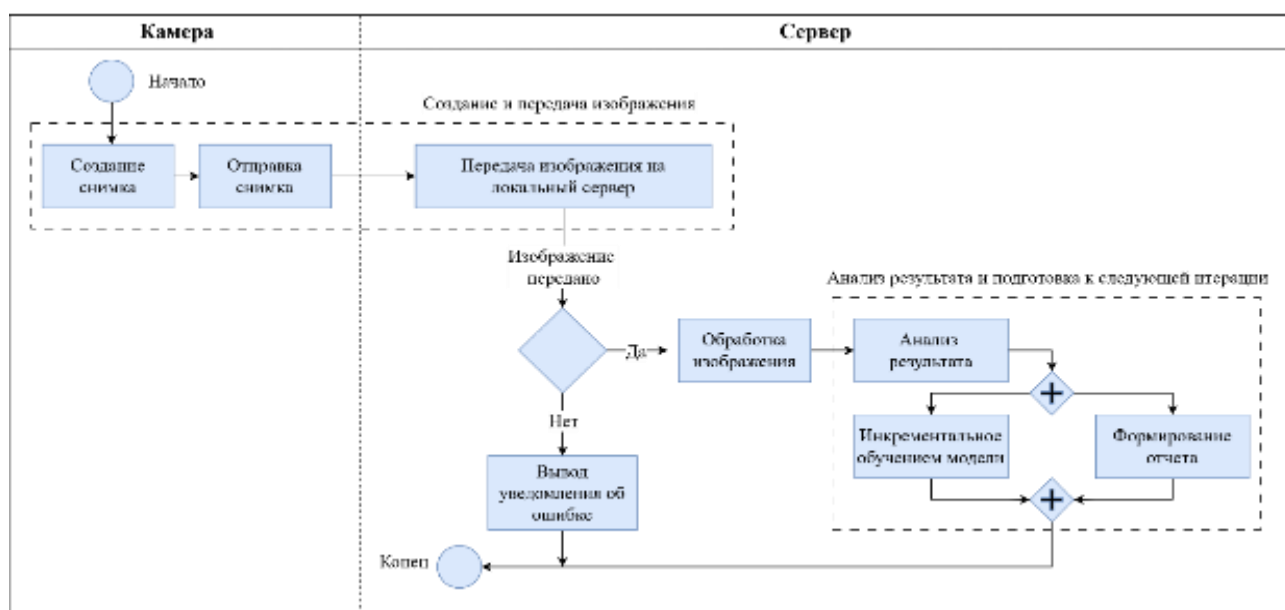


Рис. 2. Методика контроля дефектов поверхности с помощью системы технического зрения

Процесс начинается с захвата изображения металлической пластины промышленной камерой, оснащённой системой освещения (тип – прямой свет). Изображение в формате PNG сохраняется во временном буфере, после чего отправляется на локальный сервер с подтверждением получения. При сбоях передачи активируется алгоритм повторной отправки с компрессией данных до 70 % для снижения нагрузки на сеть. Далее на сервере выполняется предобработка изображения. Далее модель анализирует текстуру поверхности, выделяя аномалии размером от 50 мкм, и присваивает каждой зоне вероятность дефектности.

Для обработки изображений в системе технического зрения был применен математический аппарат, основанный на последовательном применении математических операций, направленных на выделение ключевых объектов и подавление шумов. Каждый этап преобразований можно представить как цепочку операций, модифицирующих исходные данные.

Исходное изображение формата BGR кодируется трёхмерной матрицей размером $M \times N \times 3$, где каждый элемент I_{ij} содержит значения интенсивности синего, зелёного и красного каналов. Для упрощения обработки изображение преобразуется в одноканальное,

используя взвешенное усреднение цветовых компонент. Формула преобразования в градации серого учитывает особенности человеческого зрения:

$$I_{\text{gray}}(i, j) = 0.299 \cdot R(i, j) + 0.587 \cdot G(i, j) + 0.114 \cdot B(i, j), \quad (1.1)$$

где R, G, B – интенсивности красного, зелёного и синего каналов в точке (i, j) . Коэффициенты 0,299, 0,587 и 0,114 отражают вклад каждого канала в восприятие яркости.

Следующий этап – подавление шумов. Для этого применяется свёртка изображения с гауссовым ядром, которое «размывает» резкие перепады яркости, сохраняя общую структуру объектов. Двумерная функция Гаусса задаётся выражением:

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}, \quad (1.2)$$

где σ определяет радиус размытия: чем больше σ , тем сильнее сглаживание. Свёртка вычисляется для каждого пикселя (i, j) как взвешенная сумма интенсивностей соседних пикселей в окрестности радиусом k :

$$I_{\text{blur}}(i, j) = \sum_{m=-k}^k \sum_{n=-k}^k G(m, n) \cdot I_{\text{gray}}(i - m, j - n). \quad (1.3)$$

Это эквивалентно перемещению ядра по изображению и замене центрального пикселя на среднее значение, взвешенное по гауссову распределению.

После сглаживания выполняется адаптивная бинаризация, которая преобразует полутоновое изображение в чёрно-белое. В отличие от глобального порога, адаптивный метод учитывает локальные особенности яркости. Для каждого пикселя (i, j) порог $T(i, j)$ вычисляется как средняя интенсивность в окне размером $(2k + 1) \times (2k + 1)$ вокруг него. Пиксель считается принадлежащим объекту, если его интенсивность ниже порога на величину C :

$$\text{если } I_{\text{blur}}(i, j) < T(i, j) - C, \text{ то } I_{\text{bin}}(i, j) = 255, \text{ иначе } I_{\text{bin}}(i, j) = 0. \quad (1.4)$$

Параметр C позволяет регулировать чувствительность: увеличение C приводит к выделению только самых тёмных областей.

В результате применения описанного математического аппарата исходное изображение проходит последовательные этапы преобразований, начиная с перехода в градации серого, сглаживания шумов, бинаризации и морфологической обработки, заканчивая выделением связных компонент и финальным сглаживанием контуров. Эти операции позволяют выделить ключевые объекты на изображении, минимизировать влияние шумов и подготовить данные для дальнейшего анализа.

Для реализации процесса распознавания изображения и формирования заключения о наличии или отсутствия дефекта применена свёрточная нейронная сеть (CNN), использующая описанный выше математический аппарат. Архитектура сети представлена на рис. 3.

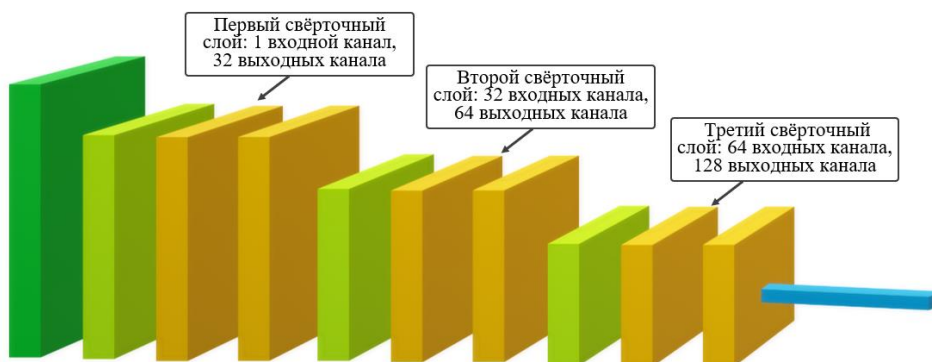


Рис. 3. Архитектура свёрточной нейронной сети (CNN)

Архитектура сети, включает в себя три последовательных сверточных слоя, каждый из которых сопровождается операцией батч-нормализации и нелинейной активацией ReLU. Первый слой принимает на вход одноканальные изображения в градациях серого, преобразуя их в 32 карты признаков с использованием ядер размером 3×3 . Последующие слои увеличивают глубину представления данных до 64 и 128 карт признаков, что позволяет модели выявлять как локальные, так и глобальные особенности изображений. После каждого сверточного слоя применяется операция макс-пулинга с ядром 2×2 , которая уменьшает пространственную размерность данных в два раза, сохраняя при этом наиболее значимые признаки.

Результаты обработки визуализируются в бот-интерфейсе, реализованном с помощью telebot (рис. 4). В случае, если плита содержит дефект, система автоматически формирует PDF-отчёт и одновременно архивирует данные в облачном хранилище для последующего дообучения модели.

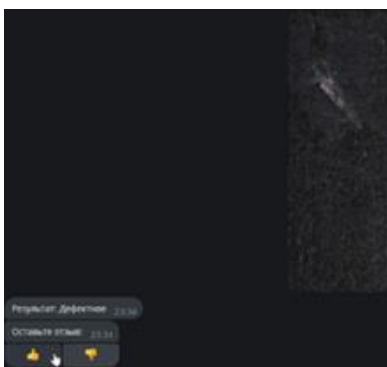


Рис. 4. Интерфейс для работы с обученной моделью нейронной сети, реализованный с помощью telebot

Библиографический список:

1. Бурков, А. Машинное обучение без лишних слов. – СПб.: Питер, 2020. (Серия «Библиотека программиста»). ISBN 978-5-4461-1560-0.
2. ГОСТ 21014-2022. Межгосударственный стандарт. Металлопродукция из стали и сплавов. Дефекты поверхности. Термины и определения. – 2022.
3. Гласснер Э. Глубокое обучение без математики. Т. 2: Практика / пер. с англ. В.А. Яроцкого. – М.: ДМК Пресс, 2020.

**СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ
НА ОСНОВЕ ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ**

Денисов А.Н.

Научный руководитель: Гузенко Д.С. – ст. преподаватель

Кафедра инженерной экологии и безопасности МГТУ «СТАНКИН»

Качество воздуха – критически важный аспект экологии и здоровья людей. На сегодняшний день существует разнообразие доступных сервисов с представлением информации качества воздушной среды. Как пример я рассматриваю IQAir, AIRCMS и WAQI [1–3].

Информация на этих сервисах обычно обновляется ежедневно. Однако каждый из подобных сервисов имеет свои недостатки. На примере уже перечисленных мною сервисов:

IQAir – имеет прогноз на семь дней вперёд и в величинах PM2.5 и в AQI, однако в этом сервисе очень мало ретроспективного контроля информации. Данные, относящаяся к периодам более чем за 24 часа до текущего момента, недоступны.

AIRCMS имеет самую подробную ретроспективную информацию вплоть до 5-и лет в прошлое. В дополнение к этому, AIRCMS предоставляет информацию о PM2.5, PM10, а также информацию о температуре, влажности и радиации. Основным недостатком является сравнительно малое количество точек информации.

WAQI имеет самое большое количество точек, а также ретроспективную информацию за прошедший год. Однако это достигается благодаря тому, что хорошая часть этой информации взята у любителей. Точность информации колеблется.

Каждый из этих сервисов может предоставить подробные сведения, при чём сведения одного сервиса способны покрыть информационные пробелы у других. Поставленная мной проблема – неполнота сведений и отсутствие возможности прогнозирования показателей качества воздушной среды.

Основываясь на имеющихся открытых данных по чистоте воздуха, а также сведениях о погодных условиях возможно создание прогнозных моделей посредством применения машинного обучения. Данные для обучения моделей предполагается собирать из открытых источников используя их API, сохранять в единую базу данных, и после чего использовать для обучения прогнозных моделей. Упрощённая схема подобного комплекса представлен на рис. 1.

Таким образом мы сможем минимизировать недостатки каждого сервиса-источника для этой базы данных. Имеющаяся информация будет надёжная, объёмная и релевантная. Пользователи базы данных могут использовать её для ретроспективного контроля величин, обнаружения аномальных значений или статистических выбросов, а модель или модели будут способны осуществлять прогноз этих величин.

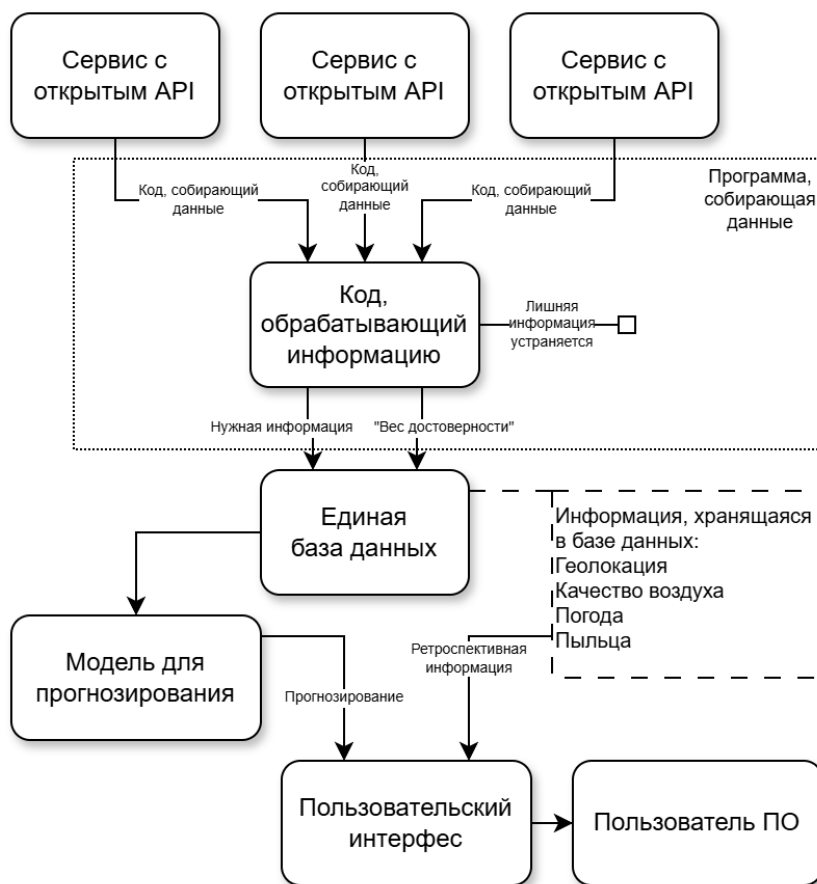


Рис. 1. Упрощённая схема предлагаемого комплекса программ

Для реализации предлагаемого решения необходимо:

- 1) Определить сервисы, предоставляющие данные о качестве воздушной среды, имеющие открытый доступ к API.

Статусы API перечисленных выше сервисов:

- IQAir использует AirVisual API, который является доступным при создании аккаунта [4].
- AIRCMS собирает информацию с breathe.moscow, который утверждает что данные с ресурса свободно доступны по API [5].
- WAQI имеет ряд API для разных целей. Для выполнения поставленной цели будет применён конкретно JSON API, который содержит самую полную информацию [6].

- 2) Организовать базу данных, структура которой будет включать в себя сведения о качестве воздушной среды, погодных условиях и геолокации.

Эта база данных может включать в себя и другие величины, однако для каждой желательно иметь хотя бы один надёжный источник. База данных должна иметь свой UI для взаимодействия с пользователями, желающими получить хранящуюся информацию. Для написания этой базы данных я предлагаю использование языка SQL, язык программирования C или Python.

- 3) Реализовать программу, осуществляющую автоматический сбор данных посредством подключения к API различных сервисов и передачи их в базу данных.

Важно определить разумную скорость получения информации. Отправка большого количества запросов API за короткий срок могут быть схожи на DoS атаку. Эта программа может использовать JavaScript или Python для осуществления поставленной задачи.

- 4) Обучить модель для прогнозирования качества воздушной среды на собранных данных и оценить точность её прогнозов.

Возможно создание как одной универсальной модели, так и множества локальных моделей для предсказания в конкретных местоположениях. При создании и универсальной и локальных моделей возможна сверка их точности для определения какая модель будет точнее. Оценка точности прогнозов является обязательным элементом этого шага. Для написания модели я также предлагаю использование языка Python. Использование одного языка программирования для каждого из блоков этой программы позволит им с большей лёгкостью передавать информацию между собой.

Реализованная программа позволит эффективнее собирать информацию по качеству воздушной среды, и находить аномальные значения или статистические выбросы благодаря использованию нескольких источников. Разработанная система может находиться в открытом доступе для использования исследователями и экологами.

Разработка подобных моделей должна оказать положительное влияние на понимание взаимосвязи различных параметров, влияющих на качество воздушной среды, в том числе с учётом локальных ландшафтных, климатических и антропогенных факторов [7].

Предполагаемые результаты:

1. Базы Данных:

- Способна эффективнее собирать информацию по качеству воздушной среды
- Облегчит нахождение аномальных значений.
- Может находиться в открытом доступе.

2. Модель для прогнозирования:

- Окажет положительное влияние на понимание взаимосвязи различных параметров.
- В том числе локальных ландшафтных, климатических и антропогенных факторов.

Библиографический список:

1. IQAir Качество воздуха. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iqair.com/> (дата обращения 29.03.2025).
2. AIRCMS. AIR Civic Monitoring. [Электронный ресурс]. URL: <https://aircms.online/> (дата обращения 29.03.2025).
3. Загрязнение воздуха в мире: Индекс качества воздуха в режиме реального времени [Электронный ресурс]. URL: <https://waqi.info/ru/> (дата обращения 28.03.2025).
4. AirVisual API. [Электронный ресурс]. URL: <https://api-docs.iqair.com/> (дата обращения 24.04.2025).
5. ДЫШИ.МОСКВА Общественный проект по мониторингу качества воздуха. [Электронный ресурс]. URL: <https://breathe.moscow/> (дата обращения 25.04.2025).
6. API - Air Quality Programmatic APIs [Электронный ресурс]. URL: <https://aqicn.org/api/> (дата обращения 25.04.2025).
7. Дель И.В. Использование методов нейросетевого моделирования для прогнозирования качества атмосферного воздуха / И.В. Дель, А.В. Старченко // Вестник Томского Государственного Университета. – 2023. – № 65. – С. 16–23.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОБИЛЬНОГО СКЛАДСКОГО РОБОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГОЛОСОВЫХ КОМАНД ПО BLUETOOTH В УСЛОВИЯХ ЗАШУМЛЁННОГО ПОМЕЩЕНИЯ

Ермолаев А.С.

*Научный руководитель: Воронников А.А. – ст. преподаватель
Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»*

В настоящее время на фоне бурного развития сфер роботизации и онлайн-торговли актуальным становится вопрос увеличения производительности складов за счет применения там роботов. В данной работе рассмотрен процесс создания системы, состоящей из мобильного складского робота с возможностью захвата объектов, и устройства приема голосовых команд, позволяющего дистанционно управлять роботом.

Целью работы является разработка программного обеспечения для мобильного складского робота, обеспечивающего управление посредством голосовых команд с передачей по беспроводному каналу Bluetooth в условиях повышенного уровня шума.

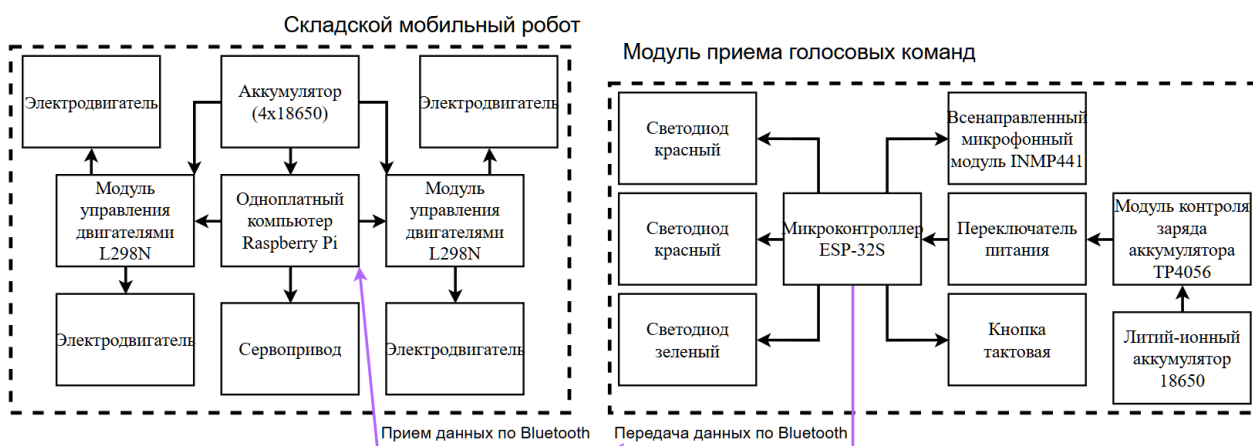


Рис. 1. Структурная схема разрабатываемой системы складского мобильного робота с голосовым управлением: устройство приёма голосовых команд и складская мобильная платформа

Проект включает две основные части: устройство приёма голосовых команд на базе микроконтроллера и мобильную роботизированную платформу на базе Raspberry Pi.

Устройство приема голосовых команд оснащено микрофоном и реализует первичную обработку аудиосигнала с подавлением фоновых шумов посредством использования конструктивных особенностей. В рамках проектирования конструкции был произведен обзор, анализ особенностей и выбор микроконтроллера, на основе которого реализуются все желаемые функции, а также микрофонного модуля, который позволил бы записывать звук в удовлетворительном для дальнейшего распознавания качестве.

Выбранный микрофон INMP441 является всенаправленным, поэтому он при записи команды от оператора неизбежно улавливал бы ненужные шумы с боковых направлений. Эту проблему решает специальное углубление для установки микрофона, которое дополнительно заполняется вставкой из акустического поролона, что позволяет еще и уменьшить шумы от ветровых потоков, которые могли попадать в микрофон.

Так как для проведения экспериментальных исследований кроме устройства приема голосовых команд необходим еще и мобильный робот, который мог бы эти команды выполнять, а реальный складской мобильный робот имеет довольно высокую стоимость, было принято решение изготовить более дешевый прототип мобильного робота, который позволял бы в полной мере провести экспериментальные исследования. Такой робот был изготовлен из готового набора компонентов на основе микрокомпьютера Raspberry Pi, 4 электродвигателей под управлением двух модулей управления L298N и сервопривода для управления захватным устройством.

Само программное обеспечение, разработанное для данного проекта, включает в себя два программных модуля: управляющую программу для устройства приема голосовых команд и управляющую программу мобильного робота. Алгоритм работы всей системы при обработке одной заданной оператором команды показан на рис. 2. Начинается работа программы с нажатия оператором кнопки, после чего микрофон начинает записывать звуковой файл с голосовой командой. Далее на устройстве приема голосовых команд полученный файл делится на пакеты данных и передается посредством Bluetooth на сопряженное устройство. Сопряженным устройством в данном случае является Raspberry Pi на прототипе мобильного робота. Там из принятых пакетов снова собирается аудиофайл, который затем проходит обработку для подавления шума при помощи фильтров. Далее файл поступает в систему распознавания речи Vosk, где происходит интерпретация имеющегося звука как слова.



Рис. 2. Алгоритм работы системы

Если распознанное слово-команда имеется в списке возможных команд для робота, то она реализуется. Если же распознать слово не получилось или распознанное слово не относится к командам, то на устройство приема голосовых команд подается сигнал, уведомляющий оператора о неудачном задании команды.

По результатам сравнительного математического моделирования применения к зашумленному сигналу различных комбинаций фильтров для использования в работе была выбрана комбинация мягкого полосового фильтра и медианного фильтра. Мягкий полосовой фильтр пропускает сигналы с частотами из среднестатистического диапазона человеческой речи [300, 3400] Гц и ослабляет сигналы всех прочих частот. После него к сигналу применяется медианный фильтр, который на основе сравнения соседних показаний интенсивности звука исключает резкие скачки, что позволяет исключить импульсные шумы.

Для проведения оценки полученного решения в реальных условиях, то есть на системе из созданных прототипов, была разработана методика проведения экспериментальных исследований. Данная методика заключается в оценке успешности распознавания задаваемых оператором команд при помощи следующей серии экспериментов, делящихся на 3 группы:

- первая группа включает распознавание команд, записанных в помещении с минимальными шумами;
- вторая группа включает распознавание команд, записанных в складском помещении с типичным для него уровнем шума, без использования алгоритмов фильтрации шума;
- третья группа включает распознавание команд, записанных в складском помещении с типичным для него уровнем шума, с использованием алгоритмов фильтрации шума.

Результаты эксперимента представлены на рис. 3. Как можно видеть, при записи в тихом помещении удастся достичь полного распознавания всех заданных слов. Если же запись идет в помещении с шумами, то успешность распознавания уже около 82%. Добавление подобранного фильтра позволило улучшить результаты до порядка 95%, что лучше результатов серии без использования фильтрации, однако все же не обеспечивает полную компенсацию шума.

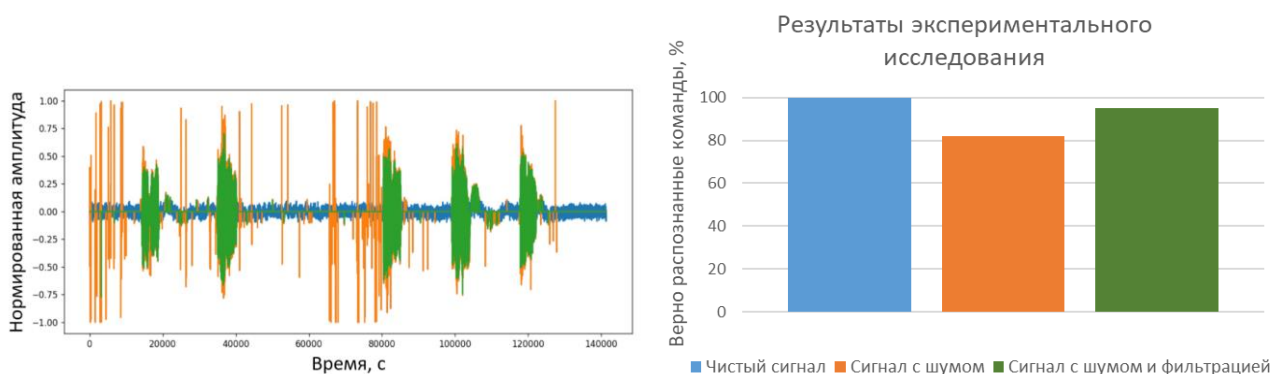


Рис. 3. Вид изначального и отфильтрованного звукового сигналов (слева) и результаты экспериментов в виде диаграммы (справа)

Представленная система демонстрирует потенциал использования голосового управления в промышленной автоматизации и логистике. Также по результатам экспериментов можно сделать вывод, что имеет смысл дальнейшее исследование различных фильтров и их комбинаций для достижения большей эффективности фильтрации.

Библиографический список:

1. Подураев Ю.В. Мехатроника: основы, методы, применение: учеб пособие для студентов вузов. – 2-е изд. стер. – М.: Машиностроение, 2007. – 256 с.: ил. ISBN: 978-5-217-03388-1.

2. Holada M., Pelc M. The Robot Voice-control System with Interactive Learning, New Developments in Robotics Automation and Control / Miroslav Holada, Martin Pelc // InTech – 2008. ISBN: 978-953-7619-20-6.

3. Разработка системы голосового управления роботами на базе CMU SPHINX Toolkit / Р. Ю. Юлдашев, С. Д. Шелудько, В. Ю. Радыгин, А. М. Науменко // Аллея науки. – 2017. – Т. 3, № 10. – С. 827–835.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ И ЧИСЛА ПРОХОДОВ ПРИ МНОГОПРОХОДНОЙ ОБРАБОТКЕ СТУПЕНЧАТЫХ ВАЛОВ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Залипаева Е.Ю., Кушнир А.А.

Научный руководитель: Вороненко В.П. – д.т.н., профессор

Кафедра технологии машиностроения МГТУ «СТАНКИН»

Введение

Актуальность вопроса повышения эффективности изготовления ступенчатых валов. При изготовлении их в основном используют в качестве заготовок горячекатаные прутки, в связи с этим возникают большие припуски на обработку, что вынуждает вводить дополнительные проходы.

Методика определения оптимальных режимов резания

Определения оптимальных режимов для многопроходной обработки, обеспечивающих минимальное оперативное время $t_{оп}$.

$$t_{оп} = (t_o + t_b) * G, \text{ мин;} \quad (1)$$

где t_o – основное время, мин [1]; t_b – вспомогательное время, затрачиваемое на холостые перемещения инструмента, мин.; G – число проходов, шт.

Определим оптимальную подачу, через V , обеспечивающую требуемую стойкость режущего инструмента (РИ) [2].

$$V = \frac{C_V * K_V}{T^m * t^x * S^y}; \quad (2)$$

где C_V – коэффициент, учитывающий условия обработки (например – черновая, чистовая и т.д.); K_V – обобщенный поправочный коэффициент; m ; x ; y – показатели степени (справочные); T – стойкость РИ, мин; S – подача, мм/об; t – глубина резания, мм.

Глубина резания имеет вид:

$$t = \left(\frac{D_i - d_i}{2} \right); \quad (3)$$

где D_i – диаметр заготовки до обработки, мм; d_i – диаметр заготовки после первого прохода, мм.

Преобразуем скорость резания (1) через подачу (2):

$$V = \frac{C_V * K_V}{T^m * \left(\frac{D_i - d_i}{2} \right)^x * S^y}; \quad (4)$$

Преобразуем частоту вращения через скорость резания (3) в виде:

$$n = \frac{C_V * K_V * 1000}{\pi * D * T^m * \left(\frac{D_i - d_i}{2}\right)^x * S^y}; \quad (5)$$

Тангенциальное усилие P_z , возникающее при обработке [4]:

$$P_z = C_p * t^{Xp} * S^{Yp} * V^{Zp}; \quad (6)$$

где P_z – составляющая силы резания по оси Z, Н.

Выражение P_z с учётом износа режущего инструмента и преобразованной формулой глубины резания t :

$$P_z = C_p * \left(\frac{D_i - d_i}{2}\right)^{Xp} * S^{Yp} * V^{Zp} * h_3^{Wp}; \quad (7)$$

где C_p – коэффициент, учитывающий материал заготовки и условия обработки; h_3 – текущий износ режущего инструмента по задней грани, мм.

Выразим износ по задней грани h_3 через сумму основных времен на i -х проходах, допустимого износа по задней поверхности $h_{3Д}$, мм и стойкости РИ [3]:

$$h_3 = \left(\frac{\sum_{i=0}^i t_{oi} * h_{3Д}}{T}\right); \quad (8)$$

Мощность, возникающая при резании $N_{рез}$, кВт:

$$N_{рез} = \frac{P_z * V}{60 * 1020 * \eta}; \quad (9)$$

где η – КПД станка.

После соответствующих преобразований получим:

$$N_{рез} = \frac{C_p * \left(\frac{D_i - d_i}{2}\right)^{Xp - X * (Zp + 1)} * S^{Yp - Y * (Zp + 1)} * \left(\frac{C_V * K_V}{T^m}\right)^{Zp + 1} * \left(\frac{\sum_{i=0}^i t_{oi} * h_{3Д}}{T}\right)^{Wp}}{60 * 1020 * \eta}; \quad (10)$$

При сравнении $N_{рез}$ по мощности станка $N_{ст}$ должно выполняться условие:

$$N_{рез} \leq N_{ст} * \eta; \quad (11)$$

Выразим подачу S_N по мощности резания $N_{рез}$ привода главного движения станка:

$$S_N = \left(\frac{N_{ст} * 60 * 1020 * \eta}{C_p * \left(\frac{D_i - d_i}{2}\right)^{Xp - X * (Zp + 1)} * \left(\frac{C_V * K_V}{T^m}\right)^{Zp + 1} * \left(\frac{\sum_{i=0}^i t_{oi} * h_{3Д}}{T}\right)^{Wp}} \right)^{\left(\frac{1}{Yp - Y * (Zp + 1)}\right)}; \quad (12)$$

Определим число проходов:

$$G = \frac{(D_i - d_i)}{2 * \left(\frac{N_{ст} * 60 * 102 * \eta}{S_N^{Yp - Y * (Zp + 1)} * C_p * \left(\frac{C_V * K_V}{T^m}\right)^{Zp + 1} * \left(\frac{\sum_{i=0}^i t_{oi} * h_{3Д}}{T}\right)^{Wp}} \right)^{\left(\frac{1}{Xp - X * (Zp + 1)}\right)}}; \quad (13)$$

Таким образом, после соответствующих преобразований, формула основного времени с учётом числа проходов. Оперативное время многопроходной обработки будет:

$$t_{оп} = \frac{L_i}{n * \left(\frac{N_{ст} * 60 * 102 * \eta}{C_p * \left(\frac{D_i - d_i}{2 * G} \right)^{Xp-X*(Zp+1)} * \left(\frac{C_V * K_V}{T_m} \right)^{Zp+1} * \left(\frac{\sum_{i=0}^i t_{oi} * h_{3Д}}{T} \right)^{Wp}} \right)^{\left(\frac{1}{Yp-Y*(Zp+1)} \right)} * \frac{2 * \left(\frac{N_{ст} * 60 * 102 * \eta}{S_N^{Yp-Y*(Zp+1)} * C_p * \left(\frac{C_V * K_V}{T_m} \right)^{Zp+1} * \left(\frac{\sum_{i=0}^i t_{oi} * h_{3Д}}{T} \right)^{Wp}} \right)^{\left(\frac{1}{Xp-X*(Zp+1)} \right)} + \frac{l_{Bj}}{v_{Bj}} * (D_i - d_i)}{(D_i - d_i)^{\left(\frac{1}{Xp-X*(Zp+1)} \right)}}; \quad (15)$$

где l_{Bj} – длина траектории вспомогательного движения, мм; v_{Bj} – скорость перемещения РИ при вспомогательном движении, м/мин.

По формуле (15) построены графики (рис. 1) влияния подачи и износа режущего инструмента на оперативное время обработки ступени вала с исходными данными в табл. 1.

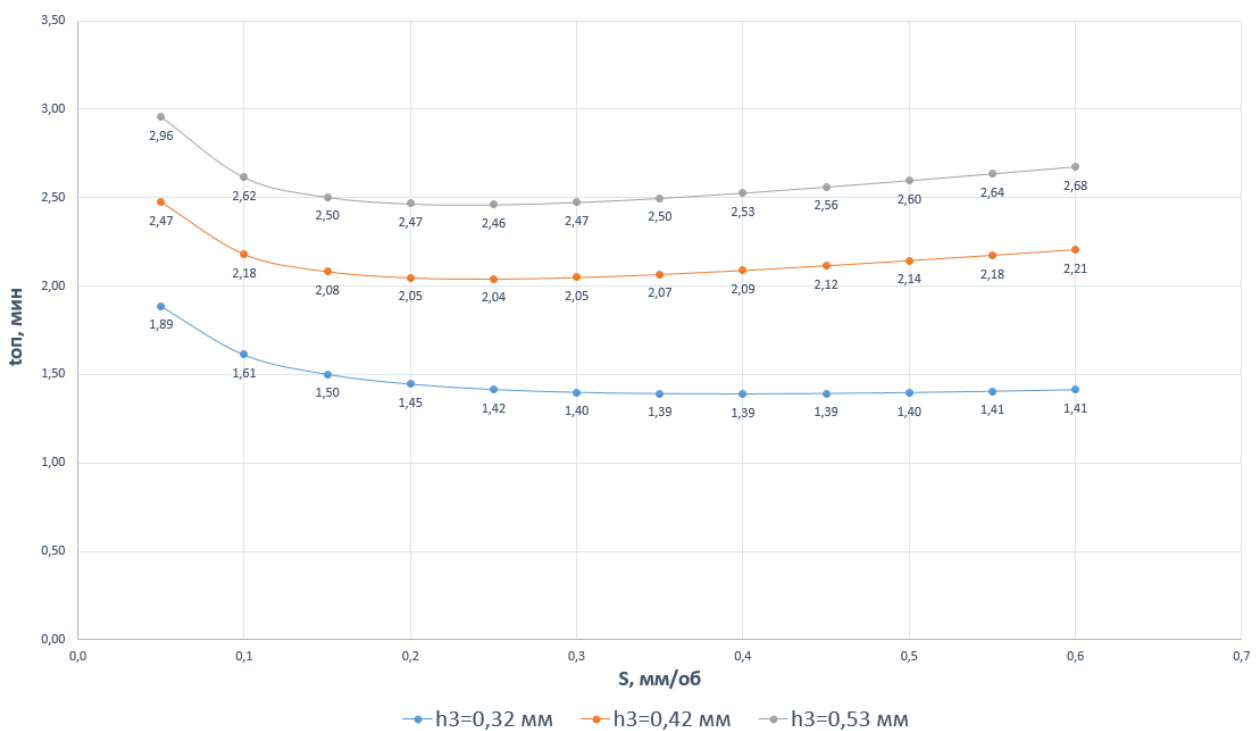


Рис. 1. Графики изменения оперативного времени $t_{оп}$, мин в зависимости от подачи и износа РИ при одинаковых исходных данных

Из графиков на рис. 1 видно, что имеются экстремальные подачи для разных величин износа режущего инструмента, которые обеспечивают минимальное оперативное время обработки. По оптимальным значениям подачи можно определить оптимальную глубину резания по формуле:

$$t = \left(\frac{N_{ст} * 60 * 1020 * \eta}{S_N^{Y_p - Y * (Zp+1)} * C_p * \left(\frac{C_V * K_V}{T_m}\right)^{Zp+1} * \left(\frac{\sum_{i=0}^i t_{oi} * h_{3Д}}{T}\right)^{Wp}} \right)^{\left(\frac{1}{Xp - X * (Zp+1)}\right)} ; \quad (16)$$

Зная оптимальную глубину резания, можно определить скорость резания по формуле (4) и оптимальное число проходов.

$$G = \frac{(D_i - d_i)}{2 * \left(\frac{N_{ст} * 60 * 1020 * \eta}{S_N^{Y_p - Y * (Zp+1)} * C_p * \left(\frac{C_V * K_V}{T_m}\right)^{Zp+1} * \left(\frac{\sum_{i=0}^i t_{oi} * h_{3Д}}{T}\right)^{Wp}} \right)^{\left(\frac{1}{Xp - X * (Zp+1)}\right)}} ; \quad (17)$$

Выводы

Предложенная методика оптимизации режимов обработки валов позволяет в процессе обработки партии валов в течении рабочей смены корректировать режимы резания на станках с ЧПУ в зависимости от износа режущего инструмента, обеспечивая требуемую стойкость инструмента за счет коррекции скорости резания и минимальное оперативное время.

Библиографический список:

1. Вороненко, В.П. Проектирование машиностроительного производства: учебник / В.П. Вороненко, М.С. Чепчуров, М.И. Седых; под редакцией В.П. Вороненко. – Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. – 444 с.
2. Справочник по обработке металлов резанием / Абрамов Ф.Н. – Киев: Техніка – 236 с.

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ И ВИРТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ РАБОТНИКОВ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Зыонг М.Х.

Научный руководитель: Дроздова Н.В. – к.т.н., доцент

Кафедра инженерной экологии и безопасности жизнедеятельности МГТУ «СТАНКИН»

Одной из основных причин производственных аварий являются человеческие ошибки, включая неверные действия и нарушения. Нередко сами пострадавшие становятся инициаторами этих нарушений [1]. Следовательно, только технические или организационные меры не способны полностью устранить проблему травматизма. В связи с этим требуется целенаправленное воздействие на работников, причем, не только с целью повышения их уровня знаний по охране труда, но для того, чтобы изменить их поведение и отношение к вопросам безопасности.

Традиционные методы обучения охране труда, такие как лекции, инструктажи и печатные материалы, имеют ряд недостатков. Они часто вызывают у работников скуку,

снижают мотивацию и не способствуют глубокому усвоению знаний. Однообразие и отсутствие интерактивности приводят к формальному отношению к обучению, а перегрузка информацией затрудняет запоминание. Кроме того, традиционные методы не способны закрыть разрыв между требуемыми и реальными компетенциями сотрудников, поскольку программы обучения не успевают адаптироваться к стремительному развитию оборудования, технологических процессов, ведь для качественного содержания учебных материалов, требуется время, что влечет за собой изменения [2]. Решение проблемы заключается в качестве обучения за отведенное время, при этом уходит сюда и время на воздействие на эмоциональную сторону работников. Это достигается за счет применения современных компьютерных технологий в обучении.

Последние годы характеризуются стремительным развитием информационных технологий, предоставляющих новые возможности в обучении работников охраны труда и промышленной безопасности. Инструменты, такие как искусственный интеллект и виртуальная реальность и дополненная реальность, могут изменить информационный ландшафт в обучении. В табл. 1 приведены основные компьютерные и виртуальные технологии, их применение в обучении охране труда.

Таблица 1.

Применение компьютерные и виртуальных технологий в обучении работников

Компьютерные и виртуальные технологии	Основное применение в обучении
ИИ (Чат-боты, платформы)	Персонализация курсов, анализ знаний
VR-очки	Симуляция аварий, тренировка навыков
AR	Интерактивные инструкции на рабочем месте
Компьютерные программы	Персонализированные программы
Интернет вещей (IoT)	Мониторинг поведения в реальном времени
Мобильные приложения	Мобильные учебные курсы

Компьютерные технологии обучения имеют важное достоинство в высокой степени пропускной способности зрительного канала способа восприятия человека цифровых устройств. Инженерно-психологические исследования свидетельствуют, что около 80-90% данных поступает в мозг через зрительный канал. Визуальные образы активизируют правое полушарие мозга, отвечающее за образное мышление и память. В отличие от текста, который читается последовательно отдельными частями, зрительно образы воспринимаются целиком и оказывают более сильное воздействие на мозг.

Второе важное преимущество внедрение в обучение компьютерных программ – это возможность не просто увеличивать кругозор специалиста в интересующем предмете, но и довольно серьезно работать со сферой его эмоций. Использование видеоматериалов – там выступают на экране кадры аварий, эвакуаций при пожарах, интервью с пострадавшими – ошутимо влияют на подсознание человека. Намного лучше усваиваются в память такие эмоциональные образы, чем лекции переговаривающего лектора. Это достаточно важно, потому что причина производственных травм зачастую не в недостаточности знаний работника, а в потере им чувства опасности там, где возможны серьезные травмы

Уже сейчас при использовании компьютера возможна индивидуализация обучения, так как человек работает в тех или иных темпах своего темперамента и способностей. На изучении какого-либо вопроса можно задержаться, а изученное забытое вернуть без труда. На практике человек является основным организатором процесса своего же обучения. Проявляется повышение гражданской ответственности работника-учащегося – нужно постоянно держать диалог с компьютером.

Технология 3D (рис. 1) виртуальной реальности позволяет обучать сотрудников совершенно иным способом. Это новые возможности обучения персонала, снижение рисков

убытков при выходе из строя дорогостоящего оборудования и сбое в его работе. Фактически, обучая сотрудника на виртуальной модели оборудования, а не моделируя его падение в реальном мире, мы даем ему возможность уже взаимодействовать с точной копией оборудования без риска имущества компании, окружающих сред и своего здоровья. Так, виртуальные тренажеры воспроизводят панорамную модель производственной площадки и могут имитировать все режимы работы оборудования, включая редкие и аварийные.



Рис. 1. Система 3D виртуальной реальности для подготовки работников

Анализ ИИ знаний и умений работников и персонализированные обучающиеся программы. ИИ может выявить пробелы в знаниях и предложить персонализированные задания для прохождения. Есть следует дать конкретно направленные и определенные задания улучшает знания обучающихся; если они помогают обучающимся моделировать сложные отраслевые производственные сценарии, включая происшествия и аварии, и развивать способность принимать решения в стрессовой обстановке; автоматизация оценки и обратной связи. ИИ сможет сократить общее время на создание новых материалов, уменьшив воздействие человеческого фактора; чат-боты и виртуальные помощники специалистов при обучении обучающихся ИИ. Системы чат-ботов, виртуальные помощники и использование ИИ обеспечивают доступные инструкции, 24/7 регулярно консультирование пользователей и персонал.

Любая технология, как и любой процесс, имеет свои преимущества и недостатки, и внедрение современных решений в обучение охране труда и промышленной безопасности не является исключением. Высокая стоимость оборудования, такого как VR-тренажеры, ИИ-платформы и AR-системы, ограничивает их доступность для малых предприятий. Виртуальная реальность эффективна для молодых работников, но пожилые сотрудники нередко сталкиваются с трудностями из-за непривычных интерфейсов или дискомфорта при использовании VR-очков. Внедрение технологий требует времени на обучение персонала и модернизацию инфраструктуры. Проблемы совместимости с устаревшими системами и дефицит специалистов для поддержки также усложняют процесс.

Однако при разумном подходе, учитывающем возрастные особенности, финансовые возможности и технические условия, эти технологии способны преобразить обучение. Сбалансированное сочетание ИИ, VR и AR с традиционными методами повышает вовлеченность, ускоряет подготовку и улучшает усвоение знаний. Грамотное использование современных решений минимизирует производственные риски, укрепляет культуру безопасности и открывает новую эру в подготовке работников, делая обучение более эффективным и доступным.

Для эффективного внедрения современных технологий в обучение охране труда и промышленной безопасности предприятиям необходим структурированный алгоритм. На рис. 2 представлен алгоритм внедрения современных технологий, обеспечивающий их успешную интеграцию в обучение охране труда.

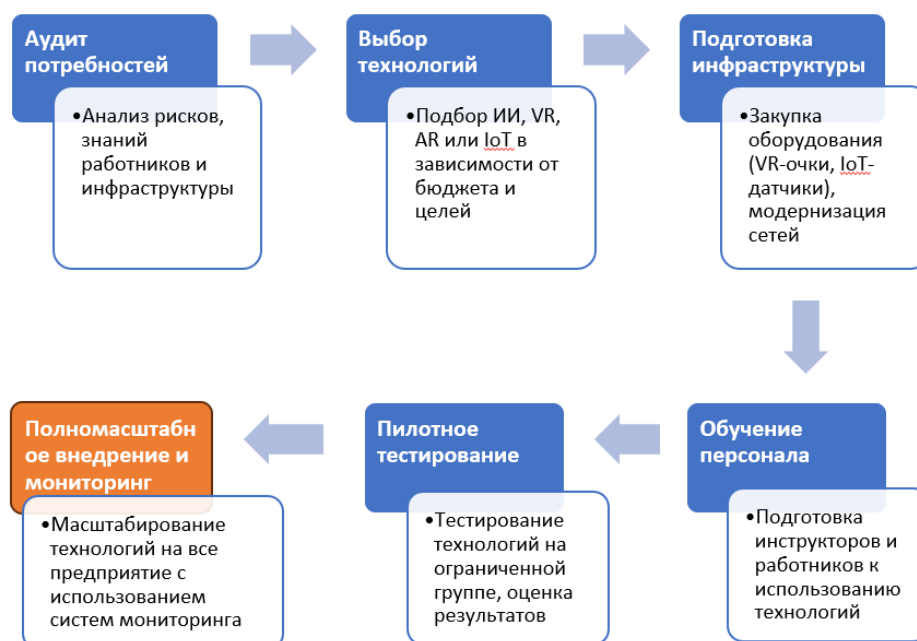


Рис. 2. Алгоритм внедрения современных технологий в обучение охране труда

Библиографический список:

1. Профилактика несчастных случаев на производстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://byvn.net/kHqK>. – Дата обращения: 23.03.2025.
2. Gendler S. G., Grishina A.M., Kochetkova E.A. Optimization of expenditures for labor protection at deep mining// Eurasian Mining. – 2017. – № 2. – P. 35–39.

**БОТ-ПОМОЩНИК ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ ИЛИ
ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ**

Колпакова А.В.

Научный руководитель: Гузенко Д.С. – ст. преподаватель

*Кафедра инженерной экологии и безопасности жизнедеятельности
МГТУ «СТАНКИН»*

Мы живём в мире, где природные катаклизмы, техногенные аварии, к сожалению, становятся все более частым явлением и несут в себе серьезную угрозу для жизни и здоровья людей.

Существует ряд средств для прогнозирования возникновения чрезвычайных ситуаций. Обратимся к сводке МЧС России по чрезвычайным ситуациям за последние несколько лет. Мы видим, что с каждым годом число людей, пострадавших в чрезвычайных ситуациях возрастает. Так в 2024 году в России зафиксирован рекорд по количеству пострадавших в чрезвычайных ситуациях за последние 15 лет. Общее число потерпевших, по данным МЧС России, составило 696,5 тыс. человек (рис. 1) [3]. Одной из основных причин гибели людей при чрезвычайных ситуациях является их малая осведомленность в вопросах обеспечения собственной безопасности.

В современном мире в условиях растущей цифровизации одним из перспективных способов распространения информации являются чат-боты. К их главным плюсам можно отнести мобильность, многозадачность и круглосуточную доступность. В связи с этим было

принято решение создать бот-помощник, имеющий функционал справочника по теме чрезвычайных ситуаций, который, при необходимости, можно расширить, тем самым адаптировав его под конкретные задачи.

Статистика пострадавших в ЧС за последние 5 лет на территории РФ

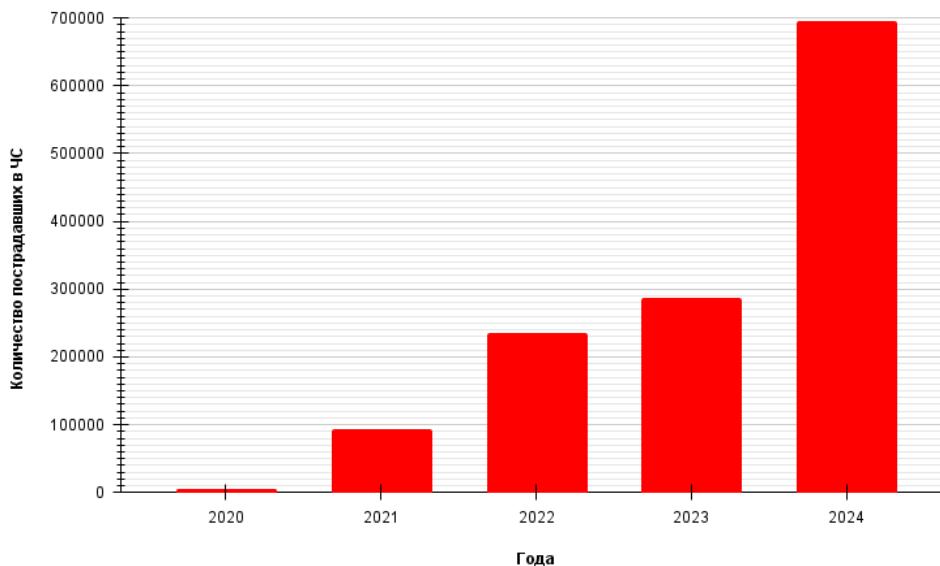


Рис. 1. Статистика пострадавших в чрезвычайных ситуациях за последние 5 лет

Основной задачей данного бота является автоматизация обучения людей, путем предоставления доступа к теоретическим знаниям, персонализированным программам, для повышения готовности людей к различным чрезвычайным ситуациям.

Структура функционирования бота представляет собой древовидную систему перехода от одного раздела к другому, корневой частью которой является раздел с основными темами. Таким образом перед пользователем открывается возможность выбора интересующей его тематики (рис. 2).

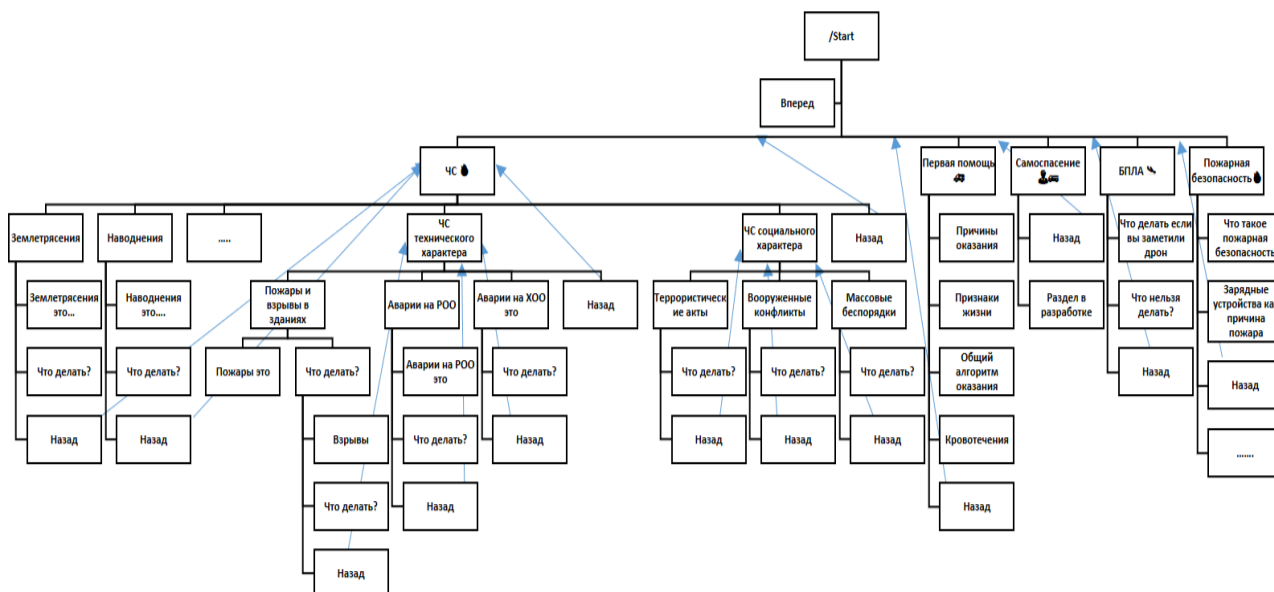


Рис. 2. Структура функционирования бота

Бот-помощник по чрезвычайным ситуациям оснащен ассистентом с искусственным интеллектом, позволяющим персонализировать ответы и рекомендации каждому пользователю. Также ассистент с искусственным интеллектом позволяет проводить обучение пользователей по средствам интерактивной симуляции и адаптивного обучения.

Принцип интерактивной симуляции заключается в том, что ассистент создает сценарии различных чрезвычайных ситуаций, позволяя пользователям тренироваться в принятии решений и приобретать необходимые навыки в безопасной среде.

Адаптивное же обучение позволяет корректировать уровень сложности учебных материалов в зависимости от уровня знаний и прогресса пользователя.

Преимуществом работы бота с ИИ ассистентом является возможность создавать индивидуальные тренировочные программы, учитывающие конкретные риски и потребности пользователя.

Подключение ассистента с искусственным интеллектом к боту-помощнику по чрезвычайным ситуациям позволяет создать более интеллектуальную, персонализированную и эффективную систему. Таким образом бот-помощник становится не просто справочником, а активным помощником, способный понимать, анализировать, адаптироваться и предлагать оптимальные решения поставленных задач, повышая уровень знаний пользователей в сфере обеспечения собственной безопасности.

Предлагаемый бот-помощник будет актуален для использования как в процессе обучения школьников и студентов основам поведения при чрезвычайных ситуациях, так и в работе служб гражданской обороны предприятий, государственных служб, таких как МЧС России, для ознакомления, обучения и оповещения людей по вопросам возникновения чрезвычайных ситуаций и методам обеспечения собственной безопасности.

К преимуществам функционирования бота в данных организациях можно отнести:

- Предоставление достоверной информации из официального источника
- Быстрое оповещение людей
- Улучшение подготовки к чрезвычайным ситуациям, повышение осведомленности и навыков у людей
- Снижение потенциального ущерба для предприятий.

Ключевыми аспектами структуры работы бота-помощника в любой из предлагаемых организаций являются следующие факторы (рис. 3).

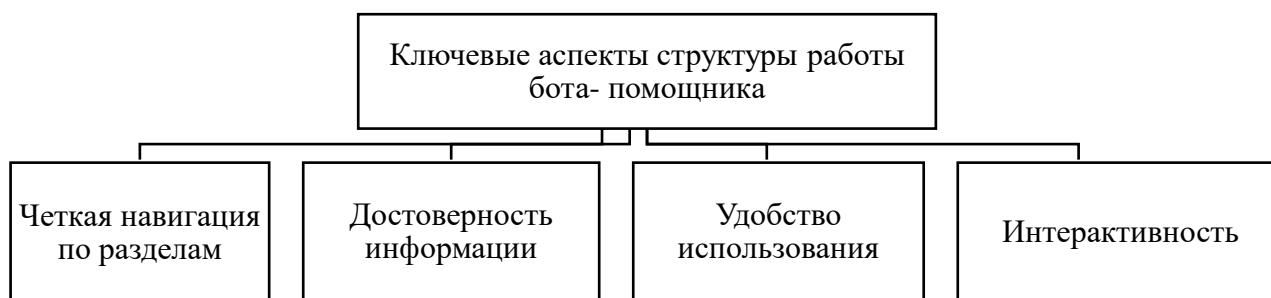


Рис. 3. Ключевые аспекты структуры работы бота-помощника в организации

Таким образом создание и внедрение чат-бота с искусственным интеллектом для информирования и обучения населения по вопросам чрезвычайных ситуаций представляется эффективным решением существующей проблемы низкой осведомленности граждан. Такой инструмент позволит оперативно доводить достоверную информацию, проводить индивидуализированное обучение и повышать готовность людей к опасным ситуациям, снижая тем самым количество жертв и ущерб от возможных бедствий.

Библиографический список:

1. Аналитическая сводка МЧС России за 2023 год. – Текст: электронный//[сайт]. – URL: <https://mchs.gov.ru/uploads/document/2024-04-10/dc46867323bf3868fecf566e1e34e4d5.pdf> (Дата обращения 22.03.2025).
2. Анализ обстановки с пожарами и их последствиями на территории РФ за 12 месяцев 2024 года. – Текст: электронный//[сайт]. – URL: https://87.mchs.gov.ru/uploads/resource/2025-04-25/11-statisticheskie-dannye_1745532917320520496.pdf (Дата обращения 22.03.2025).
3. Опубликованные сведения о количестве пострадавших в ЧС в России. – Текст: электронный//[сайт]. – URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/62575> (Дата обращения 22.03.2025).

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕВЫХ МЕР ДЛИНЫ МЕТОДОМ МАЙКЕЛЬСОНА

Комина Д.В.

Научный руководитель: Забелин А.В. – ст. преподаватель

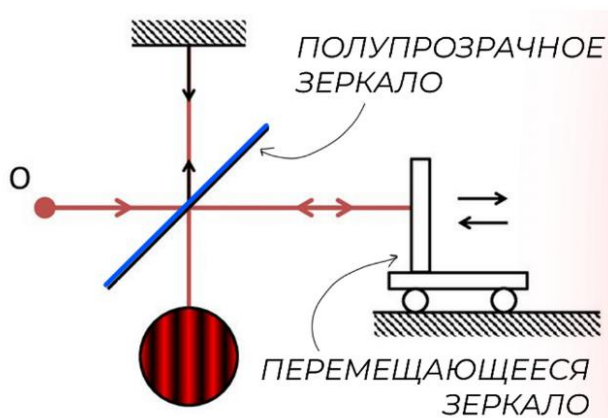
Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ «СТАНКИН»

Концевые меры длины (КМД) представляют собой изделия в форме параллелепипеда с доведенными гранями, изготовленные из высоколегированной стали, керамики или других материалов. Данные средства измерения повсеместно используются в промышленной сфере, на производствах и в метрологических лабораториях. Являются основой линейных измерений, применяются для настройки станков, поверки и обеспечения точности измерительных приборов и систем.

В связи со своим назначением КМД должны изготавливаться и измеряться с высокой точностью, для чего в свою очередь используются интерференционные методы, так как они позволяют проводить измерения с наименьшей погрешностью.

Интерферометр Майкельсона (рис. 1) создаёт интерференционную картину из чередующихся светлых и тёмных полос (колец или линий), которые возникают из-за разности хода двух когерентных световых пучков.

Когда одно из зеркал интерферометра перемещается, разность хода меняется, и интерференционные полосы смещаются. Зная длину волны источника и подсчитывая количество прошедших полос, можно определить перемещение зеркала.



Классическая схема интерферометра Майкельсона

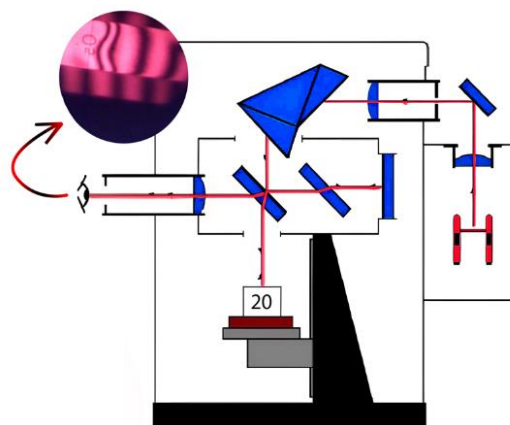


Схема интерферометра Кестерса

Рис. 1. Схемы интерферометров

В данной работе для получения интерференционной картины используется интерферометр Кестера (см. рис. 1), в котором вместо зеркала перемещается стол с мерой, притертой к стеклянной пластине, вызывая смещение полос.

Метод Майкельсона, основанный на счёте полос, является очень трудоёмким процессом, практически невозможным для реализации вручную. В связи с этим актуальной становится задача автоматизации этого процесса.

Для реализации автоматизированного подсчёта полос необходимо разработать следующие подсистемы [1]:

- Систему регистрации и оцифровки интерференционной картины
- Программный модуль, обеспечивающий подсчет полос
- Электромеханическую систему для перемещения стола интерферометра

Для автоматизации перемещения стола интерферометра была разработана электромеханическая система, представленная на рис. 2.



Рис. 2. Электромеханическая система для перемещения стола интерферометра

Для регистрации интерференционной картины используется камера, подключенная к компьютеру с программой, реализующей ее обработку.

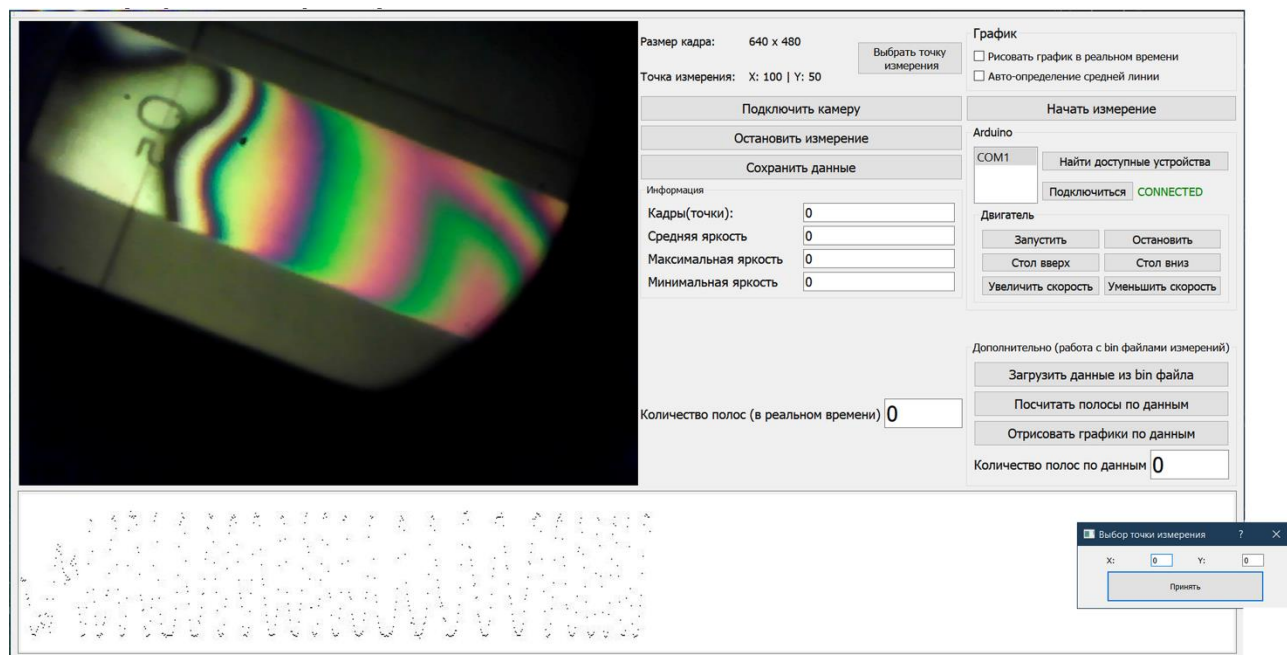


Рис. 3. Интерфейс программы

Программа в реальном времени получает яркость пикселя в точке измерения и отображает количество подсчитанных полос в интерфейсе (рис. 3). Алгоритм счета полос представлен на рис. 4.

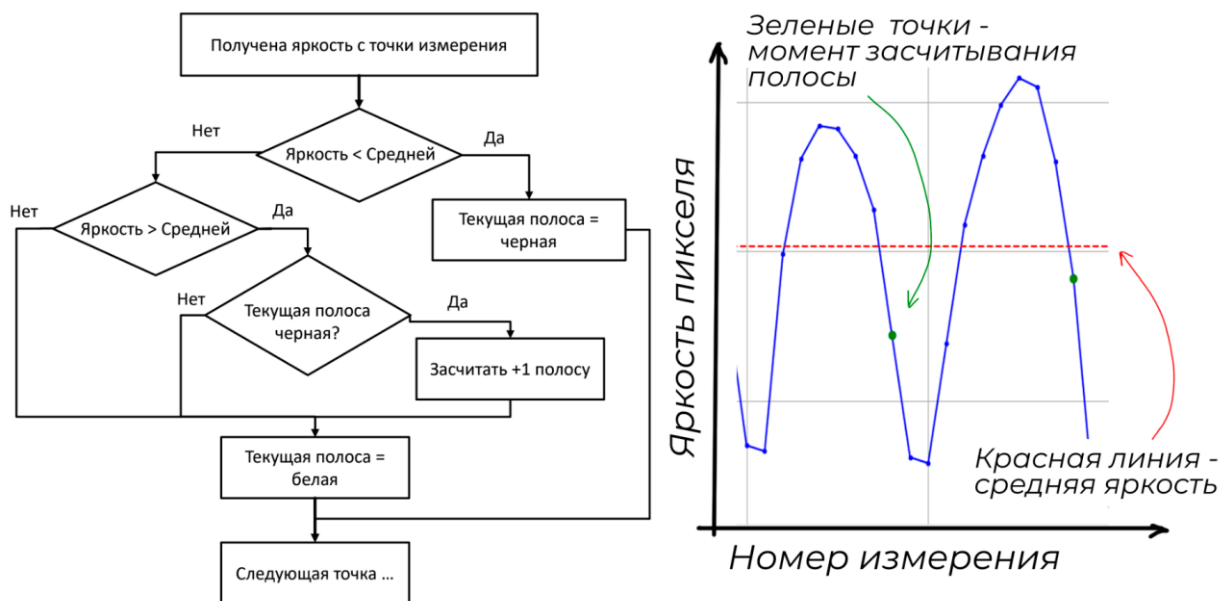


Рис. 4. Блок схема и визуализация работы алгоритма

Также был реализован функционал для управления перемещением стола, посредством управления шаговым двигателем с помощью команд, отправляемых контроллеру Arduino, что позволяет добиться полной автоматизации процесса измерения.

В ходе работы было проведено измерение концевой меры длины 0,5 мм в автоматизированном режиме с использованием разработанного программно-аппаратного комплекса.

Время измерения составило около 20 минут, что в ручном режиме составляло более часа. Соответственно, автоматизация процесса измерения делает возможным измерение концевых мер больших размеров.

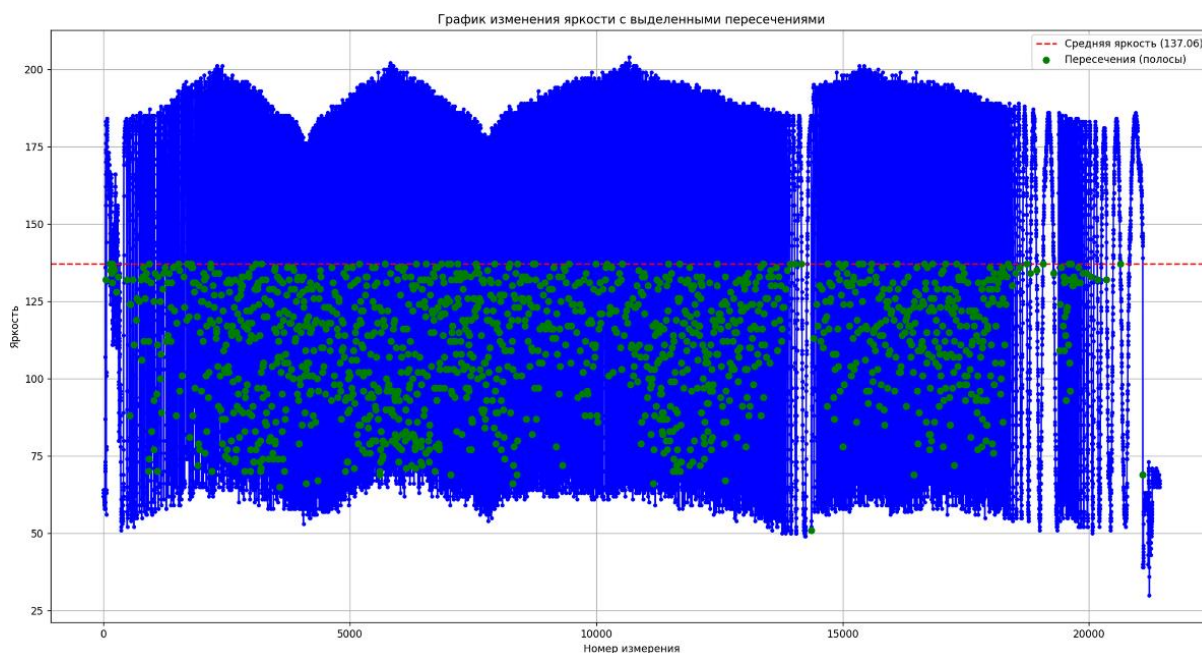


Рис. 5. График экспериментальных данных измерения

Проведенная автоматизация процесса измерения концевых мер длины методом Майкельсона, позволяет провести дальнейшее исследование метода совпадения дробных частей [2], что, в свою очередь открывает возможности для развития технологий интерференционных измерений, в частности, разработки отечественного аналога многоволновых интерференционных датчиков.

Библиографический список:

1. Гужов В.И., Ильиных С.П. Компьютерная интерферометрия. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003.
2. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. – М.: Наука, 1973. – 720 с.

**КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РОБОТА КЛАССА
«МОНОРЕЛЬСОВЫЙ ТРИПТЕРОН»**

Кочин А.Д.

***Научный руководитель: Стебулянин М.М. – д.т.н., профессор
Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»***

Развитие робототехнических систем с параллельной кинематикой открывает новые возможности для автоматизации сложных технологических процессов. Монорельсовый триптерон – перспективный механизм (рис. 1) с высокой жёсткостью, точностью и манёвренностью, который может эффективно применяться в промышленности и образовании. Благодаря своей компактности и модульной конструкции он подходит для работы в ограниченных пространствах, в том числе в вертикальной и наклонной плоскости. Однако успешное внедрение таких устройств требует предварительного теоретического обоснования, включающего в себя детальный кинематический анализ [1].

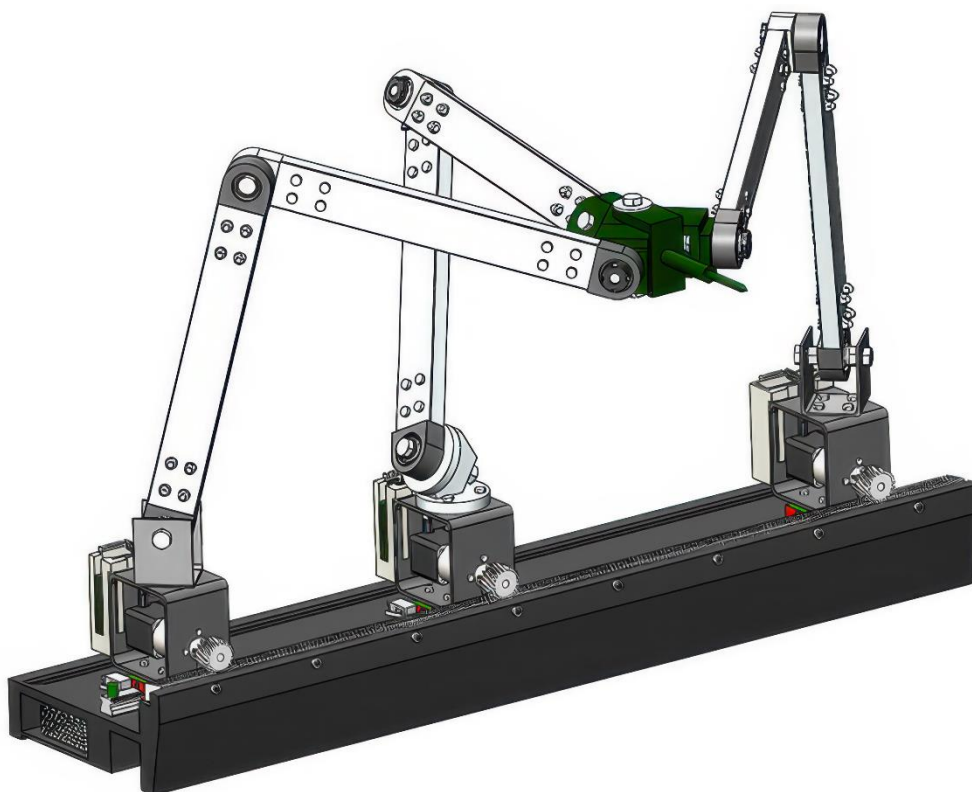


Рис. 1. Робот класса монорельсовый триптерон

Одним из основных направлений анализа является исследование геометрии механизма, решение прямой и обратной задач кинематики, а также оценка погрешностей позиционирования рабочего органа [2–3]. Полученные результаты могут служить основой для дальнейшей оптимизации конструкции и повышения точности управления манипулятором.

Важным этапом разработки стала оптимизация длин звеньев, формирующих кинематические цепи устройства. От этих параметров напрямую зависит форма и размеры рабочего пространства манипулятора, а также точность его позиционирования.

Для построения модели учитывались допустимые размеры конструкции, ограничения по монтажу и условия эксплуатации. Были проанализированы различные комбинации длин звеньев с целью выбора конфигурации, минимизирующей отклонения от идеальной траектории при перемещении рабочего органа.

Следующим этапом стало решение прямой и обратной задач кинематики (ПЗК и ОЗК), необходимых для построения алгоритмов управления манипулятором. В прямой задаче определялись координаты рабочего органа на основе заданных длин звеньев и их углов поворота. Обратная задача, напротив, позволяла определить требуемые перемещения каждого звена для достижения заданной точки в пространстве.

Для этого были введены обобщённые координаты и определены соответствующие зависимости между ними. Особое внимание уделено углам отклонения звеньев (обозначены как α и β), которые играют ключевую роль в определении траектории движения рабочего органа (рис. 2).

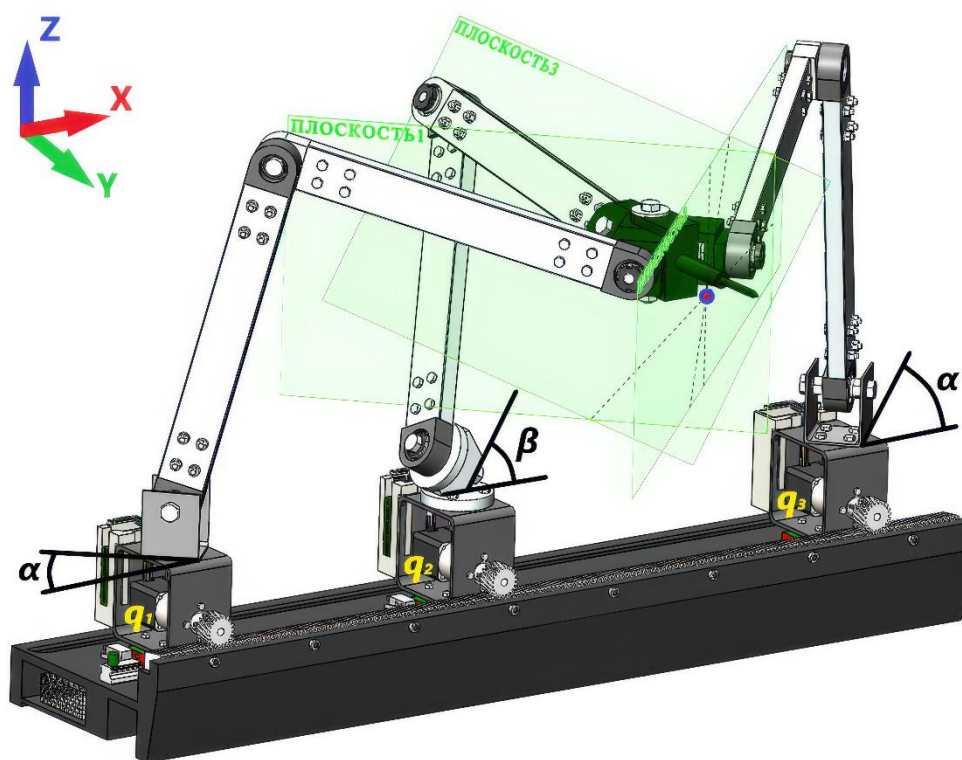


Рис. 2. Введение вспомогательных параметров

После получения аналитических решений задач кинематики была проведена оценка возможных погрешностей в определении положения рабочего органа. Погрешности могли возникать из-за неидеальности геометрических параметров, люфтов в шарнирах, неточностей приводов и погрешностей измерений [4].

Для анализа использовались численные методы оценки погрешностей с варьированием исходных параметров. Результаты, сведённые в табл. 1, показывают зависимость точности позиционирования от конфигурации механизма.

Оценка погрешностей при различных типах отклонений

$\beta_1, ^\circ$	$\gamma, ^\circ$	$\alpha_1, ^\circ$	$\alpha_2, ^\circ$	$\Delta_\alpha, ^\circ$	$x_r, \text{мм}$	$y_r, \text{мм}$	$z_r, \text{мм}$	$\Delta, \text{мм}$
60°	90°	45°	45°	0'	475,000	485,514	578,468	0
60° 1'	90° 1'	45°	45° 1'	-1'	475,086	482,698	579,463	1,016
60° 10'	90° 10'	45°	45° 10'	-10'	475,857	484,351	588,506	10,241
59° 59'	89° 59'	45° 1'	45°	-1'	474,914	482,698	577,475	1,013
59° 50'	89° 50'	45° 10'	45°	-10'	474,143	484,351	568,645	10,029
60° 1'	90° 1'	44° 59'	45° 1'	-2'	475,171	482,514	579,783	1,326
60° 10'	90° 10'	44° 50'	45° 10'	-20'	476,709	482,509	591,725	13,367
59° 59'	89° 59'	45° 1'	44° 59'	2'	474,829	482,514	577,156	1,323
59° 50'	89° 50'	45° 10'	44° 50'	20'	473,291	482,509	565,501	13,079

Для верификации теоретических результатов была собрана физическая модель манипулятора и проведён натурный эксперимент. Управление осуществлялось с использованием микроконтроллера ESP32 и беспроводного джойстика. Были выполнены тестовые перемещения в различных направлениях, во время которых отслеживалась точность позиционирования (рис. 3).



Рис. 3. Проведение натурного эксперимента

Проведённое исследование показало, что предложенная конструкция монорельсового триптерона обладает высоким потенциалом для применения в различных областях – от промышленных задач до образовательных платформ. Теоретический анализ и экспериментальное подтверждение позволяют говорить о высокой точности и надёжности конструкции. В дальнейшем планируется дополнение системы обратной связью и переход к автоматизации управления с использованием алгоритмов планирования движения и компенсации ошибок.

Библиографический список:

1. Глазунов В.А., Чунихин А.Ю. Развитие механизмов параллельной структуры // Проблемы машиностроения и надёжности машин. – 2014. – № 3. – С. 37–43.
2. Хейло С.В., Глазунов В.А. Решение задачи об управлении манипуляторами параллельной структуры // Машиностроение и инженерное образование. – 2016. – № 2(47). – С. 40–46.
3. Zhang D., Gao Z. Performance Analysis of Parallel Manipulators // Mechanism and Machine Theory. – 2006. – Vol. 41, Is. 1. – P. 1–16.
4. Zlatanov D., Bonev I.A., Gosselin C.M. Constraint Singularities as Configuration Space Singularities // Advances in Robot Kinematics. – 2002. – P. 183–192.

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВА ПОВЕРКИ ВЕЛОЭРГОМЕТРОВ

Логинов Р.Н.

Научный руководитель: Меликова О.Н. – к.т.н., доцент

**Кафедра измерительных информационных систем и технологий
МГТУ «СТАНКИН»**

В работе рассматривается разработка средства поверки велоэргометров в соответствии с требованиями Постановления Правительства Российской Федерации № 1847 от 16.11.2020 г. (рис. 1).

Наименование вида измерения	Обязательные метрологические требования к измерениям	
	диапазон измерений	погрешность
1. Измерения при осуществлении деятельности в области здравоохранения		
1.5. Измерение дозированной по мощности физической нагрузки	от 7 до 100 Вт вкл.	2%
	свыше 100 до 500 Вт вкл.	3%
	свыше 500 до 1000 Вт	5%

Рис. 1. Постановления Правительства Российской Федерации № 1847 от 16 ноября 2020 года

Основные этапы работ:

- Обзор протоколов нагрузки и формулировка требований к средству поверки;
- Разработка кинематической схемы и подбор компонентов;
- Разработка руководства по эксплуатации.

Под «протоколом» нагрузочного теста понимается алгоритм его проведения: выбор начальной нагрузки, схема её последовательного увеличения и определение временных интервалов между этапами. Различают четыре основных типа протоколов (рис. 2).

На практике нагрузку часто начинают с 25 Вт для пациентов с ишемической болезнью сердца и женщин, с 50 Вт – для большинства обследуемых, и с 75 Вт – для тренированных лиц. В последнее время всё большую популярность получают «рэмп»-протоколы, при которых мощность растёт равномерно каждые 20, 15 или 12 секунд (на 5 Вт), т. е. 15–25 Вт/мин. Так же применяются ступенчатые непрерывно возрастающие протоколы, при которых каждая ступень длится от 2 до 5 минут (время, необходимое для стабилизации гемодинамических показателей). Для ножного велоэргометра обычно рекомендуют начинать нагрузку с 10–25 Вт, повышая её каждые 2–3 минуты на 25 Вт до достижения критериев прекращения теста. Общая цель – уложиться в диапазон 6–12 минут, создавая преимущественно аэробные условия и позволяя получить достоверную оценку максимального потребления кислорода, а также адекватные показатели реакции.

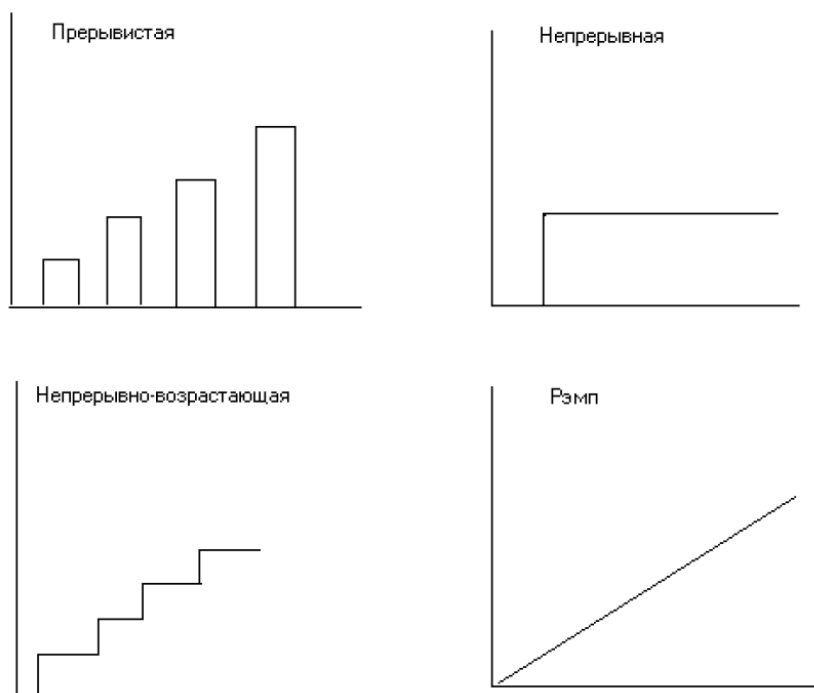


Рис. 2. Типы используемых протоколов нагрузки

Существует основная формула, которая связывает мощность на валу велоэргометра (P) с крутящим моментом (T) и скоростью вращения (n) $P = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60}$, где P – мощность на валу (Вт), T – крутящий момент (Н·м), n – скорость вращения вала (об/мин). Данная формула позволяет точно рассчитывать воспроизводимую нагрузку на велоэргометре, исходя из измерений крутящего момента и скорости вращения. Основные технические требования к средству поверки велоэргометров: Крутящий момент: до 100 Н·м, скорость вращения: до 150 об/мин, мощность: до 1000 Вт, точность измерений 0,4 %. Документационное обеспечение в виде разработанного руководства по эксплуатации. В представленную (рис. 3) кинематическую схему входят компоненты Российского, Белорусского, Китайского производств.

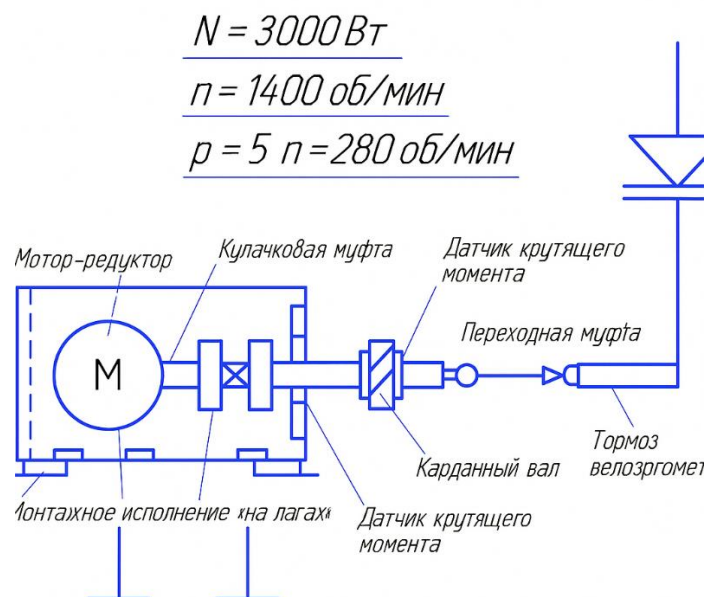


Рис. 3. Кинематическая схема на средство поверки велоэргометров

Передаточное число редуктора определяет соотношение между скоростями вращения на входе и выходе: $r = \frac{n_1}{n_2}$. При $r=5$ и $n_1 = 1400$ об/мин. $n_2 = \frac{n_1}{r} = \frac{1400}{5} = 280$ об/мин. Угловая скорость выходного вала $\omega = \frac{2\pi n_2}{60} = \frac{2\pi \cdot 280}{60} \approx 29.32$ рад/с

Теоретический крутящий момент без учёта потерь: $T_{\text{теор}} = \frac{P}{\omega} = \frac{3000}{29.32} \approx 102,3$ Н * м. С учётом коэффициента полезного действия системы при $\eta = 0,95$. $P_{\text{вых}} = P * \eta = 3000 * 0,95 = 2850$ Вт, $T_{\text{реал}} = \frac{P_{\text{вых}}}{\omega} = \frac{2850}{29.32} \approx 97,2$ Н * м. Для оценки допустимого напряжения при передаче момента проверим прочность на скручивание вала диаметром $d=30$ мм. Полярный момент сопротивления (инерции): $J = \frac{\pi d^4}{32} = \frac{\pi \cdot (0.03)^4}{32} = \frac{\pi \cdot 8,1 \cdot 10^{-8}}{32} \approx 7,96 \cdot 10^{-9}$ м⁴. Максимальное касательное напряжение при скручивании: $\tau_{\text{max}} = \frac{T \cdot r}{J} = \frac{97,2 \cdot 0.015}{7,96 \cdot 10^{-9}} \approx 183,2 \cdot 10^6 = 183$ МПа. Для конструкционной стали Сталь 45, предел прочности на срез составляет 390–450 МПа. $\frac{\tau_{\text{доп}}}{\tau_{\text{max}}} = \frac{390}{183} \approx 2,13$, $(2,13-1) * 100 \% = 113 \%$ Запас прочности более, чем в 2 раза. Итоговая максимальная мощность системы:

$$P = \frac{97,2 \cdot 2\pi \cdot 280}{60} \approx \frac{97,2 \cdot 6,2832 \cdot 280}{60} \approx \frac{17110}{60} \approx 2851,7 \text{ Вт.}$$

Проектируемое средство поверки велоэргометров состоит из следующих основных компонентов: Мотор-редуктор 2МЧ-63/АИР80В4, частотный преобразователь HE200, датчик крутящего момента и блок индикации М25-1,2к, позиционирование и мониторинг на базе Arduino, базу для размещения компонентов ст3.

Руководство по эксплуатации описывает основные шаги при подготовке к поверке и собственно проведение поверки велоэргометров. При поверке необходимо соблюдать допустимую область сочетания частоты вращения и подаваемой мощности (рис. 4). График демонстрирует валидные зоны сочетания заданной мощности (по оси X) и частоты вращения (по оси Y). Измерения, выходящие за пределы заштрихованной области, могут привести к некорректным результатам или перегрузке велоэргометра.



Рис. 4. Допустимая область поверочных значений по частоте вращения и мощности и типовые сочетания мощности (Вт) и частоты вращения (об/мин) при поверке

На практике для проведения поверки применяются конкретные комбинации мощности и частоты вращения, соответствующие методикам испытаний велоэргометров. Эти точки лежат внутри области и используются как реперные значения при оценке воспроизводимой нагрузки. Для оценки корректности дозируемой нагрузки необходимо сопоставить частоту вращения и поданную мощность с получаемым крутящим моментом (рис. 5).

По полученным результатам необходимо рассчитать погрешность по формуле $\gamma = \frac{\Delta X}{X_N} * 100 \%$, где ΔX – абсолютная погрешность, X_N – поддиапазон измерений.

		Крутящий момент на валу эргометра, Н*м																					
Скорость вращения, об/мин	180	1,3	2,7	5,3	8,0	10,6	13,3	15,9	18,6	21,2	23,8	26,5	29,1	31,8	34,4	37,0	39,7	42,3	45,0	47,6	50,2	52,9	55,5
	170	1,4	2,8	5,6	8,4	11,2	14,1	16,9	19,7	22,5	25,3	28,1	30,9	33,7	36,5	39,3	42,1	44,9	47,7	50,5	53,3	56,1	58,9
	160	1,5	3,0	6,0	9,0	11,9	14,9	17,9	20,9	23,9	26,9	29,9	32,8	35,8	38,8	41,8	44,8	47,8	50,8	53,8	56,8	59,8	62,8
	150	1,6	3,2	6,4	9,6	12,7	15,9	19,1	22,3	25,5	28,7	31,9	35,1	38,3	41,5	44,7	47,9	51,1	54,3	57,5	60,7	63,9	67,1
	140	1,7	3,4	6,8	10,2	13,6	17,1	20,5	23,9	27,3	30,7	34,1	37,5	40,9	44,3	47,7	51,1	54,5	57,9	61,3	64,7	68,1	71,5
	130	1,8	3,7	7,3	11,0	14,7	18,4	22,0	25,7	29,4	33,0	36,7	40,4	44,1	47,8	51,5	55,2	58,9	62,6	66,3	70,0	73,7	77,4
	120	2,0	4,0	8,0	11,9	15,9	19,9	23,9	27,9	31,8	35,8	39,8	43,8	47,8	51,7	55,7	59,7	63,7	67,7	71,7	75,7	79,7	83,7
	110	2,2	4,3	8,7	13,0	17,4	21,7	26,1	30,4	34,7	39,0	43,4	47,7	52,1	56,4	60,8	65,2	69,5	73,9	78,3	82,7	87,1	91,5
	100	2,4	4,8	9,6	14,3	19,1	23,9	28,7	33,4	38,2	42,9	47,7	52,4	57,2	61,9	66,7	71,4	76,2	80,9	85,7	90,4	95,2	100,0
	90	2,7	5,3	10,6	15,9	21,2	26,5	31,8	37,1	42,4	47,7	53,0	58,3	63,6	68,9	74,2	79,5	84,8	90,1	95,4	100,7	106,0	111,3
	80	3,0	6,0	11,9	17,9	23,9	29,9	35,8	41,8	47,8	53,7	59,7	65,7	71,7	77,6	83,6	89,5	95,5	101,5	107,5	113,5	119,4	125,4
	70	3,4	6,8	13,6	20,5	27,3	34,1	40,9	47,8	54,6	61,5	68,2	75,1	81,9	88,8	95,5	102,4	109,2	116,1	122,9	129,8	136,6	143,5
	60	4,0	8,0	15,9	23,9	31,8	39,8	47,8	55,7	63,7	71,6	79,6	87,5	95,5	103,4	111,3	119,2	127,1	135,0	142,9	150,8	158,7	166,6
	50	4,8	9,6	19,1	28,7	38,2	47,8	57,3	66,9	76,4	85,9	95,4	104,9	114,4	123,9	133,4	142,9	152,4	161,9	171,4	180,9	190,4	199,9
	40	6,0	11,9	23,9	35,8	47,8	59,7	71,7	83,6	95,5	107,4	119,3	131,2	143,1	155,0	166,9	178,8	190,7	202,6	214,5	226,4	238,3	250,2
	30	8,0	15,9	31,8	47,8	63,7	79,6	95,5	111,4	127,3	143,2	159,1	175,0	190,9	206,8	222,7	238,6	254,5	270,4	286,3	302,2	318,1	334,0
		25	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000							
		Дозвряемая мощность эргометром, Вт																					

Рис. 5. Зависимость крутящего момента от частоты вращения и заданной мощности

Библиографический список:

1. Тавровская Т.В. Велоэргометрия. – Санкт-Петербург: ИНКАРТ, 2007. – 134 с.
2. Афанасьев В.В. Спортивная метрология. – Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2009. – 242 с.

ЭЛЕМЕНТ САПР ДЛЯ ПРОФИЛИРОВАНИЯ ЧЕРВЯЧНЫХ ФРЕЗ

Логоша С.М.

Научный руководитель: Гречишников В.А. – д.т.н., профессор

Кафедра инструментальной техники и технологии формообразования МГТУ «СТАНКИН»

В машиностроении существует большое количество зубчатых зацеплений: эвольвентные, прямобочные, передачи Новикова, звездочки для приводных цепей и многие другие. Эвольвентные зацепления наиболее распространены и чаще всего применяются благодаря простоте производства, точности и математически корректному зацеплению. Шлицевые валы способны передавать высокие нагрузки с одного элемента на другой. Передача Новикова, в связи с особенностями теории зацепления, способна передавать еще большие нагрузки и обеспечивать плавность хода. Звездочки также являются крайне важным элементом передачи вращения, хотя и работают по несколько иному принципу.

Одним из самых эффективных способов обработки деталей подобных конфигураций является зубофрезерование червячной фрезой по методу обката. По сравнению с дисковыми, пальцевыми и другими инструментами, данный тип наиболее производителен и точен. Основная проблема при производстве таких деталей заключается в том, что червячная фреза – это сложный инструмент, требующий тщательного проектирования и проработки конструктивных элементов. Именно поэтому существует большая необходимость в повышении эффективности разработки данного типа инструмента. Для этого хорошо подходит параметрическая модель и параметрический чертеж, зависящие от конкретного вида колеса и его параметров.

Основной задачей при проектировании червячных фрез для прямозубых колес является решение прямой задачи профилирования, то есть поиск профиля инструмента в нормальном сечении. Однако существует проблема: каким образом осуществить параметризацию инструмента для нескольких видов деталей? Предлагается создать для каждого вида колеса свой оригинальный профиль в нормальном сечении, а затем приступить к дальнейшему моделированию.

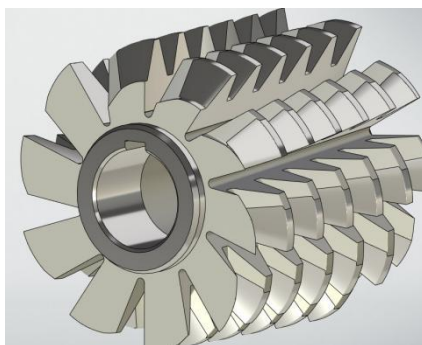


Рис. 1. Пример червячной фрезы для эвольвентного модульного колеса

Для того чтобы найти профиль инструмента, необходимо произвести обкатку профиля выбранной детали диаметром обката по прямой без проскальзывания. Таким образом, мы получим профиль в нормальном сечении червячной фрезы.

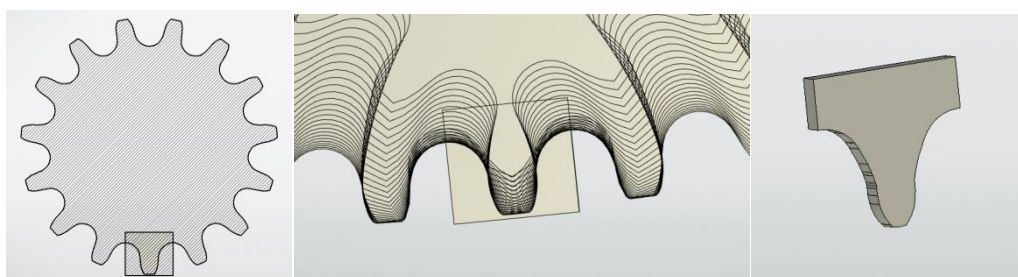


Рис. 2. Получение профиля в нормальном сечении

Далее собираем все профили в единый файл с возможностью отключения элементов 3D, чтобы избежать перегрузки итоговой модели червячной фрезы. На данном этапе нужно воспроизвести все необходимые преобразования с профилем – затылование всех будущих зубьев червячной фрезы.

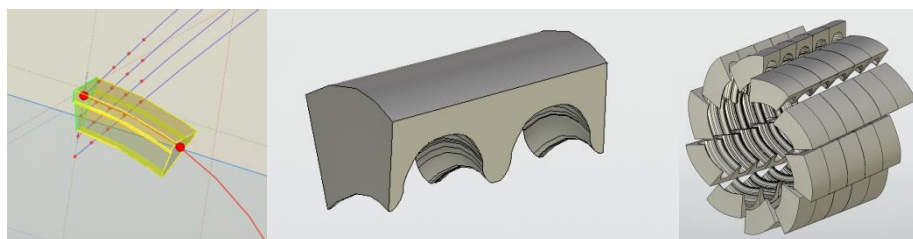


Рис. 3. Затылование зубьев червячной фрезы полученным профилем

После этого необходимо произвести расчет конструктивных параметров червячной фрезы. Для этого воспользуемся специальным меню, которое принимает введенные данные и пересчитывает параметры инструмента. Здесь вводятся основные параметры червячной фрезы, а также происходит расчет всех остальных элементов. Это крайне необходимо, чтобы исключить ошибки, связанные с неправильным вводом данных вручную. Завершаем моделирование булевым вычитанием затылования из предварительной заготовки червячной фрезы.

Далее выбираем необходимую деталь и параметры, определяющие ее профиль. Поскольку вариантов деталей несколько, соответственно, и набор параметров должен быть у каждого свой.

Далее выбираем необходимую деталь и параметры, определяющие ее профиль. Так как вариантов деталей несколько, соответственно, и набор параметров должен быть у каждого свой.

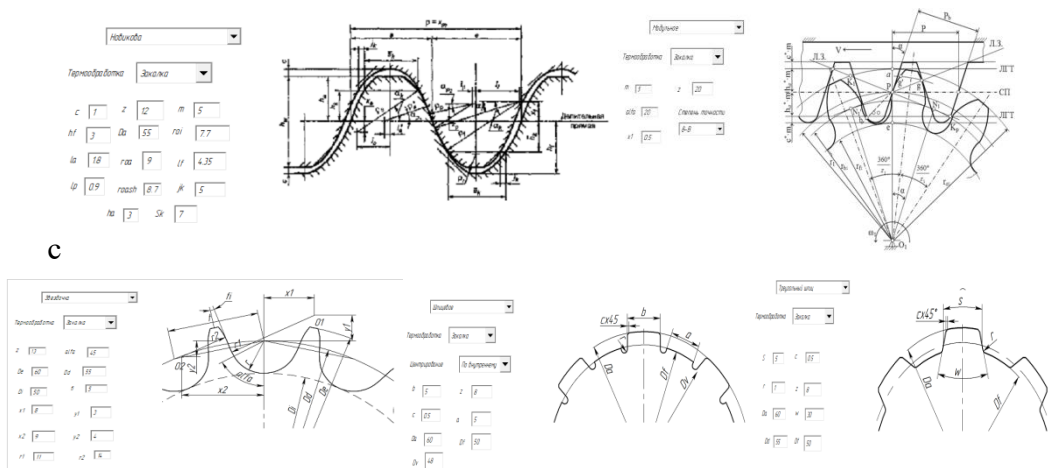


Рис. 4. Преобразование меню в зависимости от выбранного типа колеса

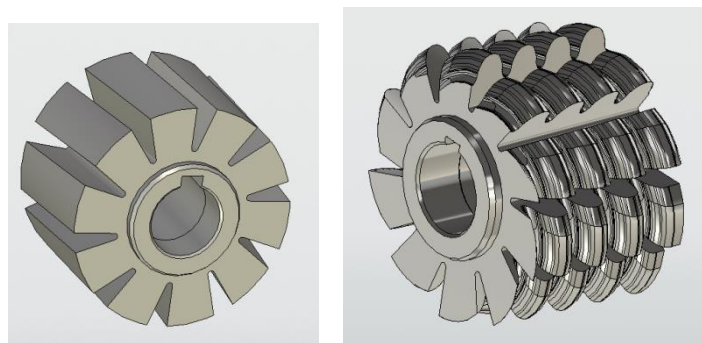


Рис. 5. Итог 3D-моделирования

Завершающим этапом является создание параметрического чертежа на основе 3D-модели, что реализуется средствами 2D-построений в T-FLEX CAD. Построение профилей для чертежа использует полученный профиль в нормальном сечении, а конструктивные параметры червячной фрезы рассчитываются заранее.

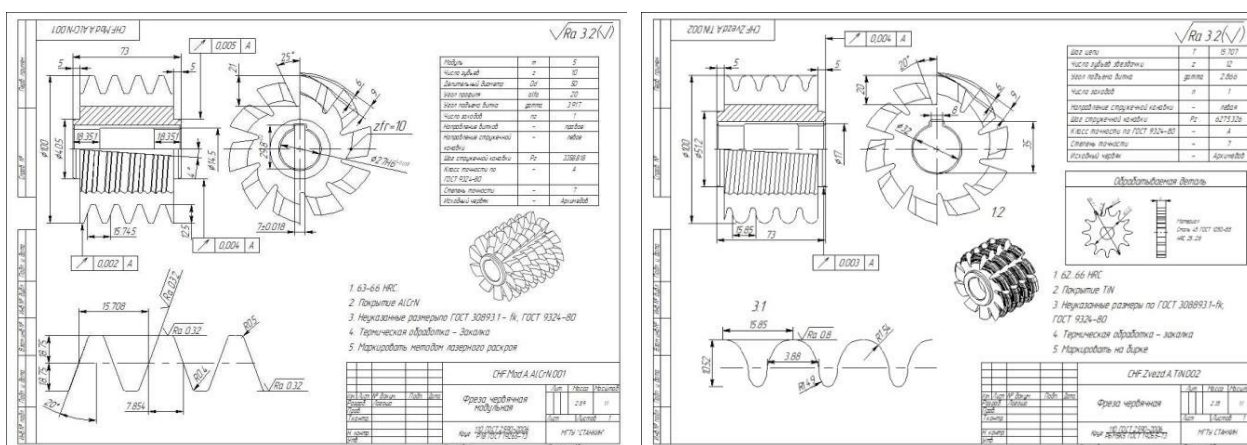


Рис. 6. Параметрический чертеж червячной фрезы для эвольвентного колеса и для звездочки цепного привода

Библиографический список:

1. Семенченко И.И. «Режущий инструмент». Том 4. 1944 г.
2. Кожевников Д.В., Кирсанов С.В. «Металлорежущие инструменты». 2003.
3. Семенченко И.И., Матюшин В.М., Сахаров Г.Н. «Проектирование металлорежущих инструментов». 1962.

ФОРМА ЗАДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗАТЫЛОВАННЫХ ФРЕЗ

Магомедов А.М.

Научный руководитель: Петухов Ю. Е. – д. т. н., профессор

Кафедра инструментальной техники и технологии формообразования
МГТУ «СТАНКИН»

При исследовании и проектировании фасонных дисковых фрез для обработки винтовых поверхностей, немалую роль играет форма задней поверхности зуба, влияющей на износ, стойкость, надежность. Формирование оптимальной формы задней поверхности, обеспечивающей заданные значения кинематических задних углов, связано с определением поверхности резания, как траектории движения режущей кромки фрезы при обработке винтовой поверхности детали, с обязательным учетом наряду с формообразующими движениями, числа зубьев Z и подачи S_z .

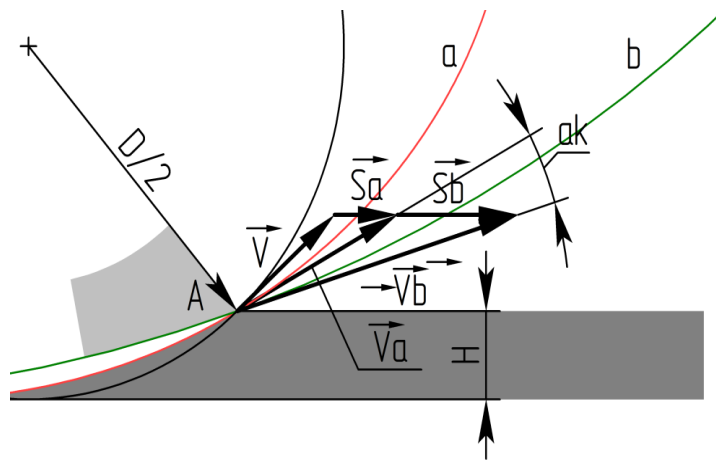


Рис. 1. Определение формы задней поверхности

В процессе обработки точка профиля A движется по траектории a , являющаяся поверхностью резания. Ее можно рассматривать как задняя поверхность с кинематическим задним углом $\alpha_k = 0$ и статическим углом α_a . Задача состоит в том, чтобы определить необходимую подачу S_b при которой новая задняя поверхность, образованная поверхностью резания по траектории b будет иметь кинематический задний угол $\alpha_k > 0$. Рассмотрим расчетную схему приведенную на рис. 2.

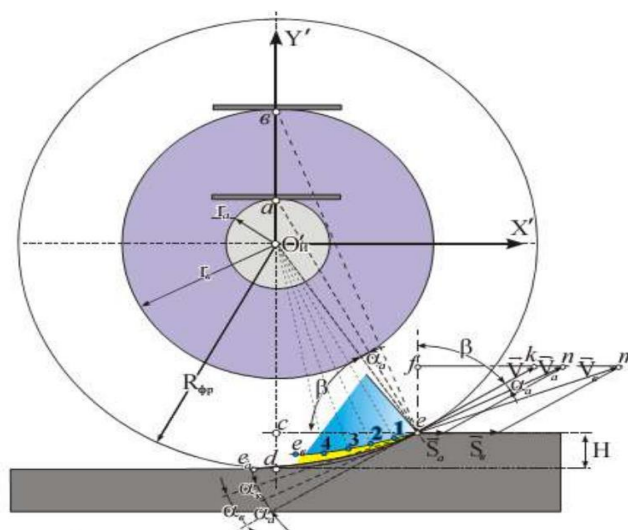


Рис. 2 Расчетная схема

Из треугольника Δace вычислим:

$$\tan(\beta + \alpha_a) = \frac{ac}{ce} = \frac{r_a + R \sin(\beta)}{R \cos(\beta)} \quad (1)$$

Из треугольника Δdef вычислим:

$$\tan(\beta + \alpha_a) = \frac{fn}{ef} = \frac{V \sin(\beta) + Sa}{V \cos(\beta)} = \frac{2\pi R n \sin(\beta) + Sa Z n}{2\pi R n \cos(\beta)} = \frac{R \sin(\beta) + \frac{Sa Z}{2\pi}}{R \cos(\beta)} \quad (2)$$

Тогда $r_a = \frac{SbZ}{2\pi}$, а $r_b = \frac{SbZ}{2\pi}$

Определим величину подачи Sb_z исходя из того, что угол между V и Va равен заданной величине $\alpha_k > \theta$.

Из треугольника Δbce определим

$$\tan(\beta + \alpha_a + \alpha_k) = \frac{bd - cd}{ce} = \frac{r_a + r_b + R - H}{\sqrt{2RH - H^2}} \quad (3)$$

Получим:

$$r_b = \sqrt{2RH - H^2} \tan(\beta + \alpha_a + \alpha_k) - r_a - R + H \quad (4)$$

Тогда :

$$Sb_z = \frac{2\pi}{Z} (\sqrt{2RH - H^2} \tan(\beta + \alpha_a + \alpha_k) - r_a - R + H) \quad (5)$$

где $\beta = \arcsin\left(\frac{R-H}{R}\right)$, $\alpha_a = \arcsin\left(\frac{R-H+r_a}{R}\right) - \beta$, а R - максимальный радиус фрезы, H -глубина резания.

Как видно из этих зависимостей, на изменение кинематического заднего угла влияют диаметр фрезы ($D=2R$), число зубьев фрезы z , а также Sz –подача на зуб фрезы.

В рамках данной работы был проведен анализ функциональных связей между параметрами конструкции (задний угол, диаметр фрезы, число зубьев и т.д.), эксплуатационными показателями (производительность, стойкость, надежность и т.д.) и условиями эксплуатации (глубина резания, подача, скорость резания и т.д.). На основе графа функциональных связей приведенный на рис.3 была сформирована матрица инцидентности (рис.4). По данной матрице можно представить основу построения базы знаний процесса формообразования, показывающие зависимость одних факторов от других. Цветами обозначена степень формализации связей(1 в зеленой ячейке – полная формализация связи, 1 в желтой ячейке – эмпирическая связь, 0 – связь отсутствует).

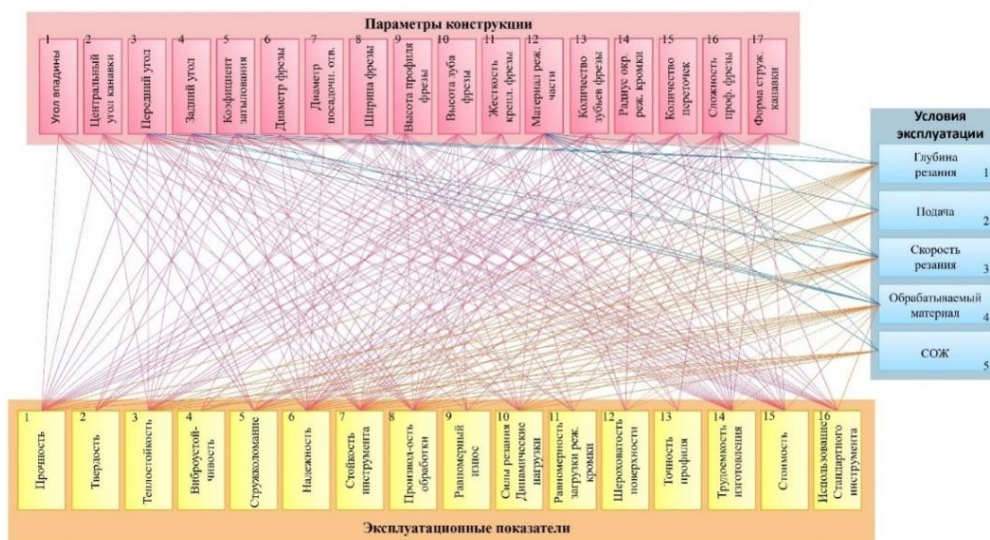


Рис. 3. Граф функциональных связей

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	
1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0
4	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0
5	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0
6	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
7	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
8	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0
9	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
10	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
11	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
14	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
15	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
16	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
17	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0

Рис. 4 Матрица инцидентности

На рис. 5 представлена 3D- модель фрезы с оптимальной формой задней поверхности.

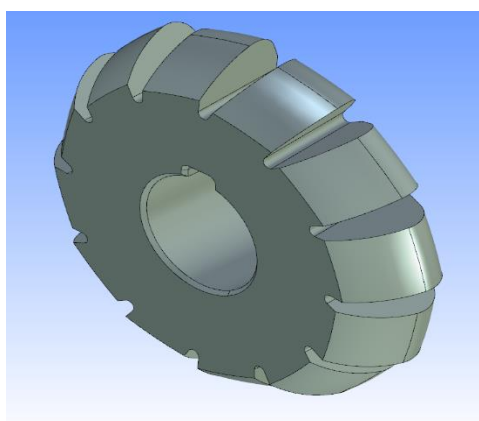


Рис. 5. 3D – модель фрезы затылованной по трохоиде

Выводы:

1. Проведено исследование по определению оптимальной формы задней поверхности затылованных фрез.
2. Разработана расчетная схема определения оптимальной формы задней поверхности из которой получены геометрические зависимости необходимые для построения математической модели.
3. Проведен анализ функциональных взаимосвязей между параметрами конструкции фасонной затылованной фрезы, условиями эксплуатации и эксплуатационными показателями.
4. Разработана твердотельная 3D – модель дисковой затылованной фрезы с оптимальной формой задней поверхности.

Библиографический список:

1. Петухов Ю.Е. Формообразование численными методами / Ю.Е. Петухов. – М.: «Янус-К», 2004. – 200 с.
2. Петухов, Ю.Е. Численные модели режущего инструмента для обработки сложных поверхностей / Петухов Ю.Е., Колесов Н.В. // Вестник машиностроения. – 2003. – № 5. – С. 61–63.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ УП ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С РАЗЛИЧНЫМИ СЧПУ

Морозов Д.А.

*Научный руководитель: Евстафиева С.В. – старший преподаватель
Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

На современных машиностроительных предприятиях возрастает роль автоматизации и совершенствования процессов обработки деталей разного рода на станках с числовым программным управлением. Ключевой момент – написание управляющей программы, которая представляет из себя упорядоченный набор управляющих команд, которые описывают перемещения исполнительных органов станка и вспомогательные функции.

На рынке представлено множество систем числового программного управления и для каждой СЧПУ характерен свой синтаксис, дополнительные команды управления. На современных предприятиях эксплуатируются станки с различными СЧПУ. При этом детали одного типа могут изготавливаться на станках с разными СЧПУ. При написании управляющей программы для одного и того же типа детали программист тратит много времени на разработку, тестирование и отладку, также увеличивается вероятность ошибок в УП.

Для решения поставленной проблемы необходимо разработать систему, в которой деталь типа тела вращения можно будет разбить на опорные точки и типовые поверхности, из этих поверхностей собрать контур детали и создать УП для конкретной СЧПУ.

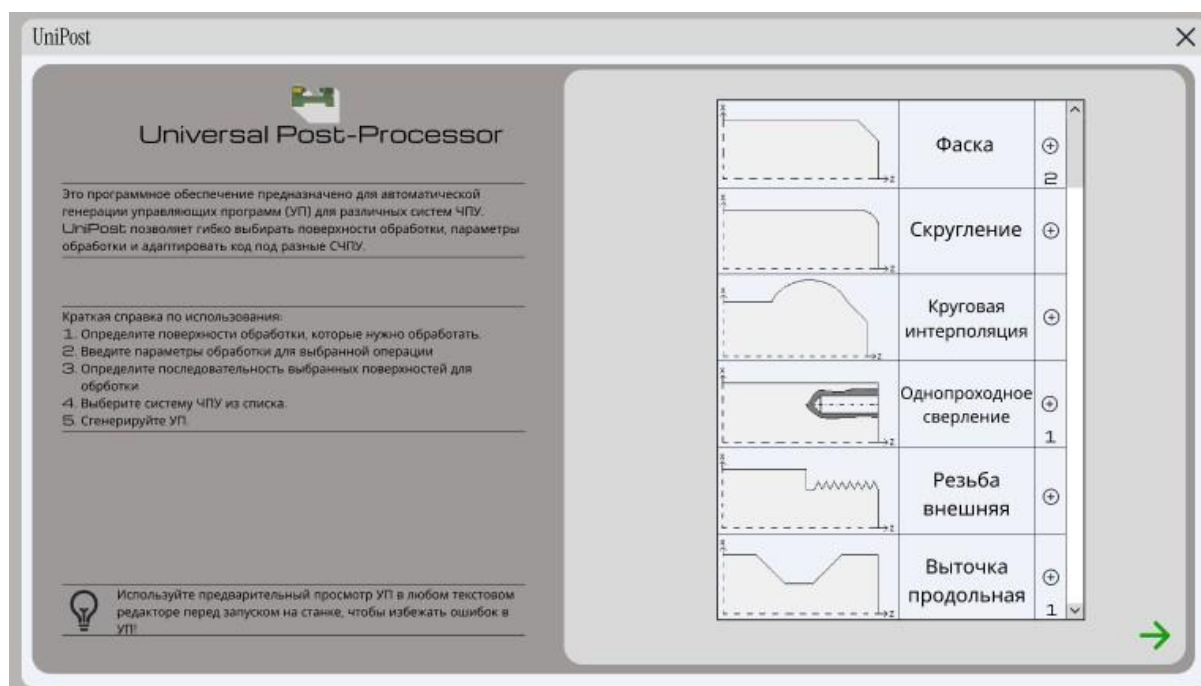


Рис. 1. Экран выбора поверхностей

В предлагаемом подходе деталь типа тела вращения рассматривается как совокупность типовых поверхностей: наружная цилиндрическая, внутренняя коническая поверхности, фаска, скругление, продольная выточка, резьба внешняя и т.д. Пользователь выбирает эти поверхности, заполняет в маске ввода геометрию и положение поверхности. Далее необходимо выбрать из списка поддерживаемую СЧПУ и сгенерировать для нее УП. В качестве СЧПУ для тестирования предлагаемой методики рассматриваются: АксиОМА Контрол и Siemens Sinumerik 840d. Синтаксис вызова готовых циклов СЧПУ и

разработанных пользователем будет храниться в XML документе. Использование XML документа позволяет расширять систему для других СЧПУ.

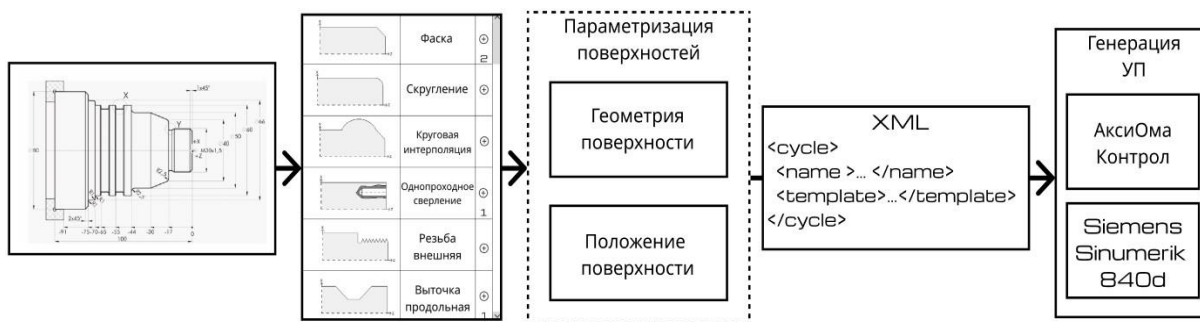


Рис. 2. Методика разработки УП для различных СЧПУ

Для возможности описания детали как совокупности поверхностей в СЧПУ должны быть реализованы технологические циклы обработки этих поверхностей. Проанализировав возможности СЧПУ Sinumerik 840d и АксиОМА Контрол было принято решение о необходимости разработки недостающих в АксиОМА Контрол циклов обработки, таких как обработка внутренней и внешней цилиндрической и конической поверхностей, обработка торца.

Значение	Параметр	Ед. изм.
2700	Число оборотов шпинделя	об/мин
150	Значение подачи	мм/об
0	Безопасное расстояние	мм
32.5	Нач. точка контура по X	мм
-66.3	Нач. точка контура по Z	мм
31.5	Конеч. точка контура по X	мм
-91.3	Конеч. точка контура по Z	мм
2.3	Глубина резания	мм
1	Припуск на чист. точ. по X	мм
0	Припуск на чист. точ. по Z	мм

Рис. 3. Экран ввода параметров для разработанного параметрического цикла

Программист выбирает список поверхностей, из которых состоит деталь, задает их параметры и расположение и выбирает для какой СЧПУ необходимо сгенерировать УП.

Рассмотренный подход избавляет от переписывания УП для различных СЧПУ, тем самым уменьшая время на разработку, также позволяет сократить количество ошибок в коде. Использование данного подхода позволяет снизить требования к квалификации программиста, так как ему достаточно выбрать поверхности и ввести параметры, необходимые для обработки этих поверхностей и на выходе получить управляющую программу для нужной СЧПУ. Использование XML и абстракций позволяет легко расширить систему для использования других систем ЧПУ.

Библиографический список:

1. Сосонкин, В.Л. Программирование систем числового программного управления: учеб. пособие / В.Л. Сосонкин, Г.М. Мартинов. – М. Логос, 2008. – 344 с.
2. Система ЧПУ «АксиОМА Контрол» Расширенное программирование (Версия 1.0.14), июль 2022.
3. Сосонкин, В.Л. Системы числового программного управления: учеб. пособие / В.Л. Сосонкин, Г.М. Мартинов. – М. Логос, 2005. – 296 с.
4. SIEMENS – ingenuity for life [электронный ресурс] : офиц. сайт // SINUMERIK 840D sl / 828D. Расширенное программирование. Справочник по программированию. – Режим доступа: FB1_0712_en_en-US.pdf_-_SINUMERIK_840D_sl_/828D_Basic_Functions_-_ID: 64932982 – Industry_Support_Siemens (дата обращения 22.04.2025).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ ПОДВОДНОГО РОБОТА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ С ДАТЧИКА ГЛУБИНЫ VAR30 СО ВСТРОЕННЫМ ДАТЧИКОМ ТЕМПЕРАТУРЫ

Наумчик Т.Г.

***Научный руководитель: Стебулянин М.М. – д.т.н., профессор
Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»***

Актуальность данной работы обусловлена растущей потребностью в точных и надежных методах определения глубины для подводных аппаратов, используемых в различных областях, таких как океанография, экология, исследование морских ресурсов и подводная робототехника.

Использование датчика давления Var30 со встроенным датчиком температуры позволяет получать данные в реальном времени, что важно для выполнения задач, связанных с исследованием морских экосистем, поиском и спасением, а также для научных исследований.

Разработка алгоритма управления датчиками является важным шагом для возможности автономного перемещения подводного робота.

Цель работы: разработка алгоритма управления датчиком давления Var30 со встроенным датчиком температуры с целью определения глубины, на которой располагается робот.

Задачи:

- Разработать алгоритм управления датчиками давления и температуры для вычисления глубины.
- Создать математическую модель в Matlab Simulink.

Алгоритм системы управления представлен на рис. 1.

В начале необходимо подключить требуемые библиотеки для работы программы и задать начальные значения, такие как плотность морской и пресной воды, коэффициенты чувствительности и погрешности датчиков, минимальные температуру и давление.

Далее задаются нулевые значения давления и температуры, которые в дальнейшем будут передаваться с датчика. Определяется плотность воды, в которой будет работать выбранный датчик.

Затем начинается работа основного цикла. Программа получает на вход данные давления и температуры, проверяет, что эти данные были получены, после чего пересчитывает текущее давление, которое действует на датчик с учетом температуры воды.

Здесь важно отметить, что датчики давления со встроенным датчиком температуры калибруются под воздействием строго определенных давления и температуры воды. Для данного датчика температура равняется 20 градусам, а давление – 200 мбар.

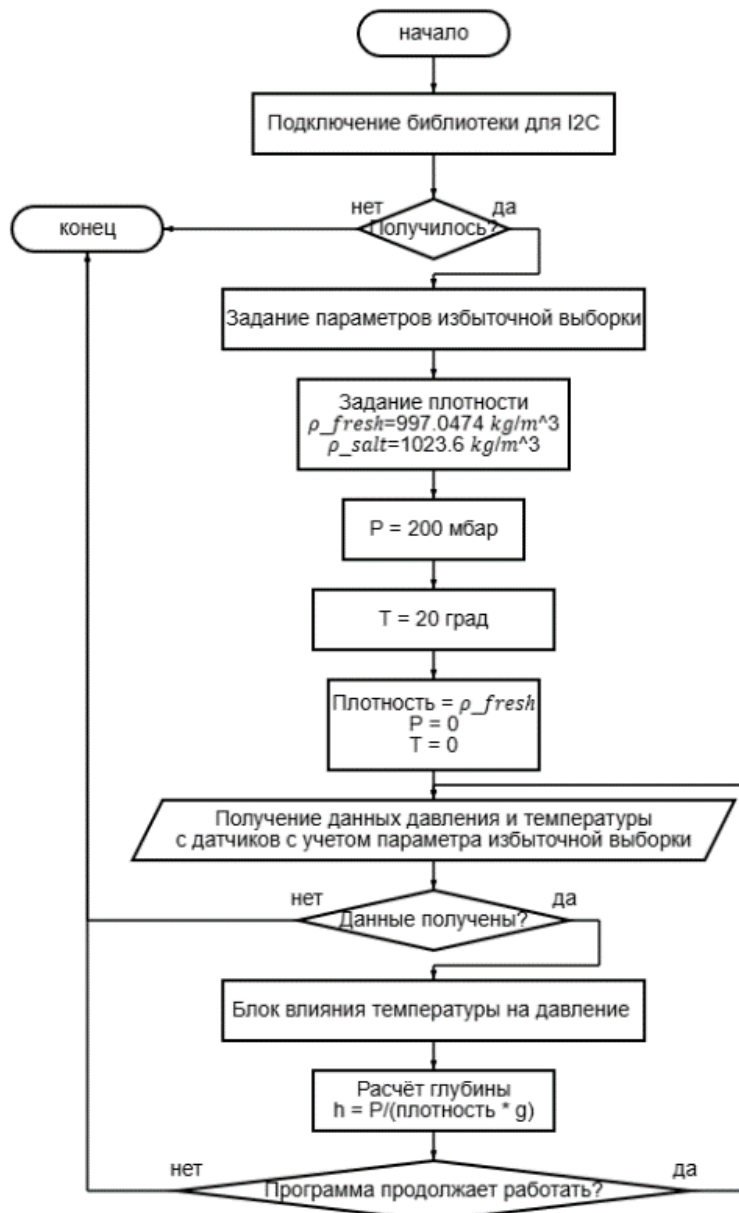


Рис. 1. Алгоритм системы управления датчика давления со встроенным датчиком температуры для определения глубины, на которой находится подводный робот

Чувствительность датчика температуры увеличивается прямо пропорционально увеличению разницы текущей температуры воды от эталонной, при которой проводилась калибровка. Температура определяется по следующей формуле:

$$T = T_t + dT * TEMPSENS, \quad [1]$$

где T – пересчитанная температура, T_t – температура, полученная со встроенного датчика температуры в данный момент времени, $dT = T_t - T_э$, где dT - разность текущей температуры воды от эталонной, $T_э$ – эталонная температура, при которой производилась калибровка, и $TEMPSENS$ – коэффициент чувствительности датчика к изменению температуры.

Далее определялись погрешность измерения и чувствительность датчика давления от температуры. Для этого были заданы температурные коэффициенты чувствительности к изменению давления и погрешности его измерения. По аналогии с формулой 1 чувствительность датчика давления:

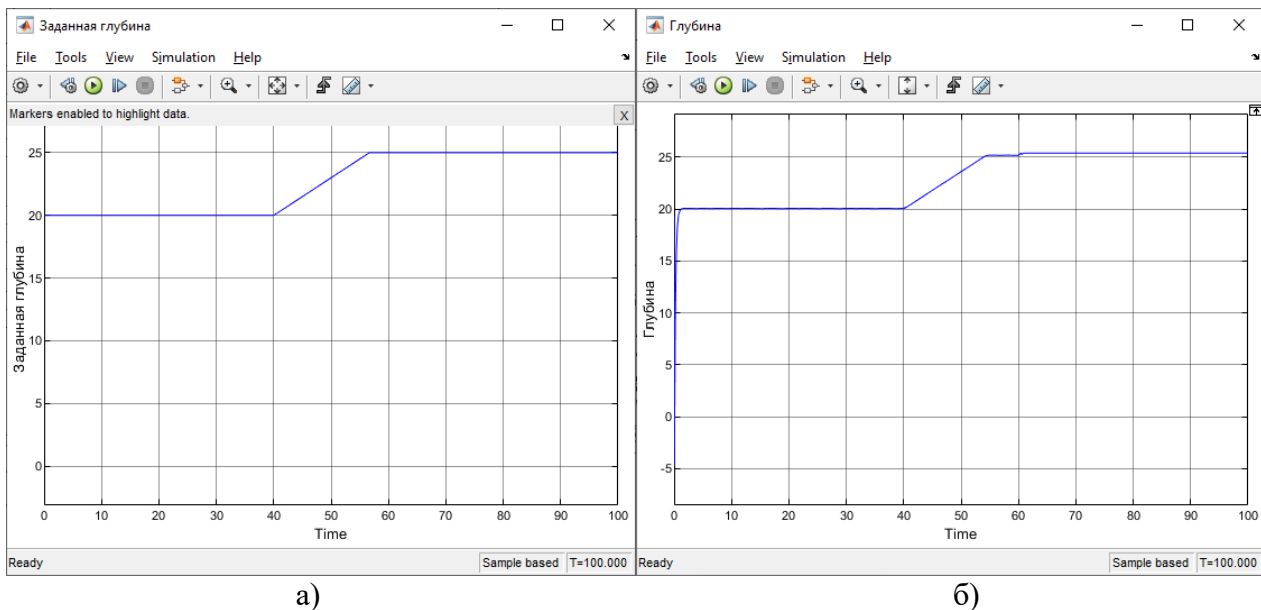


Рис. 3. Сравнение заданной глубины (а) и полученной глубины (б)

Выводы:

- Разработан алгоритм управления датчиком давления Bar30 со встроенным датчиком температуры с целью определения глубины, на которой располагается робот;
- Создана математическая модель в Simulink Matlab;

Библиографический список:

1. <https://bluerobotics.com/store/sensors-cameras/sensors/bar30-sensor-r1/> [26.03.2025] – ссылка на датчик давления.
2. Лермантов В.В. Гидростатическое давление // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона: в 86 т. (82 т. и 4 доп.). – СПб., 1893. – Т. VIIа. – С. 655–656.
3. Te Connectivity. Sensor Solutions (2016). MS5837-03BA01: Ultra-Small Gel Filled Pressure Sensor. <https://www.alldatasheet.com/html-pdf/881482/TEC/MS5837-02BA01/60/1/MS5837-02BA01.html>.

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ СИНТЕЗА ИСКУССТВЕННЫХ АЛМАЗОВ**

Нигматов О.Р.

Научный руководитель: Никишечкин А.П. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

В современном мире микроэлектроники наблюдается резкий спад эффективности традиционных кремниевых технологий. Закон Мура, который на протяжении десятилетий обеспечивал экспоненциальный рост вычислительной мощности за счёт уменьшения размеров транзисторов, сегодня сталкивается с фундаментальными физическими ограничениями. Кремний ограничен в термической проводимости, что приводит к перегреву, а утечка тока и квантовые эффекты становятся всё более критичными при миниатюризации элементов. Эти проблемы вынуждают ученых и инженеров искать альтернативные материалы, способные обеспечить новые уровни производительности и энергоэффективности.

Алмаз выступает в качестве одного из наиболее перспективных кандидатов: благодаря уникальным свойствам он даёт шанс преодолеть ограничения кремния. Действительно, алмаз

– очень жёсткий материал (его твердость по Моосу – 10), способный проводить тепло в десятки раз лучше, чем большинство металлов. При этом алмаз обладает широкой запрещённой зоной (~5,5 эВ), что означает способность выдерживать очень высокие электрические поля (поле пробоя порядка 10^7 В/см) и чрезвычайно малый ток утечки. Материал химически инертен: он не растворяется в обычных кислотах и начинает окисляться только при очень высоких температурах (выше 600 °С в кислородной среде). Эти характеристики делают алмаз привлекательным для электроники, особенно там, где нужны высокая производительность, устойчивость к экстремальным условиям и высокий уровень радиационной стойкости. Таким образом, можно ожидать, что в будущем алмазные устройства смогут обеспечить новые уровни производительности и энергоэффективности по сравнению с традиционным кремнием. Уникальные свойства алмаза – прочность, теплопроводность, химическая стойкость и широкий энергетический зазор – делают его очень востребованным материалом для передовой электроники.

В естественных условиях алмазы формируются в недрах Земли при давлении 4–6 ГПа и температурах 1000–1500 °С. Чтобы воспроизвести эти условия в лаборатории, были разработаны специальные прессы и реакторы высокого давления. Однако впоследствии оказалось возможным получать алмаз и при существенно более низких давлениях, если использовать химические реакции осаждения углерода из газовой фазы (CVD, Chemical Vapor Deposition). При этом температура поддерживается на уровне 700–1200 °С, а необходимый переход углерода в алмазную фазу достигается за счёт активных химических реакций, происходящих в плазме.

По сути, CVD-метод заключается в помещении затравочной алмазной пластины в вакуумную камеру, заполненную газовой смесью. Затем эту смесь разогревают и облучают высокоэнергетическими микроволнами, из-за чего газовые молекулы распадаются на атомы и радикалы. Углерод из этих реакционноспособных частиц оседает на затравочной пластине алмаза, вырастая в виде новой алмазной плёнки. Процесс роста не быстрый и занимает несколько часов или даже дней: скорость обычно составляет порядка нескольких десятков микрометров. Типовой цикл синтеза может занимать от 3–5 дней до 7 суток, около 150 часов. Важно отметить, что CVD-метод требует точного контроля параметров: температура, давление, состав газовой смеси и мощность плазмы должны поддерживаться в определенных пределах.

Оборудование для CVD-синтеза алмаза включает несколько важных узлов. Во-первых, требуется вакуумная система, которая создаёт разряжённую среду в камере и удаляет отработанные газы. Во-вторых, нужна система охлаждения, обычно на основе циркуляции воды, чтобы отводить тепло от рабочей зоны и защитить его детали. Третий ключевой элемент – система подачи газовых реагентов, которые содержат в большом количестве атомы углерода, с точной регулировкой их расхода. Сердцем установки является магнетрон – микроволновый генератор, создающий внутри камеры плазму. Магнетрон отделяет преподанные молекулы газа, например, метана и водорода, и обеспечивает условия для кристаллизации алмаза. Все эти компоненты должны работать слаженно: например, перед включением магнетрона важно заранее запустить вакуумные и водяные насосы и включить систему охлаждения, иначе рабочее пространство может перегреться или разгерметизироваться. Аппаратная часть системы синтеза включает рабочую зону с возможностью вакуумирования, магнетрон для создания плазмы, систему газовой подачи, а также насосы и системы охлаждения для поддержания стабильного процесса синтеза искусственных алмазов.

Основной акцент исследования сделан на автоматизацию процесса синтеза искусственных алмазов методом CVD. Внедрение автоматизированной системы управления позволяет точно контролировать технологические параметры – температуру, давление, состав газовой среды и скорость роста кристаллов. Использование современных датчиков и алгоритмов обратной связи обеспечивает непрерывный мониторинг и коррекцию процесса, что минимизирует производственные дефекты и повышает однородность получаемого

материала. Такой системный подход способствует быстрому переходу от экспериментальных лабораторных условий к промышленному масштабу, а также снижает затраты на производство.

Автоматизированная система управления установкой синтеза искусственных алмазов служит для координации всех перечисленных приборов выше. Она должна включать программируемый контроллер (ПЛК) с прикладной программой, способной запускать и контролировать насосы, регуляторы расхода газа и мощность магнетрона в заданной последовательности. В процессе запуска автоматизированная система позволяет постепенно выводит процесс синтеза на рабочие режимы. Контроллер поддерживает заданное давление внутри камеры, регулирует подачу газовых смесей, реагирует на экстренные ситуации, в общем, служит для связи всех аппаратных компонентов, и обеспечивает по сути стабильный и не прерывный процесс синтеза искусственных алмазов. Кроме того, система ведёт учёт времени работы: поскольку циклы роста алмаза длятся несколько суток, необходимо плавно регулировать параметры синтеза и в реальном времени проверять состояние оборудования.

Поскольку реализация конечного продукта осуществляется на отечественных аппаратных компонентах, в качестве ПО был выбран открытый по своей структуре CODESYS. Реализация программы ПЛК на данном этапе включает несколько функций: управление насосами и клапанами, логика последовательного запуска магнетрона, контроль системы охлаждения, контроль давления в рабочей зоне, контроль над подвижкой, взаимодействие с компонентами расхода газа MFC, функция плавного выхода на заданное значение, дисплей состояния установки и алгоритмы безопасности. В итоге, хорошо спроектированная система управления позволяет перераспределить человеческий контроль на аппаратный, что повышает стабильность синтеза и качество получаемого алмаза.

Предварительные испытания автоматизированной системы демонстрируют значительный прирост качества синтезируемых алмазов и стабильность микроструктуры материала. Полученные данные подтверждают, что переход от кремния к искусственному алмазу способен преодолеть существующие технологические барьеры в микроэлектронике. В результате возможно создание новых поколений микропроцессоров с повышенной энергоэффективностью, стабильностью и скоростью работы, что особенно актуально для квантовых вычислительных систем и других высокотехнологичных приложений. Дальнейшие исследования в области оптимизации автоматизированного CVD процесса открывают перспективы масштабирования технологии и её внедрения в производство передовых электронных устройств.

В заключение можно отметить, что выполненная работа закладывает основу для дальнейшего развития алмазных технологий. Построенная научно-исследовательская работа демонстрирует, что синтез искусственных алмазов методом CVD становится более точным благодаря процессу автоматизации. Помимо этого, перспективы применения искусственных алмазов весьма широки – уже сегодня поликристаллический CVD-алмаз используют для изготовления тепловых рассеивающих элементов и высокочастотных полупроводниковых устройств. Стоит отметить, что реализация ПЛК-программы находится на первом этапе, и вполне вероятно возможность его улучшения и расширения дополнительными функциями. Таким образом, гармоничное сочетание выдающихся физических свойств алмаза, оптимизированного процесса CVD и надёжной автоматизированной системы управления создаёт прочную основу для развития передовых технологий – от высокопроизводительной электроники до разнообразных инновационных применений.

Библиографический список:

1. Хмельницкий Р.А., Талипов Н.Х., Чучева Г.В. Синтетический алмаз для электроники и оптики. – М.: Издательство ИКАР, 2017. – 228 с.
2. Петров В.В., Иванов С.П. Физика твердого тела: учебное пособие. М.: Наука, 2020. 312 с.

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ТОПОЛОГИИ РЕШЁТЧАТЫХ СТРУКТУР

Никошнова В.К.

Научный руководитель: Тарасова Т.В. – к.т.н., доцент

Кафедра высокоэффективных технологий обработки МГТУ «СТАНКИН»

Современные инженерные задачи всё чаще требуют создания лёгких, прочных и функциональных конструкций, где решётчатые структуры играют ключевую роль.

Решётчатая структура – это пористая структура, созданная путём организации элементарных ячеек, положение которых оказывают заметное влияние на получаемые механические свойства. Как правило такие структуры позволяют заметно снизить затраты на производство без потери прочности детали, а возможность оптимизации их проектирования до их пор остается актуальным развивающимся направлением.

Одной из основных трудностей при проектировании решётчатых структур является выбор оптимальной топологии элементарной ячейки и соответствующей плотности, которые играют ключевую роль в формировании механических свойств конечного продукта. Сложные топологии решётчатых структур требуют высокоточной обработки, поскольку их функциональные характеристики критически зависят от геометрической точности воспроизведения. Несмотря на возможность создания крайне сложных форм и конструктивных особенностей, современные аддитивные производственные процессы продолжают сталкиваться с трудностями, связанными с технологичностью и последующей обработкой. Поэтому при разработке конструкции необходимо учитывать такие аспекты, как минимальный размер элемента, самонесущие свойства (избежание критических выступов), доступность для удаления незатвердевшего порошка или смолы, а также потребность в вспомогательных опорных элементах.

Один из распространённых и эффективных методов повышения функциональности заключается в оптимизации топологии (ТО) для создания распределения переменной плотности в решётчатой конструкции. Оптимизация топологии – привлекательный инструмент проектирования для аддитивных технологий, который может создавать понятные конструкции на основе физических характеристик.

Метод сплошного изотропного материала с наложением штрафа (SIMP), также известный как **метод степенного закона**, описывает распределение материала в проектной области с помощью скалярного поля плотности. SIMP, представляющий из себя простой подход, находит широкое применение в инженерной практике. Данный метод сначала оптимизирует распределение плотности объекта, а затем преобразует эту плотность в традиционную ячеистую структуру. Метод основан на введении **псевдоплотности** для каждого конечного элемента модели, где $\rho = 1$ соответствует сплошному материалу, а $\rho = 0$ – пустоте.

Модифицированный подход SIMP определяется следующей формулой:

$$E_{(p_{ij})} = E_{min} + p_{ij}(E_0 - E_{min})$$

где $E_{(p_{ij})}$ – модуль Юнга элемента, E_0 – модуль Юнга твёрдого материала, E_{min} – модуль Юнга заменяющего материала, а p_{ij} – относительная плотность конечного элемент.

Существенной проблемой SIMP является существование так называемой «Серой зоны» (промежуточные плотности). SIMP часто выдает элементы с плотностью 0,3–0,7 (ни материал, ни пустота). Так же присутствуют достаточно резкие переходы между ячейками, что усложняют печать и создают концентраторы напряжений. Метод не учитывает минимальную толщину стенок, допустимую для конкретного принтера.

Метод гомогенизации основан на принципах микромеханики, представляя проектируемую область как композитный материал с периодической микроструктурой, содержащей мелкие отверстия. В процессе оптимизации зоны с малыми отверстиями

заполняются материалом, а участки с крупными пустотами сохраняются. Сечения элементов подбираются так, чтобы выдерживать приложенные нагрузки, а элементы с пренебрежимо малыми сечениями исключаются, формируя итоговую решетчатую структуру. В настоящее время этот метод активно применяется для увеличения жесткости проектируемых областей.

Существенными проблемами гомогенизации можно считать разность прогнозируемого результата и получаемого. Предполагается, что микроструктура идеально повторяется, но в реальности возможны дефекты. К тому же данный метод не применим к нерегулярным структурам. Возникают неточности, если рассчитывается сильно анизотропный материал. А если элементарная ячейка меньше разрешения принтера, модель придется масштабировать.

Таблица 1.

Сравнение методов оптимизации топологии решётчатых структур

Критерий	Многомасштабная оптимизация решёток	Level-Set	Гомогенизация	SIMP
Принцип работы	Оптимизация на макро- и микроуровне	Эволюция границ	Усреднение свойств ячеек	Распределение псевдоплотности
Учет микроструктуры	Да	Только границы	Да	Только плотность
Гибкость проектирования	Анизотропия, градиенты свойств	Четкие границы, контроль топологии	Анизотропия, нестандартные свойства	Изотропный материал
Масштаб	Макро- и Микроуровень	Многоуровневое моделирование	Многоуровневое моделирование	Только макроуровень
Границы	Зависит от типа ячейки	Четкие	Зависит от RVE	Размытые с серой зоной
Скорость исполнения	Медленная	Средняя	Медленная (2-уровневая задача)	Быстрая
Вычислительная сложность	Высокая	Средняя, требует перестройки сетки	Высокая	Низкая
Устранение артефактов	Автоматически	Четкие границы	Автоматически	Требует фильтрации
Применение	Авиационные панели	Сложные решетки, биомедицинские имплантаты, аэрокосмические детали	Решётки, мета, композиты	Простые конструкции

Метод Level-Set (метод уровня множества) – это подход к топологической оптимизации, который использует неявное представление границ структуры через функцию уровня. Level-Set представляет собой класс методов оптимизации топологии, которые позволяют точно определять границу структуры, в отличие от методов, основанных на плотности. Мощный инструмент для оптимизации решетчатых конструкций, особенно когда важны точность границ и контроль топологии.

Функция $\phi(x)$ задается так, что:

$\phi(x) = 0$ – граница решетки,

$\phi(x) > 0$ – материал (стенки решетки),

$\phi(x) < 0$ – пустота (поры или каналы).

Уравнение эволюции Level-Set:

$$\partial t / \partial \phi + F |\nabla \phi| = 0.$$

Однако он требует больших вычислительных ресурсов по сравнению с SIMP и менее удобен для задач с микроструктурной оптимизацией, где предпочтительна гомогенизация. Для лучших результатов его можно комбинировать с другими методами (например, задавая начальную топологию через SIMP).

Современным подходом к проектированию решетчатых конструкций, объединяющий оптимизацию на макроуровне (геометрия конструкции) и микроуровне (архитектура ячейки) для достижения заданных механических, тепловых или мультифизических свойств, можно назвать метод многомасштабной топологической оптимизации. Одной из основных целей оптимизации многомасштабной топологии является ускорение процесса оптимизации структур с высоким разрешением. Многомасштабная топологическая оптимизация также используется для проектирования двухфазных микроструктур и функционально-градиентных материалов.

Многомасштабная оптимизация требует больших ресурсов для одновременного учета двух уровней. При этом данный метод сложно применить для некоторых методов аддитивной печати.

Заключение: существует множество методов оптимизации топологии решётчатых структур. Несмотря на имеющиеся преимущества и недостатки у каждого метода, выбор всегда обусловлен конкретной выполняемой задачей. Методы вроде многомасштабной оптимизации решёток или гомогенизации требуют больших расчетов и памяти компьютера. В последнее время все чаще используют методы многомасштабной оптимизации, являющиеся в своей сути гибридом других методов. На рынке предоставлено достаточное количество программ для использования того или иного метода.

Библиографический список:

1. Abou-Ali, A. M., Al-Ketan, O., Lee, D.-W., Rowshan, R., & Abu Al-Rub, R. K. (2020). Mechanical behavior of polymeric selective laser sintered ligament and sheet based lattices of triply periodic minimal surface architectures. *Materials & Design*, 196, 109100.
2. Song, G.-H., Jing, S.-K., Zhao, F.-L., Wang, Y.-D., Xing, H., & Zhou, J.-T. (2017). Design Optimization of Irregular Cellular Structure for Additive Manufacturing. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 30(5), 1184–1192. doi:10.1007/s10033-017-0168-3
3. Zhang, J., Sato, Y., & Yanagimoto, J. (2021). Homogenization-based topology optimization integrated with elastically isotropic lattices for additive manufacturing of ultralight and ultrastiff structures. *CIRP Annals*, 70(1), 111–114.
4. Hoang, V.-N., Tran, P., Vu, V.-T., & Nguyen-Xuan, H. (2020). Design of lattice structures with direct multiscale topology optimization. *Composite Structures*, 112718.
5. Tao, W., & Leu, M. C. (2016). Design of lattice structure for additive manufacturing. 2016 International Symposium on Flexible Automation (ISFA). 10.1109/isfa.2016.7790182.

ПОВЫШЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УРОВНЯ РЕГИОНОВ НА ОСНОВЕ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА

Попов М.С.

Научный руководитель: Попов Д.В. – к.э.н., доцент

Кафедра экономики и управления предприятием МГТУ «СТАНКИН»

Согласно исследованиям ученых Белгородского государственного аграрного университета, технологическое развитие регионов во время нестабильной экономики

напрямую связано с инновациями. Обеспечения высоких показателей социально-экономического развития региона возможно лишь при условии развития собственного производства, которое, в свою очередь, напрямую зависит от внедрения инноваций в процесс технологических разработок. Данный процесс достигается за счет повышения инновационной активности в первую очередь населения региона и далее ведет к устойчивому развитию. Очевидно, что наибольший инновационный потенциал содержат регионы с большой долей молодого населения, высоким уровнем системы образования, а также немалую роль играет географическое, социально-политическое и экономическое местоположение субъекта.

В первую очередь, проведем исследование регионов. Для этого оценим следующие показатели, отражающие их уровень развития:

- **ВРП на душу населения** – отражает реальную экономическую «емкость» региона, объем созданной добавочной стоимости, приходящейся на одного жителя. Используется в расчетах стратегий Министерства экономического развития Российской Федерации, а также в Национальных проектах России.
- **Доля молодого населения** – отражает потенциал воспроизводства рабочей силы, доли будущих новаторов и технологических предпринимателей. Показатель входит в расчеты Института демографии НИУ ВШЭ и учитывается в исследованиях Федерального проекта «Молодежь России».
- **Качество социальной сферы** – Индекс, который напрямую определяет человеческий капитал и привлекательность жизни. Рассчитывается ежегодно центром экономических исследований «РИА-Аналитика», методика охватывает 14 блоков, в которых суммарно 70 показателей, результаты регулярно цитируются правительством и публикуются в СМИ.
- **Уровень развития инфраструктуры** – инфраструктурные ограничения есть «бутылочное горлышко для инвестиций и инноваций». Минстрой с 2018 года ведет Индекс качества городской среды (ИКГС) напрямую привязан к национальному проекту «Инфраструктура для жизни» и применяется для формирования плана бюджетного финансирования.

Таким образом, указанные выше показатели в сумме помогают дать оценку инновационного потенциала региона.

Найдем паттерны в статистике и разделим регионы на 3 типа: развитые, развивающиеся и отстающие.

Более половины регионов являются развивающимися, меньшая часть – развитые и около четверти – отстающие. Необходима работа именно с отстающими регионами, т.к. они имеют наивысший потенциал роста за счет инноваций.

Среди их числа найдем целевой регион, наиболее удачный для внедрения цифровой трансформации. Поиск произведем по критериям социального и промышленного уровней.

Для социального:

- **Доступность и качество образования** – доступность образования ключевой момент для формирования образованного населения.
- **Уровень здравоохранения** – продуктивность и качество труда напрямую зависит от здоровья населения.
- **Доля молодого населения** – молодое население активнее участвует во внедрении и использовании инновационных систем.
- **Уровень благосостояния населения** – для привлечения частных предпринимателей важно обеспечить спрос на их товары и услуги.
- **Степень износа социальной инфраструктуры** – внедрение проекта развития подразумевает капитальное обслуживание всей социальной инфраструктуры. Соответственно, регионы, в которых капитальный ремонт не проводился долгое время приоритетнее, за счет большей окупаемости новейших решений.

Для промышленного:

- **Экономическая база** – у региона должна быть точка опоры, за счет которой можно начать внедрять инновационные технологии.
- **Степень образованности населения** – без высоко классифицированных специалистов высокотехнологичные предприятия невозможно организовать и обеспечить их работоспособность.
- **Трудовая занятость населения** – уровень занятости показывает кадровый резерв. В то же время, высокий уровень безработицы может быть негативным сигналом о конъюнктуре локальных особенностей региона.
- **Экономическое расположение региона** – транспортная связанность и близость к рынкам сбыта, сырью напрямую влияет на экономическую выгоду от реализации инновационного проекта.
- **Уровень развития промышленной инфраструктуры региона** – своеобразный скелет, который поможет провести инновационную трансформацию быстрее и эффективнее.

Несмотря на популярность традиционных инструментов поддержки инноваций: бизнес-инкубаторов, акселераторов и грантовых программ, – их эффективность доказана прежде всего в крупных агломерациях, где уже присутствуют передовые производства и венчурный капитал. В отстающих регионах подобная инфраструктура либо слабо развита, либо отсутствует вовсе, поэтому воспроизведение указанных моделей там не даёт сопоставимого эффекта. Соответственно, для них предлагается изменить подход к внедрению инноваций. Включим в инструментарий повышения инновационного потенциала финансово-экономические инструменты, инвестиционные и инфраструктурные меры, социально-образовательные и кадровые программы, но основной упор сделаем на развитие концепции «умный город», вместо традиционных инструментов.

«Умный город» – территория, где ключевые городские системы: ЖКХ, транспорт, безопасность, здравоохранение, образование связаны посредством модульной IoT-платформой в единую городскую инфраструктуру. Все данные, начиная от счетчиков и заканчивая автомобильным трафиком, мгновенно передаются в «облако», а ИИ мгновенно их анализирует и принимает управленческие решения (рис. 1).



Рис. 1. Критерии умности города и их взаимосвязь со способностью населения к внедрению инноваций

«Умный город» трансформирует структуру управления. Он функционирует согласно ГОСТ ИСО 9001-2015, ГОСТ ИСО 14001-2016, ГОСТ ИСО 45001-2020, что означает внедрение полной, где это возможно, и частичной, где это необходимо, автоматизации. Цифровые двойники объектов, алгоритмы предиктивного обслуживания и смарт-контракты заменяют многоуровневую бюрократию, оставляя человеку роль стратегического модератора. Такая структура ускоряет цикл «данные → решение → действие». Достижение результатов фиксируется, например, по индикаторам:

- Сокращение времени оказания муниципальных услуг ≥ 50 %;
- Снижение коммунальных потерь энергии и воды на 15–30 %;
- Уменьшение нагрузки на транспортную инфраструктуру на 30–40 %.

Такая автоматизация приводит к повышению инновационности населения за счет автоматизации жизни, и сокращению роли человека в рутинных задачах, что как следствие освободит время и энергию для творческой деятельности, которая и приведет к появлению инноваций. Таким образом, «умный город», сначала генерирует социально-экономический эффект, а затем за счет повышения инновационности населения, превращает отстающий регион в точку роста.

Данный механизм предлагается применять для целевого отстающего региона, соответствующего критериям, путем следующих шагов:

- 1. Привлечение высокотехнологического бизнеса.** Цель: создать благоприятную среду для притока высокотехнологичных компаний. Это станет базой для дальнейшего развития региона.
- 2. Анализ локальных особенностей региона.** Цель: выявить социальные особенности населения региона. Адаптировать стратегию развития инновационных решений с учетом местных ценностей.
- 3. Создание и трансформация предприятий.** Цель: построить новые и модернизировать существующие предприятия. Обеспечить самодостаточность региона за счет производства.
- 4. Обустройство инфраструктуры.** Цель: создать социально-промышленную инфраструктуру и обновить существующие объекты согласно нормам «умного города». Это позволит поддерживать функционирование высокотехнологичных предприятий и остановит миграцию из региона.

В итоге проект генерирует следующие экономические и социальные эффекты:

- Экономия ресурсов за счет создания умных городов;
- Модернизация инфраструктуры за счет сектора бизнеса;
- Повышение уровня жизни граждан;
- Повышение инновационности населения;
- Повышение локализации развитых производственных компаний, в том числе международных;
- Остановка внутренней миграции;
- Создание спроса на высокотехнологичные компоненты умного города;
- Повышение престижа страны на международном уровне.

Библиографический список:

1. Федеральная служба государственной статистики Росстат – электрон. ресурс. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 31.03.2025).
2. Петиченко А.В. Устойчивое развитие – пути и методы построения // Management. – 2022. – № 1. – С. 46–54.
3. D.P. Kravchenko, N.I. Chovgan, O.S. Akupiyana, N.V. Bobrysheva, and A.P. Breslavets // Innovative and technological development of the regions during the period of economic instability – 2024.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ШАБЛОНОВ МЕТОДИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

Порядин В.С.

Научный руководитель: Новосёлова О. В. – к.т.н., доцент

*Кафедра информационных технологий и вычислительных систем
МГТУ «СТАНКИН»*

Формирование рабочих программ дисциплин (РПД) и фондов оценочных средств (ФОС) является обязательной частью методической деятельности высших учебных заведений. Эти документы определяют содержание дисциплин, методы преподавания и критерии оценки знаний, соответствуя требованиям федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС). Однако ручное создание РПД и ФОС сопряжено с рядом проблем: высокой трудоёмкостью, склонностью к ошибкам, сложностью обновления при изменениях и неравномерным качеством документов из-за человеческого фактора. При большом количестве дисциплин, формирование документов создаёт значительную нагрузку на методический отдел.

Целью исследования является повышение эффективности работы сотрудников методического отдела и преподавателей за счёт разработки автоматизированной системы формирования шаблонов РПД и ФОС. Задачи включают анализ текущих процессов, сравнительный анализ существующих решений, проектирование и реализацию системы, а также её апробацию. Актуальность работы обусловлена необходимостью оптимизации рутинных процессов в условиях динамично развивающейся системы высшего образования России, где регулярные изменения ФГОС требуют оперативной корректировки документации.

Для оценки текущих решений был проведён сравнительный анализ шести аналогов, решающих задачи автоматизации формирования РПД и ФОС: образовательная платформа «Юрайт», ПО «РПД» (пакет «ПЛАНЫ»), «1С:Университет ПРОФ», FillDocuments, макросы VBA и «Комбинатор». Критерии анализа включали уровень автоматизации, простоту внедрения, интеграцию с системами вуза, соответствие ФГОС, настраиваемость шаблонов и затраты на внедрение. Весовые коэффициенты (от 0.1 до 0.6) отражали приоритетность критериев с точки зрения целей исследования.

«Юрайт» предлагает облачные шаблоны РПД, основанные на учебниках платформы, но ограничена слабой интеграцией с системами вуза (оценка 3/9) и низкой настраиваемостью шаблонов (3/9).

ПО «РПД» обеспечивает высокую автоматизацию (8/9) и соответствие ФГОС (9/9), но требует сложного внедрения (2/9) и значительных затрат.

«1С:Университет ПРОФ» демонстрирует высокий уровень автоматизации (9/9) и интеграции (8/9), но его внедрение дорого и требует специалистов по 1С (1/9).

FillDocuments и макросы VBA просты в использовании (8/9 и 6/9), но не учитывают специфику образовательных процессов (1–2/9) и требуют ручной настройки.

«Комбинатор» поддерживает сложные шаблоны, но не ориентирован на образовательные стандарты, что ограничивает его применимость.

Анализ показал, что существующие решения либо требуют значительных затрат и сложного внедрения («1С», ПО «РПД»), либо недостаточно гибки и не полностью соответствуют требованиям ФГОС («Юрайт», FillDocuments). Это обосновывает необходимость разработки новой системы, сочетающей высокую автоматизацию, простоту внедрения и гибкость обработки данных.

Разработанная автоматизированная система предназначена для формирования шаблонов РПД, ФОС, программ практик и государственной итоговой аттестации (ГИА). Она реализована как кроссплатформенное десктопное приложение на языке C# с использованием платформы .NET, фреймворка Avalonia UI для интерфейса, библиотек Open XML SDK и

ClosedXML для работы с документами Word и Excel, а также NPOI для поддержки устаревших форматов. Теоретической основой разработки послужили методы объектно-ориентированного проектирования и теория множеств, использованная для формализации связей между дисциплинами, компетенциями и учебными планами.

Разработанная система использует регулярные выражения и поиск по ключевым словам для извлечения данных из документов с вариативной структурой, что устраняет зависимость от строгих форматов, характерную для «Юрайт» или FillDocuments.

Благодаря Open XML SDK система работает с документами Word без установки Microsoft Office, что снижает зависимость от окружения.

Трёхслойная структура (интерфейс, бизнес-логика, данные) и внешние шаблоны Word обеспечивают простоту адаптации к изменениям ФГОС, в отличие от жёстко закодированных шаблонов в «Комбинаторе».

Система состоит из трёх слоёв:

- Слой интерфейса (MainWindow, Avalonia UI) позволяет пользователю выбирать входные файлы (учебный план в .xlsx, список и матрицу компетенций в .docx), загружать данные, проверять их соответствие и формировать документы.
- Слой бизнес-логики (классы Dwp, Fos) отвечает за заполнение шаблонов данными, извлечёнными из документов.
- Слой данных (класс Section) извлекает информацию, используя словари для кэширования и минимизации обращений к файлам.

Ключевые функции включают:

- Автоматическое извлечение данных о дисциплинах, часах, компетенциях и их связях.
- Проверку соответствия данных (например, наличие дисциплин в матрице компетенций).
- Формирование унифицированных шаблонов РПД и ФОС с учётом типа дисциплины (обычная, практика, ГИА).

Процесс формирования РПД и ФОС формализован с использованием теории множеств. Дисциплины, компетенции и их связи представлены как множества.

$$D = \{d1, d2, \dots, dn\} \text{ – множество дисциплин.}$$

$$C = \{c1, c2, \dots, cm\} \text{ – множество компетенций.}$$

$$R \subseteq D \times C \text{ – отношение, связывающее дисциплины с компетенциями.}$$

Рабочую программу к-й дисциплины и ФОС к-й дисциплины можно описать следующим образом (1) и (2).

$$Prog_k^{ij} \rightarrow (V(General_k^{ij}), K_k^{ij}) \quad (1)$$

$$FOS_k^{ij} = (OS_k^{ij}, K_k^{ij}, Crit_k^{ij}) \quad (2)$$

Система была апробирована в методическом отделе МГТУ «СТАНКИН» на реальных данных: учебный план (5 шт.) в среднем на 60 дисциплин, списки компетенций и матрицы компетенций по разным направлениям подготовки. Тестирование проводилось на ПК с процессором 2 ГГц, 4 ГБ ОЗУ под Windows 10. Основные результаты:

Время обработки: Загрузка данных из документов занимала менее 10 секунд, формирование одного шаблона РПД или ФОС – около 2 секунды.

Сокращение времени: по сравнению с ручным процессом, автоматизация сократила время примерно на 30 %.

Качество документов: Проверка соответствия позволила устранить до 60 % ошибок, связанных с несоответствием данных (например, отсутствие дисциплины в матрице компетенций).

Удобство использования: Интерфейс (рис. 1) получил положительные отзывы от сотрудников за интуитивность и минимальное количество действий.

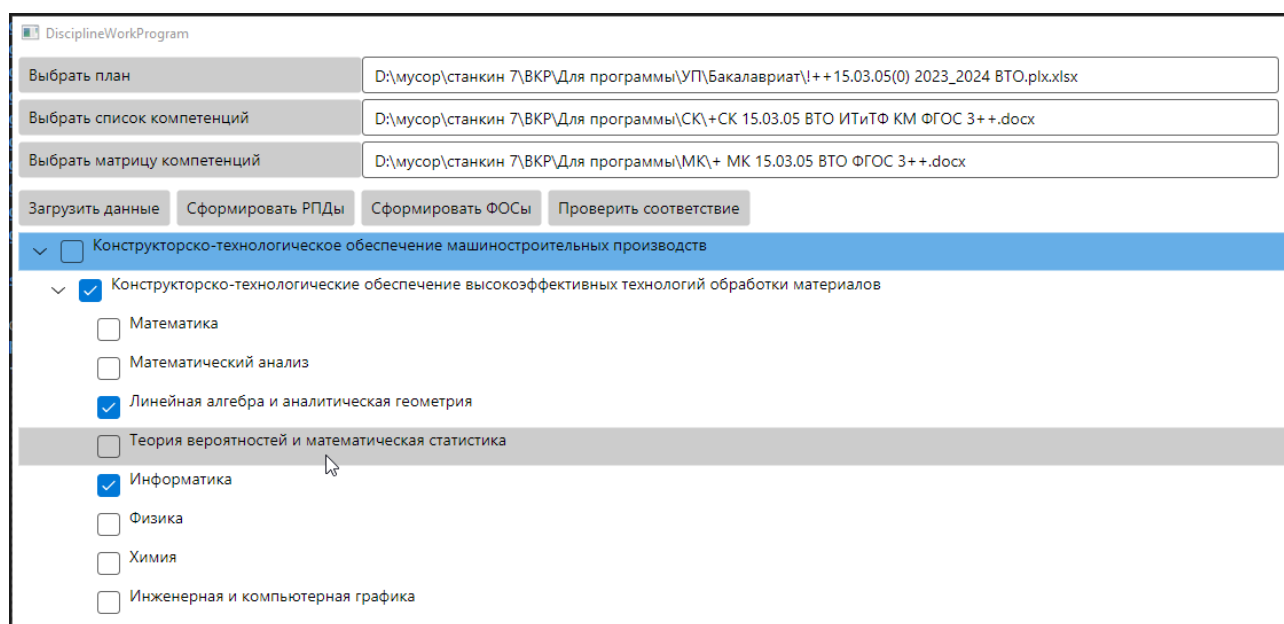


Рис. 1. Главное окно приложения

Система успешно формировала шаблоны РПД, ФОС, программ практик и ГИА, полностью соответствующие стандартам МГТУ «СТАНКИН» и ФГОС. Выходные документы сохранялись в директориях *dwp/*, *fos/*, *prac/* и *vktr/*, готовые для дальнейшей обработки.

Разработанная автоматизированная система эффективно решает задачу формирования шаблонов РПД и ФОС, демонстрируя следующие преимущества: сокращение времени подготовки документов на 30% за счёт автоматизации рутинных операций; высокая гибкость обработки данных благодаря регулярным выражениям и поиску, по ключевым словам; кроссплатформенность и независимость от Microsoft Office, что снижает затраты на внедрение; модульная архитектура и внешние шаблоны, упрощающие адаптацию к изменениям ФГОС.

Оригинальность решения заключается в сочетании кроссплатформенности, гибкой обработки данных и независимости от проприетарного ПО, что отличает систему от аналогов, таких как «1С» или «Юрайт». Математическое моделирование на основе теории множеств обеспечило строгую формализацию процессов, а апробация подтвердила эффективность применения и практическую значимость разработанной системы.

Библиографический список:

1. Шет, Х. Влияние автоматизации на эффективность и точность бизнес-процессов. *ICONIC RESEARCH AND ENGINEERING JOURNALS*. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.irejournals.com/formatedpaper/1702757.pdf> (дата обращения: 12.02.2025). ISSN: 2456-8880.
2. Верещагин Н.К., Шень А. НАЧАЛА ТЕОРИИ МНОЖЕСТВ. Лекции по математической логике и теории алгоритмов, 2012, Москва, Издательство МЦНМО, ISBN 978-5-4439-0012-4.
3. Язовский Д.М. Разработка автоматизированной системы для формирования и заполнения шаблонов рабочей программы дисциплины // Материалы студенческой научно-практической конференции «Автоматизация и информационные технологии (АИТ-2022)». Том 2: Сборник докладов института информационных технологий. – М.: ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2022 – С. 92.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА НАБОРА КОМАНД ОБРАБОТКИ ФАСОК И СОПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ СЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛ»

Родин А.М.

Научный руководитель: Евстафиева С.В – ст. преподаватель

Кафедра компьютерные системы управления МГТУ «СТАНКИН»

Одно из основных направлений развития систем ЧПУ – расширение функциональных возможностей программирования отдельных элементов контура. На данный момент в СЧПУ «АксиОМА Контрол» отсутствует возможность сопряжения прямых или окружностей с помощью команд скругления или фаски. Для описания сложных контуров, включающих в себя сопряжения, фаски, требуется использовать дополнительные программы, такие как САД-системы для нахождения точных значений центров окружности и точек сопряжения.

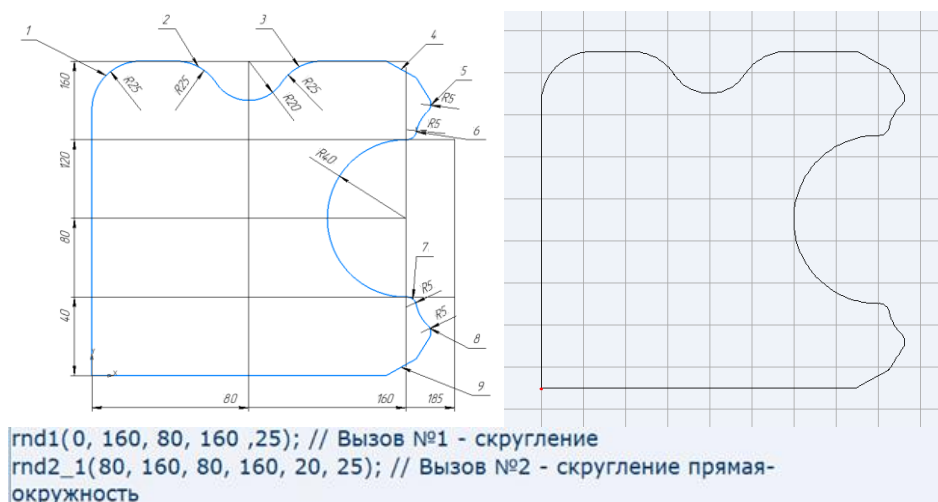


Рис. 1. Пример обработки со всеми видами сопряжений и результат выполнения программы

Был проведен анализ существующих решений в других системах ЧПУ, как отечественных, так и зарубежных. На основе полученных данных выявлено, что все СЧПУ, представленные на рынке, обладают тем или иным набором команд для описания контуров, включающих фаски и скругления. По итогу проведенного исследования была составлена сравнительная таблица, описывающая методы вызова команды / функции, а также ее модальность и возможность использования с включенной коррекцией на радиус инструмента.

Был разработан алгоритм работы сопряжения в общем виде (рис. 2). Алгоритм представляет собой последовательность действий, которые необходимо выполнить циклу при каждом его вызове, вне зависимости от типа сопряжения. Для каждого вида скругления или фаски расчёт точек касания производится отдельным разработанным методом.

Для реализации команды построения сопряжения/фаски необходимо заранее знать 3 параметра: координаты входа в сопряжение первого перемещения, координаты выхода из сопряжения и радиус скругления, либо длину фаски.

Реализация функции сопряжения/фаски сводится к задаче расчёта и нахождения координат точек пересечения, каждая из которых принадлежит траектории изначального перемещения и планируемого сопряжения/фаски одновременно. Так, например, для расчёта координат точки центра скругления при сопряжении прямая-окружность системе ЧПУ необходимо решить систему уравнений, включающую в себя уравнение прямой и окружности в общем виде:

$$\begin{cases} AX_{dc} + BY_{dc} + C_{new} = 0 \\ (X_{dc} - X_c)^2 + (Y_{dc} - Y_c)^2 = (R_1 + R_2)^2 \end{cases}$$

После вызова каждой из функций производится расчёт всех дополнительных и переходных параметров. В зависимости от типа сопряжения может определяться как коэффициенты наклона фаски, так и вариант круговой интерполяции с центром расчётной окружности. Программа самостоятельно учитывает исключения, свойственные тригонометрическим функциям и производит расчёты с поправкой на них.

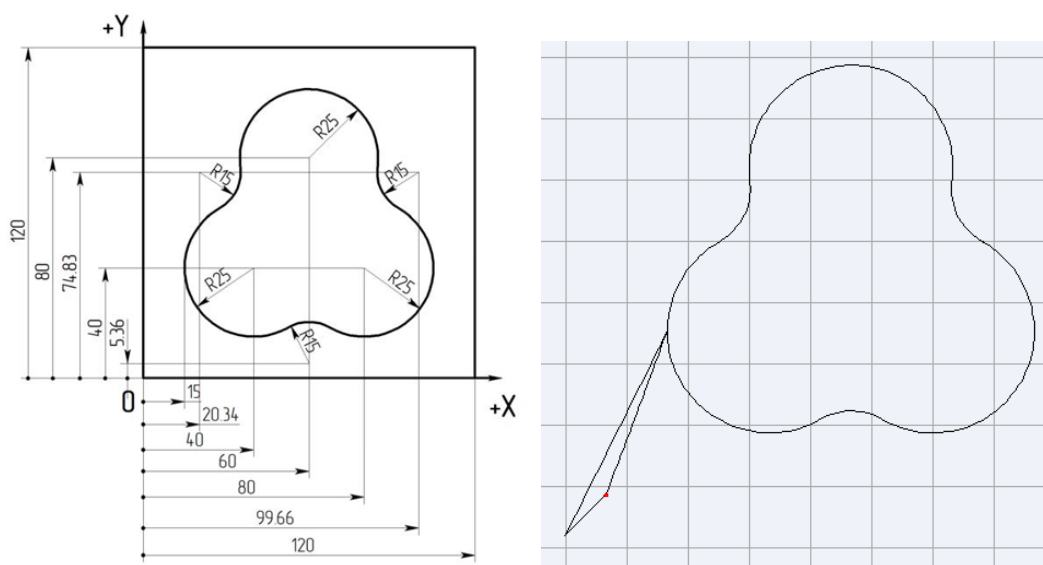


Рис. 4. Пример обхода контура детали с использованием функции скругления двух окружностей

Разработанные команды позволяют существенно упростить описание контура в СЧПУ «АксиОМА Контрол», уменьшить количество ошибок, связанных с расчетами точек перехода различных типов траекторий, ускорить процесс разработки УП.

Библиографический список

1. Мартинов, Г.М. Автоматизация технологических процессов в машиностроении: учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / Г.М. Мартинов, Л.И. Мартинова, Р.Л. Пушков. – М.: МГТУ «СТАНКИН», 2011. – 200 с.

РАЗРАБОТКА ЛИЧНОГО КАБИНЕТА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «МЕТРО МОСКВЫ»

Русинович А.С.

Научный руководитель: Рожкова О.А. – ст. преподаватель

***Кафедра информационных технологий и вычислительных систем
МГТУ «СТАНКИН»***

В условиях быстрого роста городской инфраструктуры и мобильности населения разработка удобных и функциональных мобильных приложений становится ключевым элементом повышения качества жизни.

Метро Москвы – одна из самых загруженных транспортных систем в мире, и внедрение личного кабинета в мобильном приложении упростит доступ пассажиров к различным сервисам [1]. Личный кабинет позволит пользователям управлять транспортными картами, отслеживать поездки, а также быстро получать помощь через чат-бота в случае сбоев в работе московского метрополитена, что повысит удобство и снизит нагрузку на службы поддержки.

Основными целями разработки личного кабинета пользователя в приложении Метро Москвы:

- **Упрощение процесса управления транспортными картами и другими сервисами оплаты проезда в московском транспорте:**
Пользователи получили возможность быстро и легко просматривать баланс карт, пополнять их, привязывать новые карты и управлять уже существующими – всё это доступно в несколько касаний без необходимости обращаться в кассы или терминалы.
- **Предоставление пользователю альтернативных способов оплаты проезда:**
Помимо стандартных транспортных карт, в приложении появилась возможность оплаты через банковские карты, «Виртуальную Тройку» и СБП, что сделало проезд более доступным и гибким для разных категорий пользователей.
- **Предоставление пользователю статистики по пользованию московским транспортом в формате «сторис»:**
Персонализированные визуальные отчёты о поездках, построенные в формате коротких интерактивных историй, помогают пользователю лучше понимать, как он использует транспорт, видеть интересную аналитику, а также отмечать личные рекорды и достижения.
- **Возможность обращения к чат-боту для получения помощи:**
Интеграция чат-бота позволила ускорить процесс получения ответов на вопросы, связанные с использованием транспортных сервисов. Бот помогает в режиме реального времени найти нужную информацию, оформить обращение в службу поддержки или подсказать, как решить распространённые проблемы без ожидания ответа оператора.

Личный кабинет разделен на несколько крупных разделов, каждый из которых решает свою определенную задачу:

Раздел платежных средств. Основная задача данного раздела - упростить управление транспортными картами. Любые действия с «Тройкой» или другими транспортными картами должны занимать минимальное количество времени и быть максимально понятны. Теперь все привязанные платежные средства расположены на главной странице личного кабинета. Для каждого из них указывается изображение, название, баланс, список приобретенных билетов, функция сканирования QR, для средств, которые его поддерживают и другая дополнительная информация, например, оповещение о незаписанных пополнениях на транспортной карте. В результате пользователь получает быстрый доступ ко всей необходимой информации и функциям, связанным с его транспортными картами, без лишней навигации по разделам. Это значительно упрощает повседневное взаимодействие и делает управление транспортными средствами максимально удобным и интуитивно понятным.

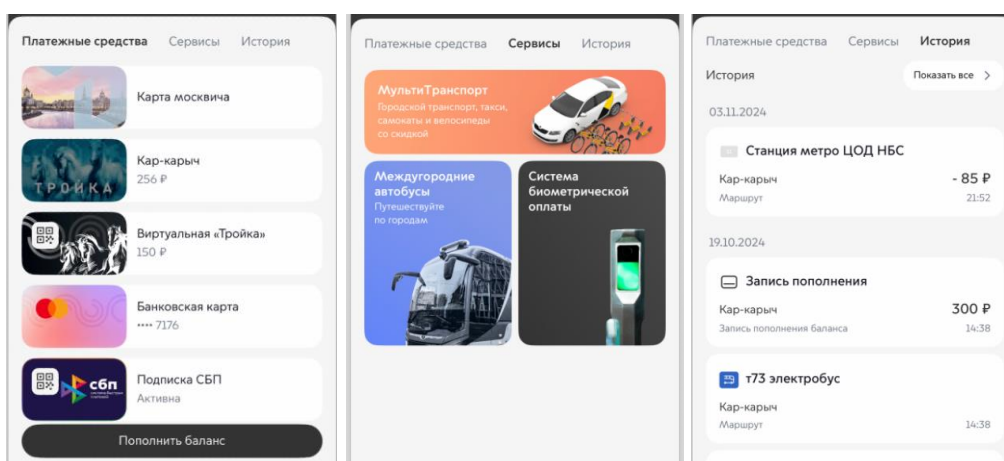


Рис. 1. Раздел платежных средств, сервисов и истории

Раздел Сервисов. Основная задача данного раздела – расширить способы оплаты. Здесь были интегрированы альтернативные методы, такие как оплата по биометрии и сервис «МультиТранспорт», чтобы предоставить пассажирам больше возможностей для комфортного передвижения по городу, а также возможность приобрести билеты на междугородние автобусы.

Раздел истории проходов и операций. В данном разделе расположен список недавних проходов и операций. Для каждого элемента отображается иконка, название, связанное платежное средство, тип операции, сумма списания или пополнения и время. Все элементы группируются в блоки по дате. Перейти к полной истории можно по нажатию на кнопку «Показать все» или долистав до последнего элемента. По нажатию на элемент истории пользователю откроется детальный экран.

Раздел сторис. В этом разделе пользователь может в лёгкой, интерактивной форме увидеть свой самый частый маршрут, общее количество поездок за месяц, сколько дней он пользовался транспортом, на каких станциях заходил в метро и сколько времени уже пользуется картой «Тройка». Каждый элемент имеет заголовок, который отображает краткую информацию и изображение на заднем фоне. У сторис, которые пользователь еще не просмотрел, для удобства добавлена белая рамка, чтобы сделать на них акцент. При нажатии на элемент открывается экран с изображением, на котором расположено описание по конкретной статистике. Для перехода к следующему и предыдущему элементам достаточно нажать на правый или левый край экрана соответственно.



Рис. 4. Раздел сторис

Раздел чат-бота. Основная задача – обеспечить быструю и удобную поддержку. В ситуациях, когда что-то пошло не так – будь то сбой в оплате, ошибка в отображении прохода или техническая неисправность – пользователю важна оперативная помощь. Вместо того чтобы искать номер горячей линии, писать письма или переходить на другие сайты, помощь должна быть встроена прямо в личный кабинет, доступна в один клик и максимально понятна. Для перехода в раздел необходимо нажать на кнопку в правом верхнем углу экрана в виде иконки сообщения. В данном разделе пользователю отображается диалог и его история с виртуальным ассистентом по имени «Александра». Пользователь может задать вопросы, связанные с сервисами и правилами Московского метрополитена.

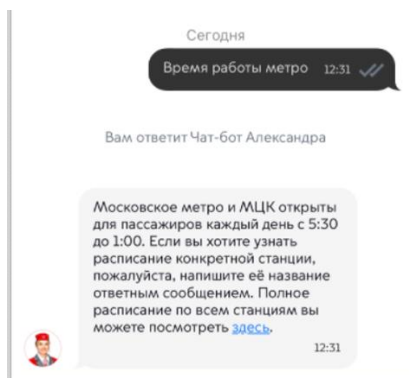


Рис. 5. Раздел чат-бот

Разработка личного кабинета для мобильного приложения «Метро Москвы» стала важным этапом в цифровой трансформации городского транспорта, отвечая на вызовы стремительного роста инфраструктуры и мобильности населения. Внедрение личного кабинета позволило создать единое пространство, где собраны все ключевые сервисы – от управления транспортными картами до получения помощи в режиме реального времени.

Каждый раздел личного кабинета решает свою отдельную задачу, делая процесс взаимодействия с транспортной системой Москвы более простым, удобным и прозрачным. Пользователи получили интуитивно понятные инструменты для управления своими картами и платежами, доступ к детальной статистике поездок в формате «сторис», новые способы оплаты и мгновенную поддержку через чат-бота. Всё это позволяет экономить время, избегать лишних обращений в службы поддержки и быстрее решать возникающие вопросы.

Благодаря комплексному подходу к проектированию личного кабинета удалось значительно повысить уровень пользовательской удовлетворённости, оптимизировать процессы обслуживания пассажиров и заложить основу для дальнейшего развития интеллектуальных транспортных сервисов. Личный кабинет стал не просто дополнительной функцией приложения, а важным элементом формирования комфортной городской среды, где каждый пользователь может получить максимум возможностей буквально в несколько касаний.

Библиографический список:

1. Приложение «Метро Москвы». [Электронный ресурс] <https://mosmetro.ru/news/details/1189>.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ФАЗОВОГО СПЕКТРА КОНТАКТНОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА (ИКПВ-К)

Сомов А.А.

Научный руководитель: Забелин А.В. – ст. преподаватель

***Кафедра измерительных информационных систем и технологий
МГТУ «СТАНКИН»***

Компьютеризированный интерферометр Уверского (ИКПВ-К) позволяет измерять концевые меры длины с погрешностью $\pm 0,06$ мкм (относительный метод). Для увеличения диапазона измерения ИКПВ-К необходимо учитывать особенности процесса получения интерференции в белом свете [1]. Соответствующие закономерности можно количественно описать, если достаточно точно построить спектр интерферограммы.

Определить точный спектр интерферограммы в белом свете можно с помощью её точной математической модели. Однако построить такую точную математическую модель невозможно. Поэтому для поиска приближённого решения была использована существующая теоретическая математическая модель. [1] Она была уточнена приближённым выражением следующих параметров:

- средним уровнем яркости B_R ;
- амплитудой (определяется коэффициентом для суммарной интерферограммы B_R , и амплитудой для каждой отдельной длины волны $A_R(\lambda)$);
- разницей длин измерительного и опорного плеч в мкм Δ_L ;
- углом наклона опорного зеркала в радианах ϕ ;
- углом нескомпенсированного клина Φ ;
- сдвигом нескомпенсированного клина в мкм s_0 ;
- коэффициентом преломления стеклянных пластин для каждой отдельной длины волны (приближённо определён формулой Зельмеера) $n(\lambda)$;

- шириной поля зрения в мкм w_μ и шириной поля зрения в пикселях w_p .
Уточнённая математическая модель интерферограммы в белом свете:

$$B_R(x, \Delta_L, \phi) = B_{R_0} + B_{R_1} \int_{\lambda_0}^{\lambda_1} A_R(\lambda) \cos(\delta(x, \Delta_L, \phi) + \pi) d\lambda$$

$$\delta(x, \Delta_L, \phi) = \zeta(\lambda)x + \nu(\lambda)$$

$$\zeta = \frac{2\pi}{\lambda} \left(\operatorname{tg}(\phi) + (n(10^6 \lambda) - 1) \operatorname{tg}(\Phi) \right) \frac{w_\mu}{w_p}$$

$$\nu = \frac{2\pi}{\lambda} \left(\left(\operatorname{tg}(\phi) + (n(10^6 \lambda) - 1) \operatorname{tg}(\Phi) \right) \frac{w_\mu}{2} + \Delta_L + (n(10^6 \lambda) - 1) \operatorname{tg}(\Phi) s_0 \right) + \pi$$

$$n(\lambda) = \sqrt{1 + \frac{B_1 \lambda^2}{\lambda^2 - C_1} + \frac{B_2 \lambda^2}{\lambda^2 - C_2} + \frac{B_3 \lambda^2}{\lambda^2 - C_3}}$$

На основе полученной формулы было определено её точное преобразование Фурье:

$$F_{B_-}(\lambda) = 2\pi B_{R_0} \hat{f}(0) + \pi B_{R_1} \left(\cos(\nu(\lambda)) A_R(\lambda) \frac{1}{\zeta'(\lambda)} + i \sin(\nu(\lambda)) A_R(\lambda) \frac{1}{\zeta'(\lambda)} \right)$$

$$\nu(\lambda) = \zeta(\lambda) + \frac{2\pi}{\lambda} \left(\Delta_L + (n(10^6 \lambda) - 1) \operatorname{tg}(\Phi) s_0 \right) + \pi$$

$$\zeta(\lambda) = \frac{2\pi}{\lambda} \left(\operatorname{tg}(\phi) + (n(10^6 \lambda) - 1) \operatorname{tg}(\Phi) \right) \frac{w_\mu}{w_p}$$

Для сравнения полученной модели с реальной необходимо было получить интерферограмму в белом свете в достаточно высоком разрешении. Поэтому была разработана установка (рис. 1), с помощью которой можно сканировать поле зрения ИКПВ-К со снятыми с объективами интерферометра и видеокамеры. Это позволяет уменьшить aberrации линз, а также увеличить диапазон съёмки поля интерференции.

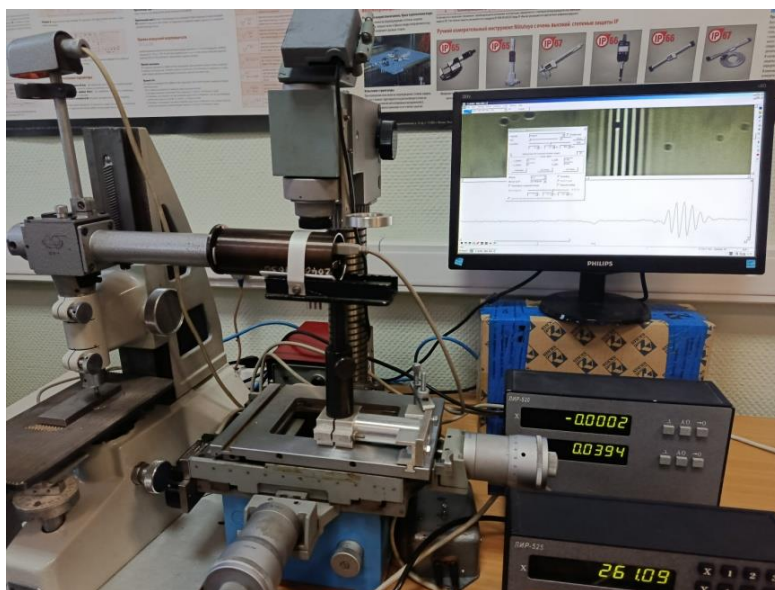


Рис. 1. Экспериментальная установка

Установка позволяет проецировать различные участки поля интерференции на ПЗС-матрицу разрешением 1392x1032 пикселей, и тем самым получать изображение поля зрения

размером 20x20 мм (~5,5x5,5 тыс. пикселей). На снимаемой камерой интерферограмме будет неизбежно появляться шум (фоновое освещение источника света установки, свет внешних источников света, неидеальность форм деталей установки). Уменьшить шум можно с помощью интерполяции кубическими сплайнами значений градаций яркости (сплайны позволяют использовать любое количество промежуточных точек) [2].

Для возможности построения непрерывного преобразования Фурье интерполяция кубическими сплайнами проводилась на основе вычисления коэффициентов и последующем суммировании интерполяционной формулы (в ПО "Mathcad"):

Листинг

$$FT1(a, b, c, d, \alpha, \beta, w) := a \cdot \left[\frac{e^{-i\alpha \cdot w} \cdot (-\alpha^3 \cdot w^3 \cdot i - 3 \cdot \alpha^2 \cdot w^2 + \alpha \cdot w \cdot 6 \cdot i + 6)}{w^4} - \frac{e^{-i\beta \cdot w} \cdot (-\beta^3 \cdot w^3 \cdot i - 3 \cdot \beta^2 \cdot w^2 + \beta \cdot w \cdot 6 \cdot i + 6)}{w^4} \right] +$$

$$b \cdot \left[\frac{e^{-i\alpha \cdot w} \cdot (\alpha^2 \cdot w^2 \cdot i + 2 \cdot \alpha \cdot w - 2 \cdot i)}{w^3} + \frac{e^{-i\beta \cdot w} \cdot (\beta^2 \cdot w^2 \cdot i + 2 \cdot \beta \cdot w - 2 \cdot i)}{w^3} \right] + c \cdot \left[\frac{e^{-i\alpha \cdot w} \cdot (\alpha \cdot w \cdot i + 1)}{w^2} + \frac{e^{-i\beta \cdot w} \cdot (\beta \cdot w \cdot i + 1)}{w^2} \right] + d \cdot i \cdot \left[\frac{e^{-i\alpha \cdot w}}{w} + \frac{e^{-i\beta \cdot w}}{w} \right]$$

```

kcb1 := cspline(mX2, mY1)
kcb1_mX1 := kcb1_mX1+3
mX3 := 1 .. nClnn1 - 1
h_mX3 := mX2_mX3 - mX2_mX3-1
a1_mX3 := (kcb1_mX3 - kcb1_mX3-1) / (6 * h_mX3)
b1_mX3 := (kcb1_mX3-1 * mX2_mX3 - mX2_mX3-1 * kcb1_mX3) / (2 * h_mX3)
c1_mX3 := (mY1_mX3 - (kcb1_mX3 * (h_mX3)^2) / 6) / h_mX3 - (mY1_mX3-1 - (kcb1_mX3-1 * (h_mX3)^2) / 6) / h_mX3 + ((mX2_mX3-1)^2 * kcb1_mX3) / (2 * h_mX3) - (kcb1_mX3-1 * (mX2_mX3)^2) / (2 * h_mX3)
d1_mX3 := (mY1_mX3-1 - (kcb1_mX3-1 * (h_mX3)^2) / 6) * mX2_mX3 / h_mX3 - (mY1_mX3 - (kcb1_mX3 * (h_mX3)^2) / 6) * mX2_mX3-1 / h_mX3 - ((mX2_mX3-1)^3 * kcb1_mX3) / (6 * h_mX3) + (kcb1_mX3-1 * (mX2_mX3)^3) / (6 * h_mX3)
sFT1(f1) := sum(FT1(a1_mX3, b1_mX3, c1_mX3, d1_mX3, mX3 - 1, mX3, f1), mX3)

```

Применение установки увеличило разрешение интерферограммы примерно в 2 раза в сравнении со стандартной версией ИКПВ-К, что позволило уточнить зависимость угла наклона линейной части спектра фаз от положения измерительного наконечника (является безразмерной величиной, выражает условные номера положений) (рис. 2).

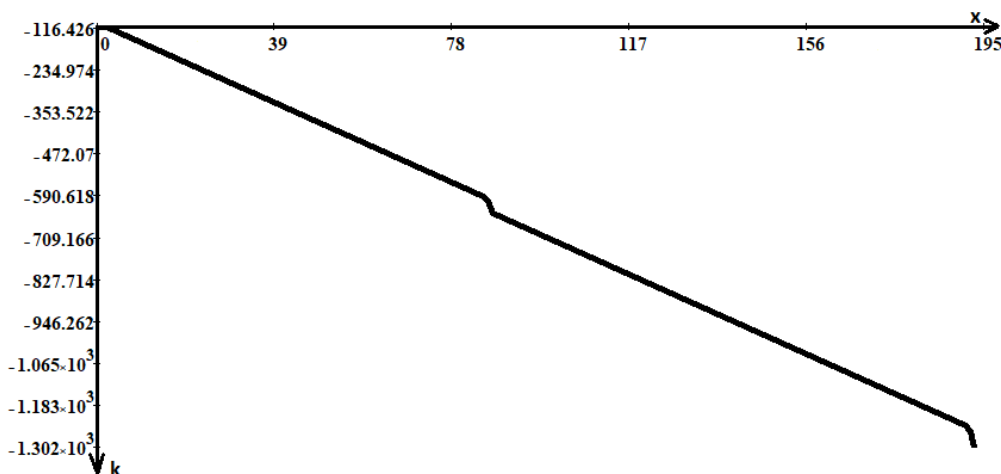


Рис. 2. Зависимость углового коэффициента k линейной части спектра фаз от положения x измерительного наконечника

Целесообразно использовать эту зависимость как основу для алгоритма процедуры вычисления положения ахроматической полосы в режиме измерения с ценой деления 0,2 мкм.

Библиографический список:

1. Интерферометры. Основы инженерной теории, применение / Ю.В. Коломийцов. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1976. – 296 с.
2. Решение задач аппроксимации с помощью персональных компьютеров / В.В. Носач. – М.: МИКАП, 1994. – 382 с.

ОБРАБОТКА МНОГОГРАННЫХ ОТВЕРСТИЙ ПОСРЕДСТВОМ ОБКАТКИ ФИГУР ПОСТОЯННОЙ ШИРИНЫ

Стина М.И.

Научный руководитель: Исаев А.В. – к.т.н., доцент

**Кафедра инструментальной техники и технологии формообразования
МГТУ «СТАНКИН»**

Известен способ обработки многогранных отверстий с помощью станка с ЧПУ, для чего применяют инструмент концевое типа, основанный на фигурах постоянной ширины. Одним из таких инструментов является сверло Уаттса, которое применяется для обработки квадратных отверстий. Чертеж сверла представлен на рис. 1 [1].

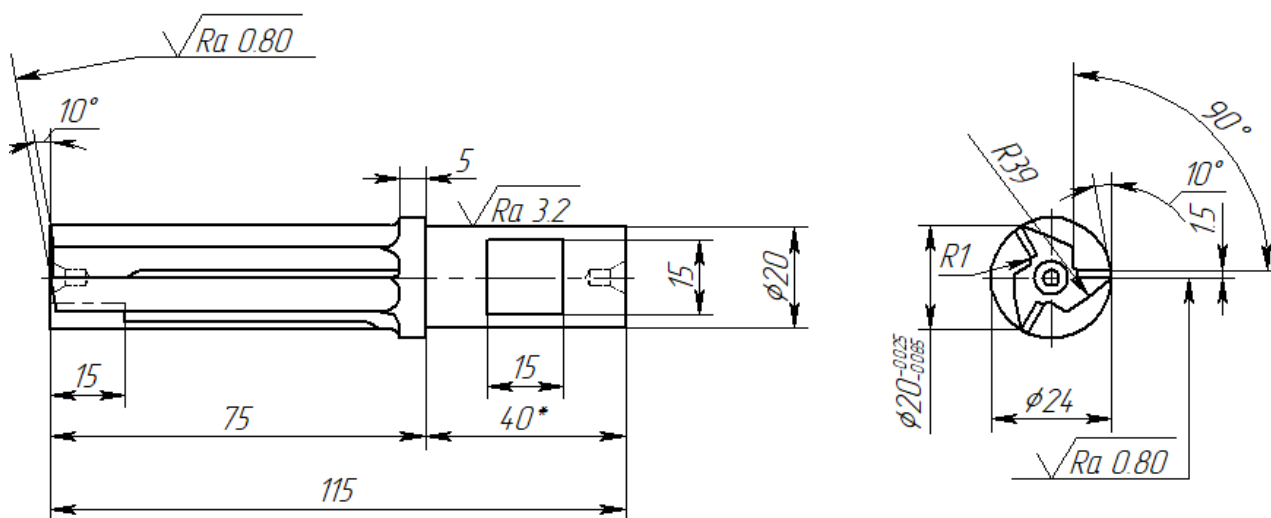


Рис. 1. Сверло Уаттса

Главной задачей при обработке данным типом инструмента является разработка траектории движения инструмента. Обычная траектория представляет собой окружность радиусом $0,08a$, где a – сторона многоугольника. Такая траектория дает большие закругления в углах многоугольников. Для уменьшения этих закруглений можно использовать траекторию кривой, построенной на основании четырех участков эллипса. Траектория была параметризована в программе Mathcad (рис. 2). Она позволяет получить траекторию при разных диаметрах вписанной окружности и разных количествах граней отверстия.

Для работы рассматриваемом инструментом на станке с ЧПУ использована программа, которая преобразует массив точек траектории центра инструмента в G-код. Код данной программы представлен на рис. 3.

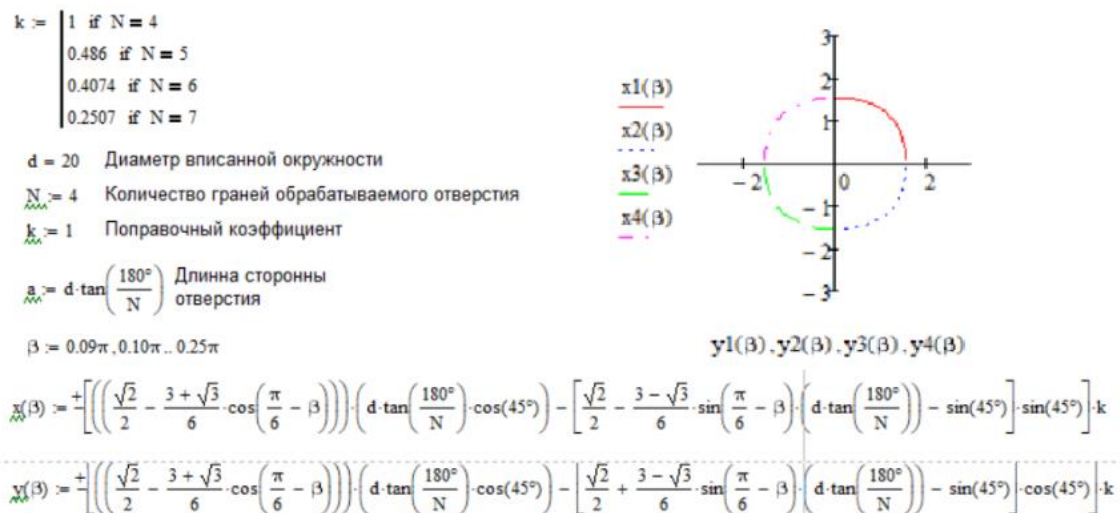


Рис. 2. Моделирование траектории в программе Mathcad

```

1 def generate_gcode(x_coors, y_coors):
2   gcode = []
3   gcode.append("G21 ; Установить единицы в миллиметрах")
4   gcode.append("G90 ; Установить абсолютную позиционировку")
5
6   num_points = len(x_coors) # Количество точек
7   z_start = 0 # Начальная позиция Z
8   z_end = -0.25 # Конечная позиция Z умноженная на 1/4
9   z_step = (z_end - z_start) / (num_points * 3) # Шаг изменения Z
10
11   z_position = z_start # Инициализация начальной позиции Z
12
13   # Генерация кода для 3 повторов
14   for repeat in range(3):
15     for quad in range(4):
16       for i in range(num_points):
17         if quad == 0: # Первый квадрант
18           x = x_coors[i]
19           y = y_coors[i]
20         elif quad == 1: # Второй квадрант
21           x = -x_coors[i]
22           y = y_coors[i]
23         elif quad == 2: # Третий квадрант
24           x = -x_coors[i]
25           y = -y_coors[i]
26         elif quad == 3: # Четвертый квадрант
27           x = x_coors[i]
28           y = -y_coors[i]
29
30         gcode.append(f"G0 X{x} Y{y} Z{z_position:.4f} ; Переход к точке в квадранте (quad + 1)")
31
32         # Уменьшение Z для следующей точки
33         z_position += z_step
34
35         gcode.append("M30 ; Завершить программу") # Завершение программы
36         return "\n".join(gcode)
37
38 def read_coordinates_from_file(filename):
39   with open(filename, 'r') as file:
40     lines = file.readlines()
41     x_coors = list(map(float, lines[0].strip().split(',')))
42     y_coors = list(map(float, lines[1].strip().split(',')))
43   return x_coors, y_coors
44
45 # Имя текстового файла с координатами
46 filename = 'coordinates.txt'
47
48 # Чтение координат из файла и генерация G-кода
49 x_array, y_array = read_coordinates_from_file(filename)
50 gcode_output = generate_gcode(x_array, y_array)
51
52 # Вывод G-кода
53 print(gcode_output)

```

Рис. 3. Программа для преобразования точек в G-код

Одной из главных проблем обработки инструментом концевой типа, основанного на фигурах постоянной ширины, является уменьшение кинематического заднего угла на периферии в процессе обработки отверстия. Для анализа изменения данного угла на всей длине траектории была создана программа, результат выполнения которой в виде графика показан на рис. 4. Для оптимизации расчётов траекторией движения инструмента является окружность радиусом 0,08а.

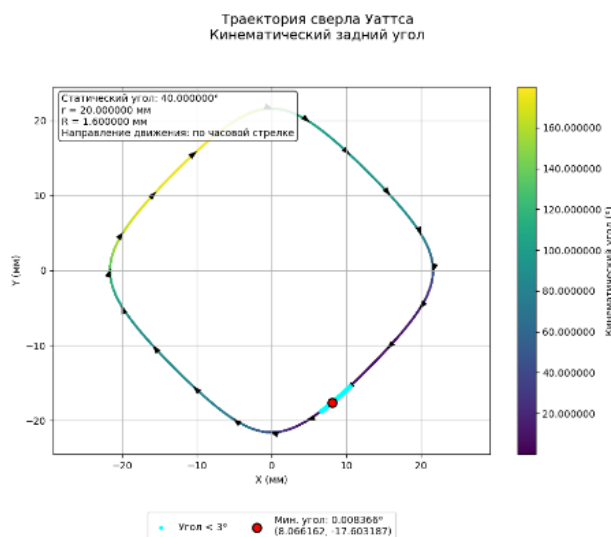


Рис. 4. График расчёта кинематического заднего угла

Блок-схема программы представлена на рис. 5. К исходным данным относятся значения радиусов траекторий, статического заднего угла и количества точек траектории для расчёта. Далее вычисляется траектория движения инструмента и вектор скорости, касательный к расчетной траектории. Также определяется касательная к задней поверхности. Кинематический задний угол рассчитывается как угол между вектором скорости движения и касательной к задней поверхности. После расчётов данные выводятся в csv файл и выполняется построение графика изменения кинематических углов вдоль траектории.

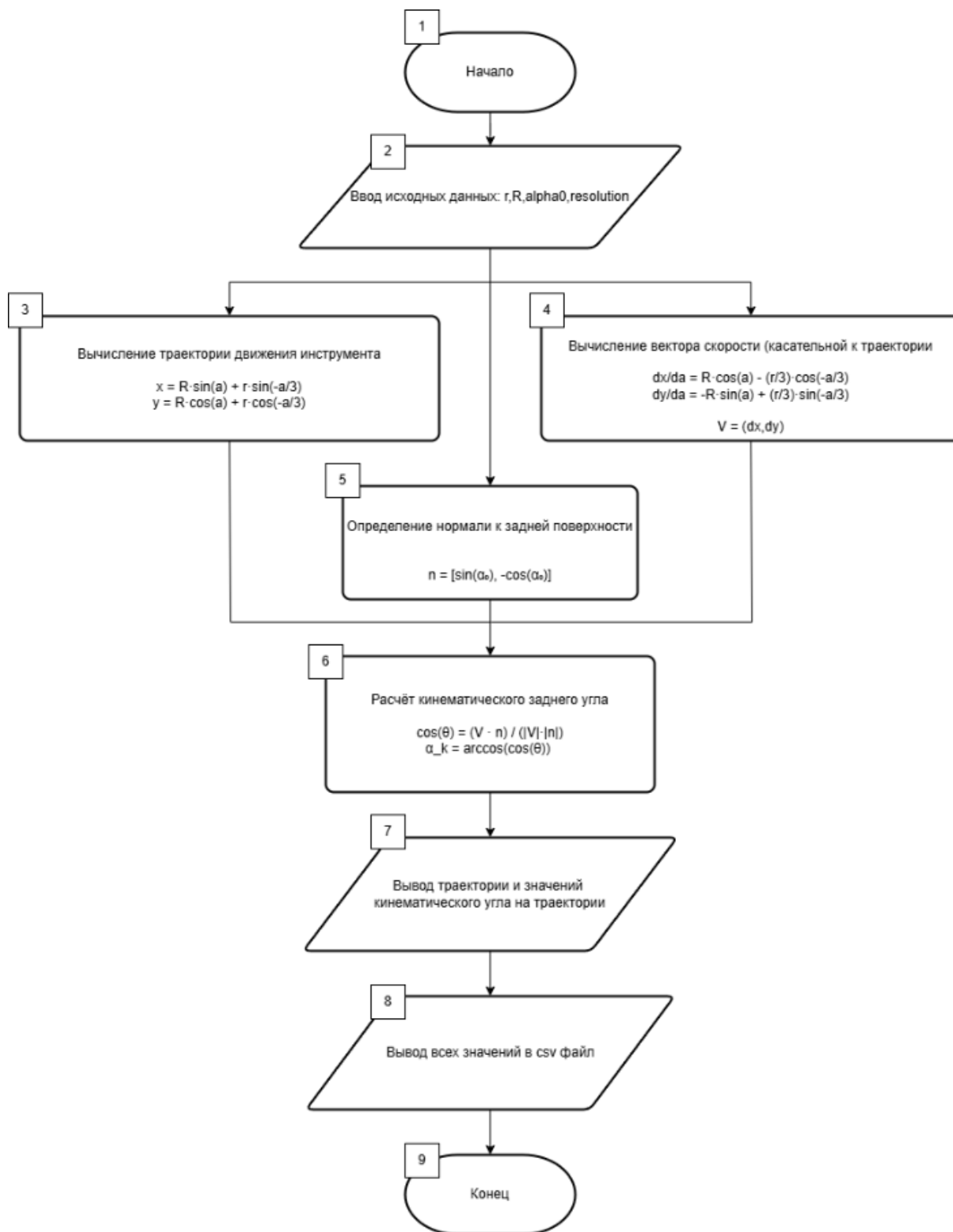


Рис. 5. Блок-схема расчёта кинематического заднего угла

Библиографический список:

1. Стина М.И., Исаев А.В. Обработка многогранных отверстий инструментом концевго типа по специальной траектории // тез. докл. XI Белорусско-китайского молодёжного инновационного форума. – 2024. – Том 1. – С. 140–142.
2. Полторацкий С.Г., Шеменков В.М. Формирование гранных отверстий осевым вращающимся инструментом.
3. Режущий инструмент / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов и др.; под ред. С.В. Кирсанова. – Москва : ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН», 2007. – 525 с.

РАЗРАБОТКА ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ВОЛНОВОГО РЕДУКТОРА С БОЛЬШИМ ПЕРЕДАТОЧНЫМ ЧИСЛОМ

Строганова Ю.В.

**Научный руководитель: Соболев А.Н. – к.т.н., доцент
Кафедра станков МГТУ «СТАНКИН»**

В настоящее время волновые редукторы находят широкое применение в различных областях машиностроения, где требуется высокая эффективность и компактность при передаче значительных мощностей [1–3]. Они используются в робототехнике, авиационной и космической технике, а также в высокоточных станках и механизмах. Одной из актуальных задач является автоматизация проектирования волновых редукторов с использованием интегрированных систем автоматизированного проектирования, что позволяет значительно сократить время разработки и повысить качество конечного продукта [3].

Автором исследованы вопросы синтеза и проектирования волновых механизмов.

На рис. 1 представлены достоинства и недостатки волновых механизмов. На рис. 2 – кинематическая схема разработанного волнового редуктора.



Рис. 1. Достоинства и недостатки волновых механизмов

Параметры проектируемого планетарного редуктора:

- Общее передаточное число: 10000.
- Передаточное число каждой ступени: 100.
- Крутящий момент на выходном валу: 1960 Н·м.
- Редуктор предназначен для повторно кратковременного режима работы.
- Смазка консистентная.

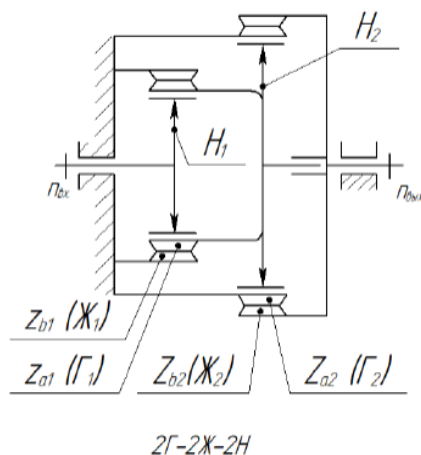


Рис. 2. Кинематическая схема волнового редуктора

Моделирование волнового зубчатого механизма выполняется в T-FLEX CAD в контексте сборки:

1. сначала создаются зубчатые передачи механизма (как сборка) с использованием модуля «Зубчатые передачи». Редактируются модели колес в контексте сборки – моделируются ступицы, диски, обода и другие элементы;
2. затем создаются другие детали при проецировании элементов зубчатых колес – генераторы, валы, корпус, крышки и др.;
3. кулачковый генератор может быть создан на основе расчетных полярных координат или за счет необходимой скульптурной деформации в T-FLEX CAD;
4. стандартные детали и элементы деталей (шпоночные пазы, шлицы, канавки и т.п.) выбираются из стандартной библиотеки T-FLEX CAD;
5. проектирование в контексте сборки не предусматривает создание заранее (по размерам деталей редуктора – конструктор по месту решает каких размеров спроектировать детали;
6. технологическая подготовка изготовления зубчатых колес осуществляется с использованием модуля T-FLEX ЧПУ.

Результат графического твердотельного моделирования волнового двухступенчатого зубчатого механизма представлен на рис. 3. На основе твердотельной модели в T-FLEX CAD были сформированы сборочные чертежи и спецификация.

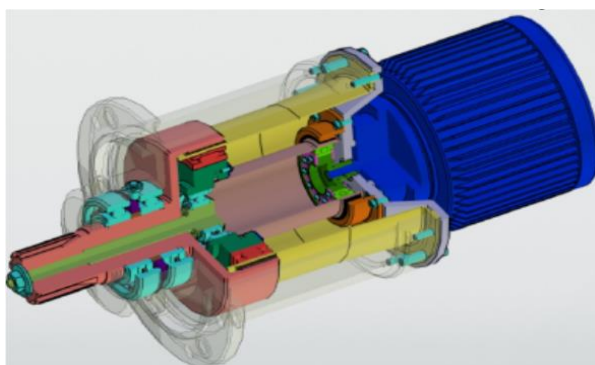


Рис. 3. Твердотельная модель планетарно-цевочного редуктора в T-FLEX

Технологическая подготовка производства заключалась в создании управляющих программ в T-FLEX ЧПУ для электроэрозионной обработки гибких и жестких зубчатых колес на станке Sodick VL600Q (рис. 4).

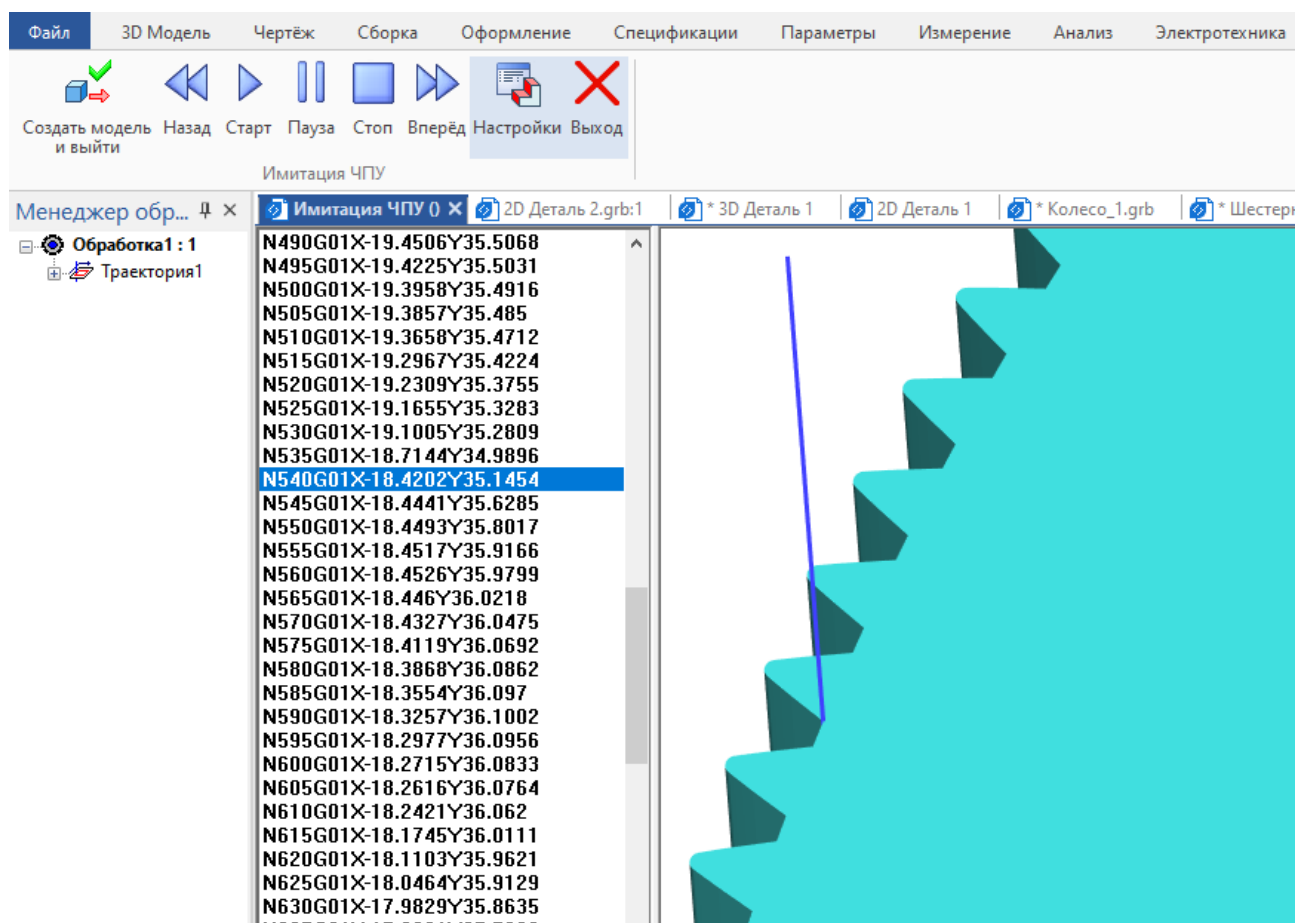


Рис. 4. Создание управляющей программы для изготовления зубчатых колес

Автором были разработаны проект и 3D-модель волнового двухступенчатого редуктора для применения в конвейерной автоматической линии с точным позиционированием.

Определен алгоритм автоматизированного проектирования волновых редукторов с элементами технологической подготовки производства.

Разработка редуктора проводилась с целью реализации образовательного стандарта бакалавриата в рамках «Передовой инженерной школы (ПИШ)» по направлению «Машиностроение» (курс ТММ) с использованием современных отечественных средств автоматизированного проектирования.

Библиографический список:

1. Цехнович Л.И., Петриченко И.П. Атлас конструкций редукторов. – М.-Л.: Машиностроение, 1977. – 151 с.
2. Руденко В.Н. Планетарные и волновые передачи. – М.: Машиностроение, 1980. – 148 с.
3. Соболев А.Н., Некрасов А.Я., Ягольницер О.В. Совершенствование методики проектирования волновых редукторов и ее использования в конструкторской подготовке студентов-машиностроителей // Вестник МГТУ «СТАНКИН». – 2017. – № 2. – С. 23–26.

МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕМ ОБОРУДОВАНИИ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Тиханова Ю.В.

*Научный руководитель: Еленева Ю.Я. – д.э.н., профессор
Кафедра финансового менеджмента МГТУ «СТАНКИН»*

В условиях стоящих перед Россией геополитических вызовов ключевой задачей становится обеспечение технологического суверенитета. Для обеспечения технологического суверенитета ключевую роль играет состояние парка металлообрабатывающего оборудования, своевременность проведения его модернизации и замены. В этом контексте значимой задачей становится разработка научно обоснованных методов прогнозирования потребности в оборудовании.

Исследования показали, что методический инструментарий прогнозирования потребности в металлообрабатывающем оборудовании может основываться на графо-аналитическом методе, который включает в себя использование технологий SADT (Structured analysis and desing technique) и IDEF0 (Icam DEFinition for Function Modeling). Данный метод позволяет не только учесть, но и графически отобразить технологические, производственные и иные особенности предприятия, что является ключевым аспектом для формирования точных прогнозов.

При выборе нотации для разработки методического инструментария прогнозирования потребности в металлообрабатывающем оборудовании были учтены ключевые требования, обеспечивающие эффективность и точность прогнозирования. Нотация IDEF0 была выбрана в связи с тем, что она обеспечивает:

- высокий уровень детализации: позволяет подробно анализировать процессы, что особенно важно для прогнозирования потребности в оборудовании;
- простоту языковых средств: делает методический инструментарий доступным для широкого круга специалистов, способствуя более эффективному обмену информацией;
- возможность автоматизации процессов: значительно повышает эффективность работы, позволяя сократить время на обработку данных и минимизировать вероятность ошибок;
- возможность соподчиненности объектов: улучшает структурирование информации, способствует более глубокому анализу и пониманию процессов.

Выбор IDEF0 обоснован тем, что нотация соответствует ключевым требованиям, позволяющим последовательно углубляться в детали, начиная с общего описания и переходя к частным аспектам. Это подтверждает, что именно эта нотация наиболее подходит для решения задачи по разработке научно обоснованных методов прогнозирования потребности в оборудовании.

Нотация IDEF0 позволяет описывать многоуровневые системы через иерархические взаимосвязи, что является важным для прогнозирования потребности в оборудовании на машиностроительном предприятии. IDEF0 представляет собой набор взаимосвязанных блоков, каждый из которых функционирует как «черный ящик» и декомпозируется до необходимого уровня. Также все блоки имеют свои входы и выходы, управляющие элементы и механизмы.

Установлено, что разрабатываемый методический инструментарий учитывает как текущие, так и прогнозные данные о потребности в оборудовании, устанавливая четкий порядок прогнозирования, формирование прогноза потребности, выбор объектов инвестирования, определение инвестиционного бюджета и прогноз рисков. Условия реализации методического инструментария включают в себя наличие достоверной информации об оборудовании и доступ к актуальным рыночным тенденциям.

Для целей прогнозирования потребности в металлообрабатывающем оборудовании на машиностроительном предприятии, имеющем свою специфическую структуру, методология IDEF0 является наиболее релевантной.

Разработанная в рамках формирования методического инструментария модель работы системы прогнозирования потребности в оборудовании (рис.1) относится (рис.2): блок A01 (проведение ретроспективного анализа потребления металлообрабатывающего оборудования на предприятии), блок A02 (анализ существующих подходов и методов прогнозирования потребностей на предприятии), блок A03 (выбор модели и прогнозирование потребности в металлообрабатывающем оборудовании на предприятии) и блок A04 (прогнозирование потребности в металлообрабатывающем оборудовании на предприятии).

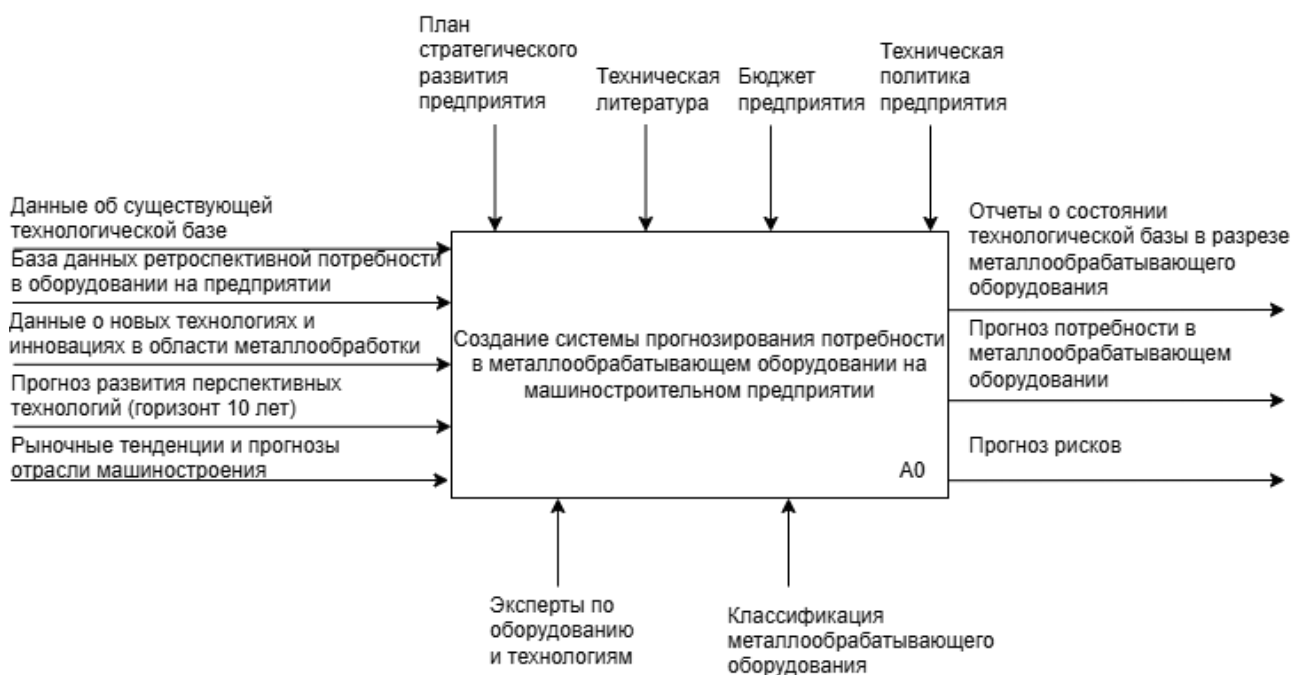


Рис. 1. Диаграмма верхнего уровня модели работы системы прогнозирования потребности в металлообрабатывающем оборудовании на машиностроительном предприятии

Прогнозирование потребности в металлообрабатывающем оборудовании на машиностроительном предприятии будет осуществляться с учетом временного горизонта, который может варьироваться в зависимости от специфики машиностроительного предприятия и его производственных планов. Такой подход позволит более точно определить, какое металлообрабатывающее оборудование необходимо предприятию для достижения оптимальной производительности в тот или иной период. Также это позволит оптимизировать процессы закупок металлообрабатывающего оборудования и внедрение этого оборудования в соответствие с установленными временными рамками.

В ходе исследования планируется сформировать массив данных о потреблении оборудования, провести ретроспективный анализ и построить прогноз потребности, что в свою очередь, обеспечит эффективное управление ресурсами.

Результатом применения данного методического инструментария для прогнозирования потребности в металлообрабатывающем оборудовании на машиностроительном предприятии станет создание системы прогнозирования, которая обеспечит комплексную оценку состояния технологической базы машиностроительного предприятия в разрезе металлообрабатывающего оборудования, стимулирование инноваций и поддержку роста производительности, тем самым позволяя выявить слабые места и области для улучшения.

Внедрение методического инструментария для прогнозирования потребности в металлообрабатывающем оборудовании на машиностроительном предприятии позволит создать основу для долгосрочного стратегического планирования, обеспечить возможность адаптации к новым условиям и требованиям рынка, что является важным для успешного функционирования предприятия в условиях постоянных изменений и высокой конкуренции.

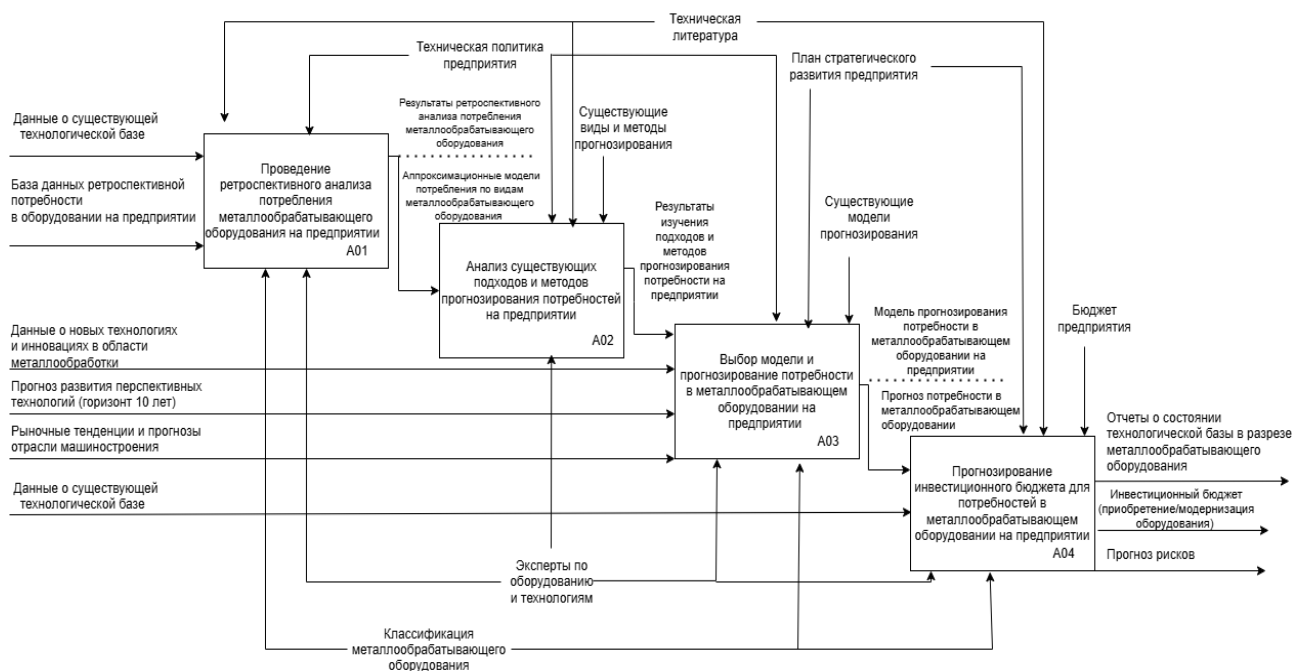


Рис. 2. Принципиальная модель функционирования системы прогнозирования потребности в металлообрабатывающем оборудовании на машиностроительном предприятии (декомпозиция А0)

Таким образом, применение методического инструментария улучшит качество прогнозирования потребности в металлообрабатывающем оборудовании, создаст условия для устойчивого развития машиностроительного предприятия, позволит оперативно и эффективно реагировать на вызовы и изменения современного рынка. Также реализация инструментария позволит создавать условия для обеспечения технологического суверенитета. Это, в свою очередь, позволит России обеспечивать технологическое развитие на собственной суверенной технологической базе.

Библиографический список:

1. Афанасьев А.А. Машиностроение современной России: от импортозамещения к политике технологического суверенитета // Экономика, предпринимательство и право. – 2024. – Том 14. – № 8. – С. 4477–4500.
2. Боев В.Р. «Методы прогнозирования в машиностроении: теория и практика». Монография. – М.: ИНФРА-М, 2021.
3. Еленев К.С., Малкова Т.Б., Кудряшов С.А., Хандусенко В.О. Методический подход к прогнозированию потребности предприятий машиностроения Российской Федерации в металлорежущем и кузнечно-прессовом оборудовании // Экономика высокотехнологичных производств. – 2024. – Том 5. – № 1. – С. 49–70.

ВЛИЯНИЕ АНТИФРИКЦИОННОГО DLC-ПОКРЫТИЯ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ КЕРАМИЧЕСКИХ ТОКАРНЫХ ПЛАСТИН ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ 12Х18Н10Т

Ткаченко А.Е.

Научный руководитель: Федоров С.В. – к.т.н., доцент

Кафедра высокоэффективных технологий обработки МГТУ «СТАНКИН»

В работе представлены результаты экспериментального исследования влияния антифрикционного DLC-покрытия, нанесённого методом PACVD, на режущую стойкость сиалоновых токарных пластин при точении коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т.

Для эксперимента использовались керамические сменные пластины RNGN 120400, изготовленные из сиалоновой керамики, установленные в державку CRSNR 2525M12. Объектом обработки служила нержавеющей сталь 12Х18Н10Т, отличающаяся высокой пластичностью и склонностью к налипанию на режущую кромку. Резание выполнялось в условиях сухой обработки при постоянной подаче (0,12 мм/об) и глубине резания (0,5 мм), на трёх уровнях скорости резания: 120, 160 и 200 м/мин.

Таблица 1.

Условия резания при экспериментальных испытаниях

Режим №	Скорость резания V_c , м/мин	Подача f , мм/об	Глубина резания a_p , мм	Частота вращения n , об/мин	Путь резания, мм	Тип пластины
1	120	0,12	0,5	~382	450	Без покрытия / С покрытием
2	160	0,12	0,5	~510	450	Без покрытия / С покрытием
3	200	0,12	0,5	~637	450	Без покрытия / С покрытием

Покрытие DLC наносилось методом PACVD, включающим адгезионный подслоя (CrAlSi)N и функциональный алмазоподобный слой. Покрытие обладало поверхностной твёрдостью до 40 ГПа и коэффициентом трения по стали 12Х18Н10Т 0,06–0,11. При нанесении покрытие демонстрировало высокую однородность, прочную адгезию и стабильность свойств.

Сравнительный анализ показал, что применение покрытия позволяет снизить интенсивность износа режущей кромки и повысить стойкость инструмента. При скорости 200 м/мин критическое значение $VB = 0,3$ мм достигалось у пластин без покрытия при 150–180 м пути, тогда как покрытые сохраняли работоспособность до 250–300 м. Износ у покрытых пластин развивался равномерно, без сколов и трещин.

Из графика (рис. 1) видно, что применение DLC-покрытия стабилизирует поведение инструмента: износ нарастает медленнее, а разрушение наступает при значительно большей длине резания. Особенно выражен эффект покрытия при высоких скоростях резания, где без покрытия происходит быстрое превышение предельного значения VB .

Для каждой серии испытаний, соответствующей определённому режиму резания и типу пластины (с покрытием / без покрытия), фиксировались значения ширины износа по задней поверхности (VB) через каждые 50 мм пути резания. Все измерения проводились не менее двух раз, с последующим усреднением для повышения достоверности и исключения случайных колебаний.

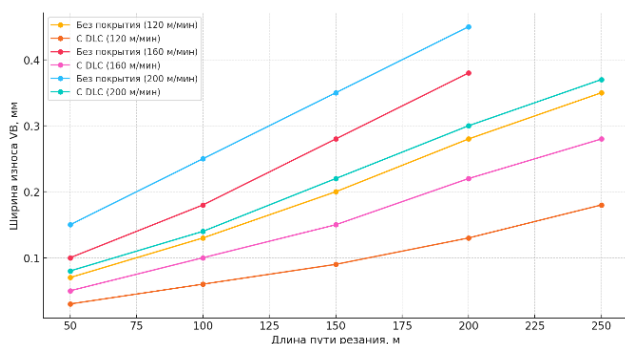


Рис. 1. Зависимость износа режущего инструмента от длины пути резания при различных скоростях обработки

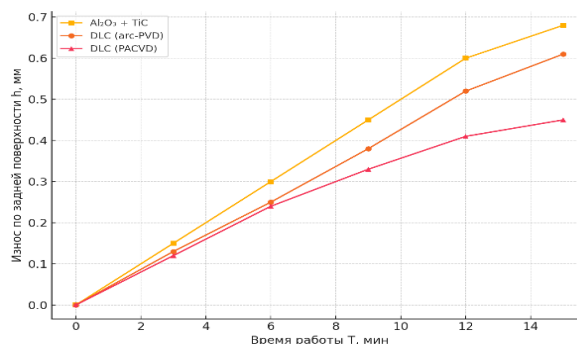


Рис. 2. Зависимость износа задней поверхности инструмента от времени резания при различных типах покрытий

Методы контроля (профилометрия, наноиндентация, SEM и EDS) подтвердили эффективность покрытия: снижение переноса материала заготовки, отсутствие термических дефектов, высокая стойкость к адгезионному и диффузионному износу. DLC-плёнка стабилизировала процесс резания, особенно при повышенных скоростях и термонагрузке.

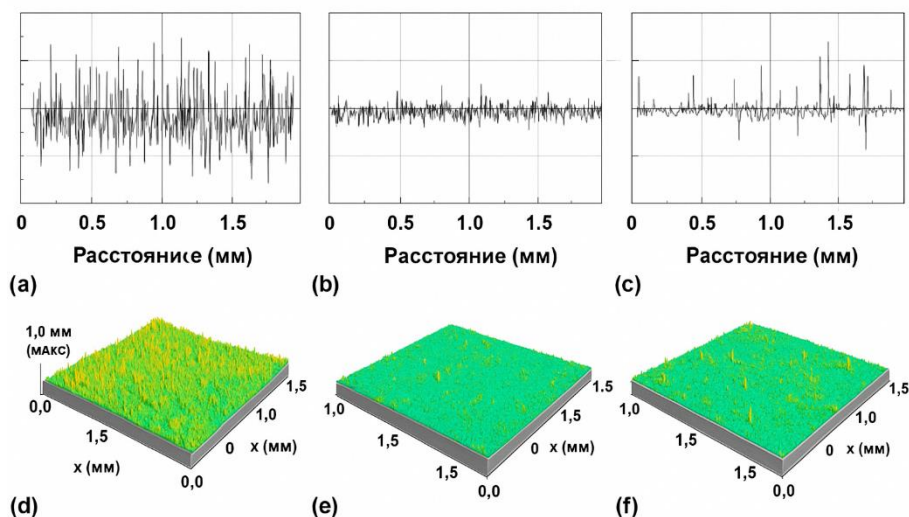


Рис. 3. Профилограммы поверхностей пластин: а–b – без покрытия; с–d – Arc-PVD; е–f – PACVD

Таким образом, проведённый комплекс методов контроля позволил убедиться в высоком качестве нанесённого покрытия, его соответствии технологическим требованиям, а также подтвердил эффективность подготовки подложки и выбранного метода осаждения.

Как показано на рис. 4, микротвёрдость покрытия PACVD на протяжении всей толщины остаётся стабильной, что подтверждает равномерность структуры и отсутствие пористости.

Таким образом, результаты проведённого экспериментального исследования подтверждают, что антифрикционные покрытия, особенно DLC, нанесённые с использованием метода PACVD, эффективно повышают износостойкость сиалонных токарных пластин при обработке коррозионностойких сталей в условиях сухого резания. Комплексный подход, включающий оптимизацию режима резания, тщательную подготовку подложек, нанесение многослойных покрытий и последующий анализ износа, позволил не только выявить преимущества различных типов покрытий, но и выработать практические рекомендации для их применения в промышленности.

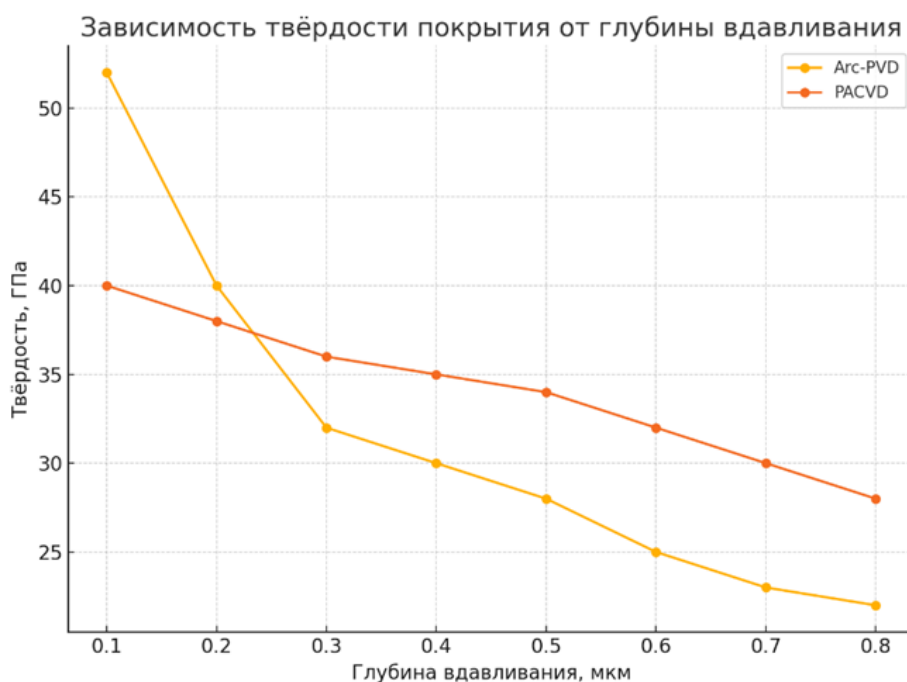


Рис. 4. График микротвёрдости DLC-покрытия в зависимости от глубины

ПОДСИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ СОТРУДНИКОВ РЖД ПО БИОМЕТРИИ

Тырзина Е.Л., Абрамович Е.К.

Научный руководитель: Новоселова О.В. – к.т.н, зав. кафедры

*Кафедра информационных технологий и вычислительных систем
МГТУ «СТАНКИН»*

Современные системы безопасности и контроля доступа активно внедряют биометрические технологии, обеспечивающие высокий уровень надежности при идентификации персонала. В рамках цифровизации железнодорожного транспорта особое значение приобретает разработка специализированных подсистем, способных верифицировать личность сотрудников в режиме реального времени. Предлагаемая подсистема идентификации сотрудников РЖД по биометрии объединяет передовые алгоритмы распознавания лиц, базу данных для хранения и обработки информации, а также интуитивно понятный интерфейс для взаимодействия с подсистемой [1].

Основу алгоритмов подсистемы составляет многоэтапный процесс обработки изображений, начиная с захвата видеопотока и заканчивая сравнением полученных данных с эталонными образцами.

На первом этапе видеочамера фиксирует изображение сотрудника для последующей работы библиотеки OpenCV. В рамках рассматриваемой подсистемы OpenCV реализует комплекс задач компьютерного зрения, начиная с первичного захвата изображения и заканчивая подготовкой данных для нейросетевой обработки. На этапе захвата видеоданных OpenCV предоставляет унифицированный интерфейс для работы с различными типами видеочамер через модуль VideoCapture. Библиотека обеспечивает стабильный поток видеоданных с частотой до 60 кадров в секунду, что критически важно для работы в режиме реального времени.

На втором этапе изображение преобразуется в градации серого для упрощения последующего анализа, а также выполняется нормализация изображения. Анализ

изображения в черно-белом фильтре оптимизирует время работы алгоритмов идентификации и распознавания лица в кадре и дает более однозначную интерпретируемость ключевых точек. Для повышения точности идентификации выполняется нормализация изображения:

- ключевые точки выравниваются по горизонтали;
- изображение масштабируется до стандартного размера;
- корректируется освещение.

Далее включается в работу библиотека OpenCV для выделения лица красным квадратом на видеопотоке. После чего детектор MTCNN определяет координаты лица и его ключевые точки, такие как глаза, нос и рот.

Следует отметить, что в реализации подсистемы идентификации сотрудников РЖД по биометрии ключевым элементом является библиотека DeepFace [2]. Это популярная нейросетевая библиотека с открытым исходным кодом, разработанная для выполнения задач распознавания лиц, анализа эмоций и других не менее важных задач. Она была создана с акцентом на высокую точность результатов и простоту использования. У данной библиотеки есть поддержка популярных моделей глубокого обучения для распознавания лиц: VGG-Face, Google FaceNet, OpenFace, Facebook DeepFace, ArcFace. В зависимости от необходимой точности результата, а также производительности оборудования выбирается определенная модель для дальнейшей работы библиотеки. Для рассматриваемой подсистемы была выбрана модель VGG-Face, которая отличается высокой точностью идентификации человека.

На завершающем этапе библиотека DeepFace генерирует нейросетевые эмбэддинги с использованием выбранной модели VGG-Face, преобразуя лицо в числовой вектор. Сравнение этого вектора с эталонными данными из базы осуществляется посредством метрики косинусного сходства, что позволяет определить степень соответствия и принять решение о верификации личности.

Для разрабатываемой подсистемы необходимо было спроектировать и реализовать интуитивно понятный интерфейс, который будет легко освоить и использовать. Данные критерии достигаются за счет библиотеки PyQt5, которая позволяет создавать пользовательский интерфейс. Данная библиотека пользуется популярностью у разработчиков на языке python за счет легкости освоения и удобства использования, а также добавления различных стилей для создания уникального дизайна интерфейса.

Интерфейс подсистемы разработан с учетом потребностей следующих категорий пользователей: операторы и администраторы. Операторский модуль предоставляет возможность мониторинга результатов идентификации в реальном времени, отображая статус проверки и уведомляя о возможных отклонениях. Административный модуль включает инструменты для генерации отчетов, визуализации данных и выявления статистических закономерностей, что позволяет оптимизировать процессы контроля и повысить эффективность работы подсистемы.

Интерфейс отличается интуитивной понятностью и минимальным временем освоения, что снижает нагрузку на персонал и повышает общую производительность системы.

Для подсистемы идентификации сотрудников РЖД по биометрии была поставлена задача разработать базу данных для хранения результатов работы подсистемы. Реализация базы данных была выполнена с применением PostgreSQL.

Изучая данную задачу, были выявлены следующие критерии для формирования структуры базы данных:

1. Необходимо создать хранилище тестовых данных машинистов – фотографии, ФИО, возраст и другие отличительные характеристики. Данная таблица должна быть достаточно простой для последующего внедрения в систему РЖД, так как данные машинистов конфиденциальны и доступ к ним ограничен.
2. Необходимо создать хранилище для хранения результатов выполнения алгоритмов подсистемы. Хранилище должно включать в себя все необходимые данные для дальнейшего создания отчетов о работе подсистемы.

В результате изучения задачи по проведению анализа лиц была сформирована структура базы данных, содержащая следующие таблицы:

- таблица "info" содержит информацию о пользователях, включая их идентификационные данные, возраст, пол и путь к изображению (эта таблица позволяет программе эффективно идентифицировать пользователей при проверке лиц) (табл. 1);
- таблица "face" хранит результаты проверки лиц, включая данные о времени, дате, статусе проверки и изображениях (записи в этой таблице обеспечивают историю проверок и возможность последующего анализа) (табл. 2).

Таблица 1.

Хранение записей пользователей в базе данных

Наименование	Тип данных	Описание
Id	Int primary key	Идентификатор записи
Name	Text NOT NULL	ФИО пользователя
Age	Int	Возраст пользователя
Sex	Text CHECK(sex IN ('M', 'F'))	Пол пользователя
Image_driv	BLOB	Эталонное фото пользователя

Таблица 2.

Хранение записей идентификации в базе данных

Наименование	Тип данных	Описание
Id	Int primary key	Идентификатор записи
Mach_id	Int	Идентификатор связи с другой таблицей
Image	BLOB	Изображение с камеры
Time	Text	Время фиксации записи
Date	Text	Дата фиксации записи
Control	Text (Check control IN ('прошел', 'не прошел'))	Результат прохождения идентификации

Подсистема идентификации сотрудников РЖД по биометрии была разработана совместно со студентами Российского Университета Транспорта (РУТ МИИТ) при решении задачи повышения качества контроля локомотивных бригад для Локомотивного депо ОАО «РЖД» в рамках проекта «Локомотивные бригады».

Структура подсистемы изображена на рис. 1 (см. стр. 97).

Разработанная подсистема планируется к апробации в Локомотивном депо ОАО «РЖД».

Библиографический список:

1. Тырси́на, Е.Л. Развитие системы мониторинга машинистов для РЖД с использованием технологий распознавания лиц и анализа эмоций / Е.Л. Тырси́на, Е.К. Абрамович // ИННОВАЦИИ В НАУКЕ: ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ БУДУЩЕГО: сборник статей Международной научно-практической конференции, Саратов, 10 июля 2024 года. – Саратов: НОП «Цифровая наука», 2024. – С. 55–61.
2. DeepFace: Современный фреймворк для распознавания лиц // GitHub Repository. – URL: <https://github.com/serengil/deepface>.

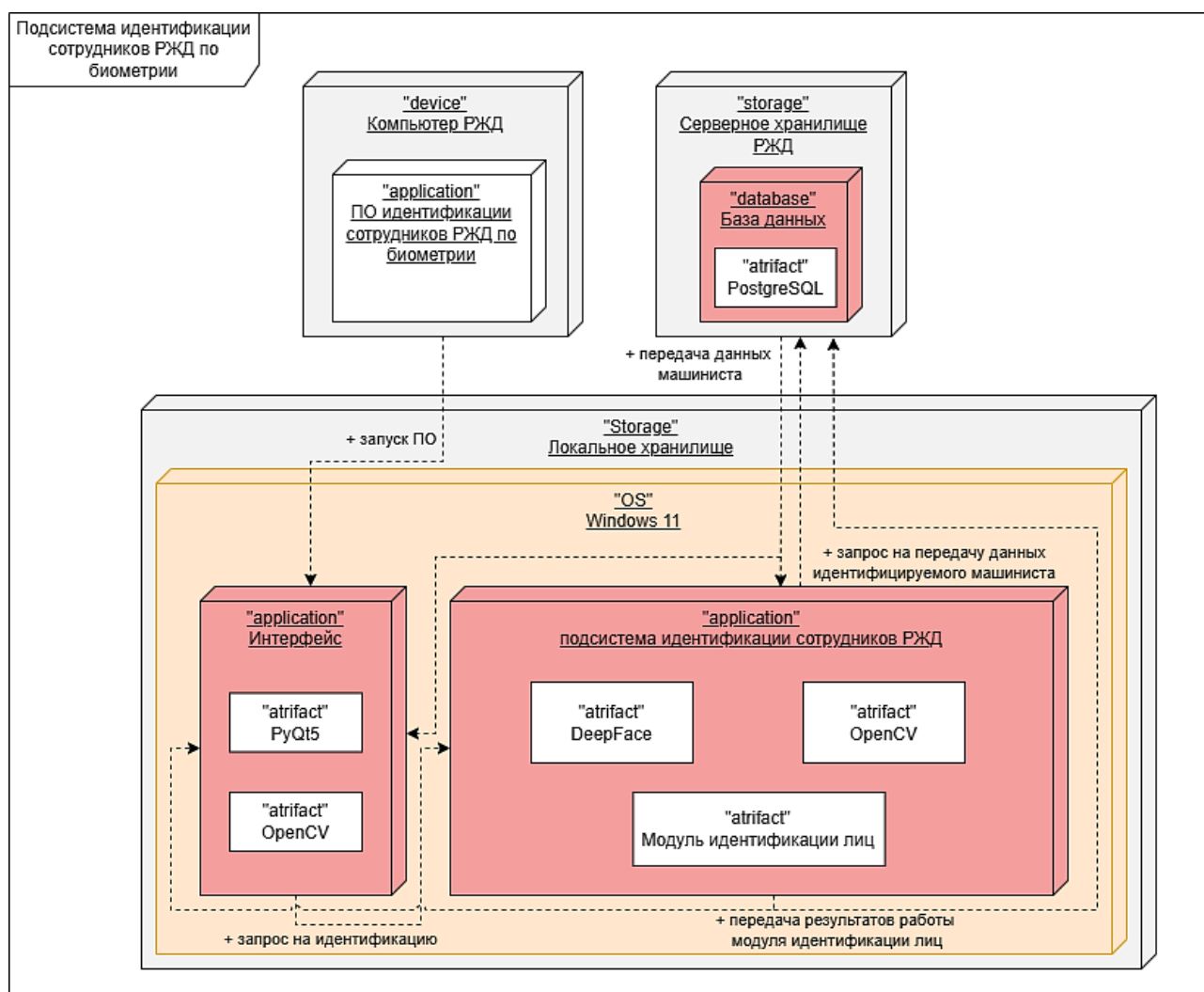


Рис. 1. Структура подсистемы

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ И СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ МОЛИБДЕНА

Федотов А.А.

Научный руководитель: Кутин А.А. – д.т.н., профессор

Кафедра технологии машиностроения МГТУ «СТАНКИН»

Обработка молибденсодержащих сплавов и, в частности, шлифование, представляет собой сложный технологический процесс из-за их высокой твёрдости, склонности к хрупкому разрушению и образованию трещин. Это приводит к ускоренной деградации обрабатывающих инструментов и повышенному расходу абразивов, а также к формированию поверхностного слоя, характеризующегося появлением микротрещин, что значительно снижает долговечность и эксплуатационные характеристики конечных изделий. Поэтому является важным как выбор режима обработки, так и химического состава сплавов, позволяющего достичь наилучшей обрабатываемости и качества поверхности конечных изделий.

В данной работе рассмотрено влияние скорости шлифования и содержания легирующего компонента на удельную производительность и время образования трещин при абразивной обработке сплавов молибден-ниобий и молибден-цирконий. Содержание каждого из легирующих элементов находилось в пределах его растворимости в молибдене, поэтому все

сплавы представляют собой однородные твёрдые растворы. Для каждого из сплавов были получены зависимости удельной производительности от скорости вращения, а также времени обработки до образования трещин в зависимости от состава сплава.

Условия обработки (общие для всех серий экспериментов):

Круг: Э9А25СМ2К

Глубина резания: $t = 0,01$ мм/дв. ход

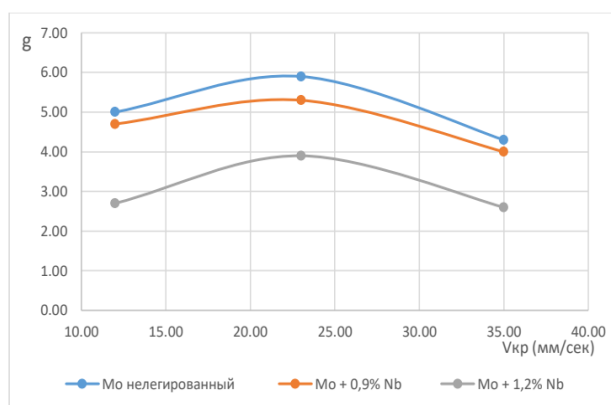
Подача: $S_{пр} = 0,3$ мм/об.изд

Ширина шлифования: $B = 6$ мм

Скорость изделия: $V_{изд} = 20$ м/мин

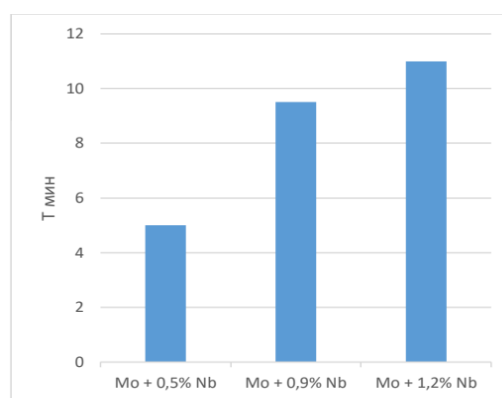
Охлаждение: 1,5 %-ный раствор кальцинированной соды.

Ниобий получил наибольшее распространение в качестве легирующей добавки к молибдену. Он обладает высокой растворимостью в молибдене и способен формировать твердые растворы замещения, а также устойчивые карбиды и интерметаллические соединения. Добавка ниобия повышает прочность сплавов на основе молибдена при сохранении удовлетворительной пластичности. Влияние легирования ниобием исследовалось на сплавах с содержанием 0,5; 0,9 и 1,2 % Nb. На рис. 1 приведены зависимости удельной производительности от скорости шлифования для сплавов с 0,9 и 1,2 % ниобия и для чистого молибдена. Показано, что удельная производительность достигает максимума при увеличении скорости до 23 мм/сек, после чего значительно уменьшается. Увеличение содержания ниобия приводит к уменьшению производительности. На рис. 2 приведены времена обработки до образования трещин для всех составов сплавов. Увеличение содержания ниобия повышает время шлифования до образования трещин.



а)

Рис. 1. Влияние скорости шлифования на величину удельной производительности для сплавов молибден – ниобий

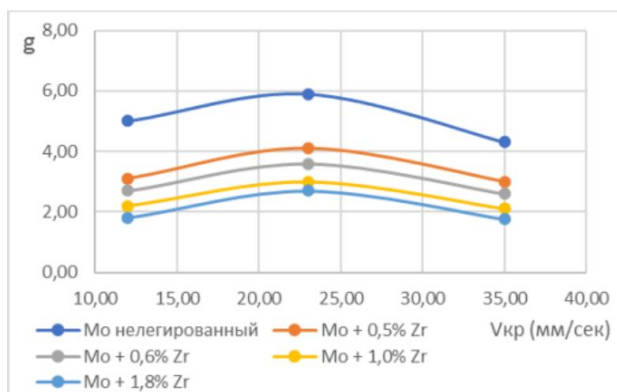


б)

Рис. 2. Время шлифования до появления сетки трещин на поверхности сплавов молибден – ниобий

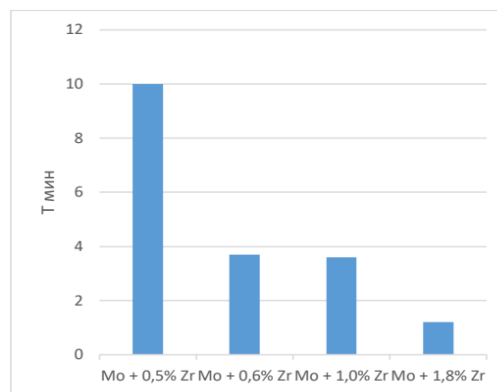
Цирконий оказывает комплексное воздействие на структуру и свойства молибденовых сплавов. Он имеет высокое сродство к кислороду, азоту и углероду и образует с ними устойчивые соединения. Это приводит к повышению твердости и уменьшению пластичности сплава по сравнению с чистым молибденом при содержании циркония, превышающем 0,5 %. Влияние легирования цирконием исследовалось на сплавах с содержанием 0,5; 0,6; 1,0 и 1,8 % Zr. На рис. 3 приведены зависимости удельной производительности от скорости шлифования для всех составов сплавов с цирконием и для чистого молибдена. Удельная производительность достигает максимума при увеличении скорости до 23 мм/сек, после чего уменьшается. Увеличение содержания циркония приводит к уменьшению производительности. На рис. 4 приведены времена обработки до образования трещин для всех составов сплавов. Увеличение содержания циркония уменьшает время шлифования до

образования трещин, при этом резкое падение наблюдается при увеличении содержания циркония до 0,6 %.



а)

Рис. 3. Влияние скорости шлифования на величину удельной производительности для сплавов молибден – цирконий



б)

Рис. 4. Время шлифования до появления сетки трещин на поверхности сплавов молибден – цирконий

Таким образом, для всех рассмотренных сплавов с ниобием и цирконием существует оптимальная скорость шлифования, превышение которой приводит к уменьшению производительности. Связано это с переходом из режима, когда интенсивность размерного износа за счёт процесса самозатачивания больше, чем интенсивность размерного износа абразивных зёрен вследствие адгезионно-усталостных явлений, в режим, когда интенсивность самозатачивания уменьшается, что приводит к тому, что износ абразивных зёрен и круга в целом определяется интенсивностью усталостных, адгезионных и тепловых процессов, протекающих на вершинах абразивных зёрен. В первом режиме износ круга определяется главным образом изменением величины нагрузки, приходящейся на единичное зерно, которая уменьшается с увеличением скорости шлифования, в то время как для второго режима характерным является увеличение интенсивности износа круга с увеличением скорости шлифования.

Рассмотренные молибденовые сплавы дают основание считать, что наиболее сильное влияние на обрабатываемость при легировании в указанных пределах оказывает цирконий. Введение ниобия в исследованном количестве оказывает меньшее влияние на изменение обрабатываемости. Влияние ниобия и циркония на скорость образования сетки трещин на поверхности сплава противоположно – увеличение содержания ниобия приводит к росту времени трещинообразования, а увеличение содержания циркония наоборот, к резкому его уменьшению. Связано это с тем, что увеличение содержания ниобия несколько повышает пластичность и прочность сплава молибден-ниобий, в то время как увеличение содержания циркония значительно повышает твёрдость сплава и уменьшает пластичность.

Таким образом, присутствие ниобия благоприятно сказывается на механической обработке: измельчение зерна и повышение пластичности позволяют применять более высокие скорости резания и снижать износ инструмента, в то время как введение циркония приводит к необходимости осторожного проведения механической обработки для предотвращения образования сетки трещин на поверхности изделия.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ МЕТОДОВ НОРМАЛИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ЕДИНОМ ДЕКАНАТЕ МГТУ «СТАНКИН»

Шакина К.А.

Научный руководитель: Артемьева М.С. – ст. преподаватель

*Кафедра инженерной экологии и безопасности жизнедеятельности
МГТУ «СТАНКИН»*

В современном мире, когда человек большую часть своей жизни занимается целенаправленной профессиональной деятельностью, осуществляемой в условиях конкретной производственной среды, которая при несоблюдении принятых нормативных требований может неблагоприятно повлиять на его работоспособность и на здоровье, обеспечение нормативных параметров микроклимата в производственных помещениях является важной задачей. В соответствии со ст. 25 Федерального закона от 30 марта 1999 года № 52–ФЗ «О санитарно–эпидемиологическом благополучии населения» условия труда, рабочее место и трудовой процесс не должны оказывать вредного воздействия на человека, в том числе и по показателям микроклимата.

Микроклимат представляет собой совокупность физических факторов, которая оказывает большое влияние на теплообмен между человеком и окружающей средой.

В соответствии с ГОСТ 30494–2011. «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» являются (рис. 1):

- температура воздуха (t , °С);
- относительная влажность воздуха (%);
- температура поверхностей ($t_{п}$, °С);
- скорость движения воздуха (V , м/с);
- результирующая температура помещения (°С).
- локальная асимметрия результирующей температуры.



Рис. 1. Параметры, характеризующие микроклимат

Основной причиной выбора данной темы являются, поступившие жалобы от сотрудников на неудовлетворительные микроклиматические условия в рабочих помещениях. Сотрудники деканата сообщали о следующих проблемах:

- 1) Низкие и высокие температуры, особенно в зимний и летний периоды;
- 2) Недостаточная вентиляция;
- 3) Повышенная влажность, особенно в периоды смены сезонов года.

Эти жалобы указывают на необходимость проведения анализа и разработки мер по нормализации параметров микроклимата в помещениях деканата. Решение данной проблемы

позволит создать более комфортные условия труда для сотрудников, повысить их работоспособность и удовлетворённость рабочей средой.

Микроклимат помещения рассматривается с точки зрения назначения помещения. В ходе исследования было определено, что помещения Единого деканата относятся ко 2-ой категории, т.е. к помещениям, в которых люди заняты умственным трудом, учёбой. Были проведены замеры в 10 кабинете и главном кабинете 233 аудитории Единого деканата МГТУ «СТАНКИН». В результате были получены данные, представленные в табл. 1.

Таблица 1.

Параметры микроклимата в обслуживаемой зоне помещений

		Холодный период года			Тёплый период года		
	Высота зоны измерения (м)	Параметры микроклимата			Параметры микроклимата		
		Относительная влажность воздуха, %	Температура воздуха, °С	Скорость движения воздуха, м/с	Относительная влажность воздуха, %	Температура воздуха, °С	Скорость движения воздуха, м/с
Помещения Единого деканата (ауд.)	Главный кабинет			Главный кабинет			
	0,1	25	25,8	0,12	44	28,4	0,12
	0,6	27	25,1	0,1	44	28,5	0,12
	1,7	28	25,1	0,1	44	28,6	0,11
	Кабинет 10			Кабинет 10			
	0,1	25	24,5	0,11	43	28,3	0,15
	0,6	25	24,2	0,2	43	28,6	0,12
	1,7	26	24,3	0,2	43	28	0,12
Нормативные параметры	Оптимальные	45-30	19-21	не более 0,2	60-30	23-25	0,15
	Допустимые	не более 60	18-23	не более 0,3	не более 65	18-28	не более 0,25

Результаты измерений показали, что:

1) В холодный период года:

Температура воздуха в исследуемых помещениях не соответствует оптимальным и допустимым значениям, а именно она выше, что требует регулировки. Остальные параметры соответствуют нормативным значениям.

2) В тёплый период года:

В кабинетах значения температуры воздуха не соответствуют нормативным значениям (выше допустимого)

Остальные параметры соответствуют оптимальным значениям. Таким образом, было выявлено, что в оба периода года следует доводить температуру воздуха до нормативных значений.

По результатам анализа измерений параметров микроклимата, проведённых в холодный и тёплый периоды года, были предложены варианты нормализации показателей, рассматриваемые в матрице Пью:

- А – Система кондиционирования бытового типа R (A) = 161.
- В – Система инверторных кондиционеров R (B) = 165.
- С – Система кондиционирования бытового типа с зимними комплектами R (C) = 198.
- D – Приточно-вытяжная система вентиляция с функцией охлаждения R (D) = 149.

Матрица выбора Пью для систем кондиционирования и приточно–вытяжной системы

Характеристика промышленного изделия	Степень важности	Цели проектирования	Альтернативные варианты				Оценка вариантов потребителями				
			A*	B**	C***	D****	1	2	3	4	5
Производительность	9	5 кВт	-	S	+	+		*	**	***	****
Энергоэффективность	1	класс А, низкое	-	S	+	-		*	**		
Функциональность	3	7	S	+	S	+			****	***	* **
Цена	9	100 тыс. руб.	+	+	+	-	****		**		* **
Уровень шума	9	25-30 дБ	-	+	S	-		****	*	***	**
Обслуживание и эксплуатационные расходы	3	10 тыс. руб.	+	+	+	S			**** **	* ***	
Гибкость настройки	3		S	S	+	-		****		* **	***
Влияние на окружающую среду	3		-	S	-	+			**	* ***	****
Долговечность	9	20 лет	-	-	S	+		* **	***	****	

Анализ исследований показал, что:

1. Система кондиционирования бытового типа с зимними комплектами- является наиболее эффективным и рациональным вариантом по сравнению с остальными;
2. Недостатком приточно-вытяжной системы вентиляции является её стоимость и сложность в обслуживании;
3. Система кондиционирования бытового типа является нефункциональной в связи с тем, что по условиям эксплуатации она не может использоваться при температуре наружного воздуха ниже +16 °С;
4. Система инверторных кондиционеров является также эффективным методом нормализации параметров микроклимата, однако она имеет ряд недостатков таких, как: недолговечность и затраты на обслуживание.

Также предлагается автоматически регулировать температуру воздуха в помещениях с помощью экосистемы, включающей в себя несколько устройств, работающих через энергосберегающий протокол Zigbee, например, Яндекс. Для подключения кондиционеров к экосистеме необходимо использовать умную розетку, датчики и станцию, которые объединены в общую систему в приложении от Яндекса

Таким образом, автоматизация и модернизация системы кондиционирования является необходимой мерой, которая позволит улучшить условия труда, повысить производительность и работоспособность, а также снизить риски для здоровья работников Единого деканата.

Библиографический список:

1. ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
2. Гони́на Е.С. Особенности формирования микроклимата отапливаемых помещений // вестник магистратуры. – 2020. – № 2-1. – С. 103–114.
3. Корчков А.П. Микроклимат помещений // Вестник магистратуры. – 2020. – № 2-1. – С. 14–18.

ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ПОДСИСТЕМЕ УЧЕТА ПРИСУТСТВУЮЩИХ СТУДЕНТОВ НА ЗАНЯТИЯХ В УНИВЕРСИТЕТЕ

Шуткова А.В.

Научный руководитель: Волкова Г.Д. – к.т.н., доцент

*Кафедра информационных технологий и вычислительных систем
МГТУ «СТАНКИН»*

В современном обществе организуются такие мероприятия, на которых собирается большое количество людей. Примером таких мероприятий могут послужить совещания, концерты, учебные занятия и др. (рис. 1).



Рис. 1. Виды массовых мероприятий

Зачастую проведение этих мероприятий требует определения количества присутствующих и, в некоторых случаях, идентификации этих людей.

Задача учета присутствующих включает в себя несколько ограничений:

- учет присутствующих должен быть точным и достоверным, чтобы избежать ошибок в определении количества людей и предоставлении неправильной информации;
- учет должен проводиться в кратчайшие сроки до, после или во время мероприятия, чтобы предоставить актуальную информацию о присутствующих и не отнять много времени от самого мероприятия;
- на некоторых мероприятиях при учете присутствующих необходимо обеспечить конфиденциальность данных и соблюдение требований по защите персональных данных.

Для того, чтобы более детально выявить пути решения проблемы учета присутствующих, необходимо рассмотреть ее специфику, например, в образовательных учреждениях. Образовательная деятельность изначально предполагает учет присутствующих на занятиях, в частности, в университетах.

В настоящее время университеты сталкиваются с необходимостью точного и быстрого контроля присутствия учащихся на занятиях [1]. Особенно это актуально в связи с наблюдаемым ростом числа обучающихся.

Традиционные методы учета присутствующих без использования цифровых средств, такие как переключки и бумажные журналы, требуют значительных временных затрат. Популярными методами учета с использованием цифровых средств, такие как системы распознавания лиц и RFID-метки, являются эффективными автоматизированными методами, однако каждый из методов требует выделения достаточно большого бюджета. Приобретающий популярность метод учета присутствия – использование уникальных меток, таких как штрих-коды, QR-коды, наиболее распространен в поликлиниках, концертах, но не в образовательной деятельности.

Вследствие этого было проведено исследование и сформированы требования к разработке подсистемы учета присутствующих студентов на занятиях в университете с использованием технологии QR-кодов для повышения эффективности образовательного процесса.

В качестве требований к подсистеме было выделено следующее:

- подсистема должна обеспечивать воспроизведение, отображение и хранение данных о студентах, преподавателях, занятиях и временных метках, а также автоматизированное формирование отчетности в форматах .XLS и .XLSX;
- должна быть использована технология QR-кодов [2], которая позволит фиксировать информацию о фамилии, имени, отчестве студента, группе, дисциплине и времени занятия, формировать временные таблицы и хранить архивные данные в базе данных;
- подсистема должна быть реализована как веб-сервис с мобильным исполнением на смартфонах и стационарным на автоматизированных рабочих местах, требующих постоянного интернет-соединения.

Должно быть выделено три роли пользователей: преподаватель, проводящий опрос и генерирующий статистику; обучающийся, сканирующий коды и проходящий авторизацию; администратор, актуализирующий данные об обучающихся, преподавателях и учебных дисциплинах (рис. 2).

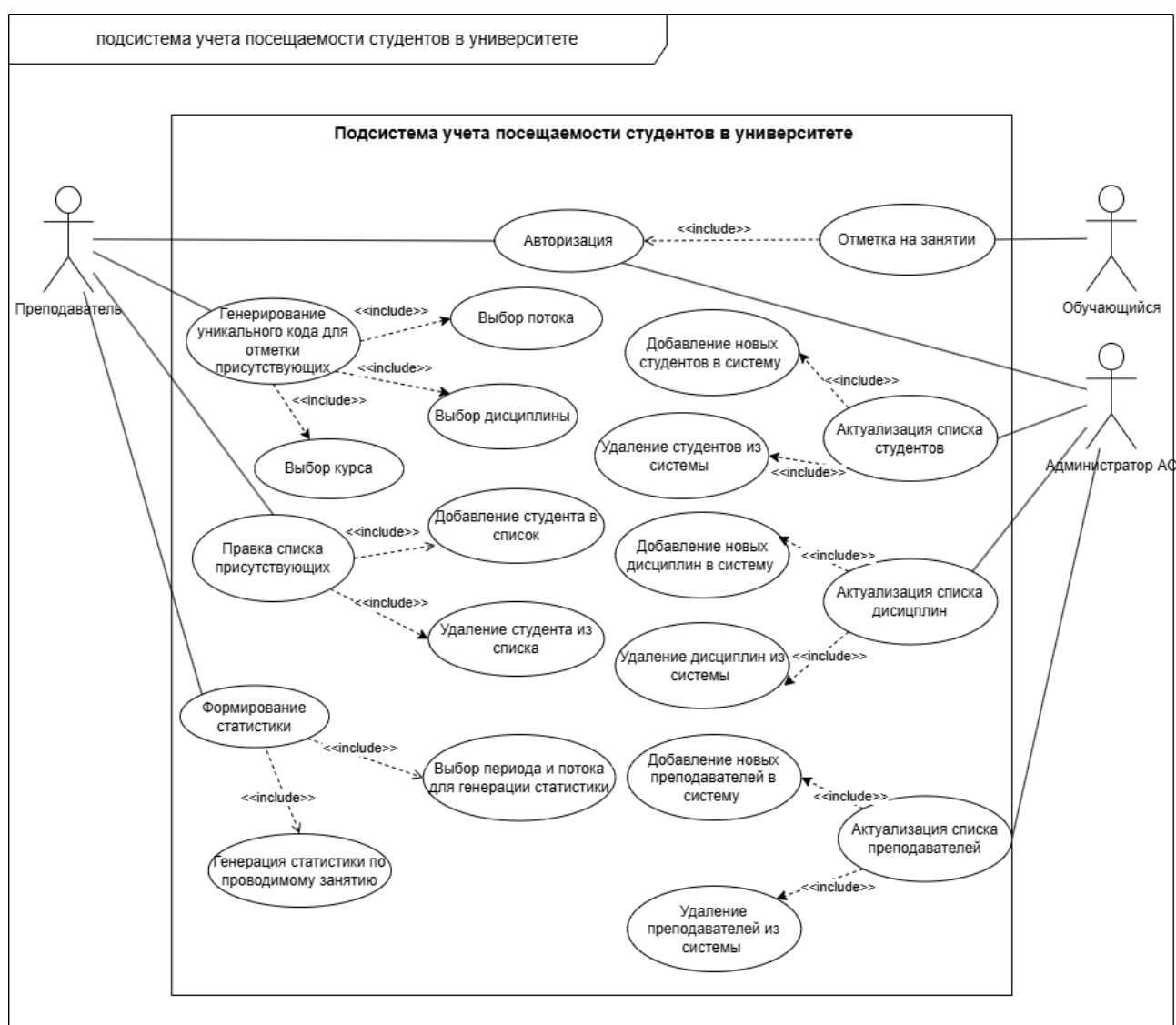


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования для всех ролей подсистемы учета присутствующих в университете

Формирование QR-кода должно быть динамическим. Изначально при запуске генерации код является активным 5 секунд, что является достаточным для сканирования кода, в ином случае код генерируется заново, а первый код не является действительным. После повторной генерации кода необходимо отсканировать новый код.

Если код отсканирован, то выдается ссылка на авторизацию. 20 секунд достаточно для того, чтобы ввести логин и пароль, в ином случае студенту будет выведено сообщение о том, что сессия недействительна и что необходимо отсканировать новый код.

Если обучающийся попал во все временные рамки в процессе отметки о посещении, то запись об отметке попадает в базу и выводится сообщение о том, что студент успешно отметил на занятии (рис. 3).

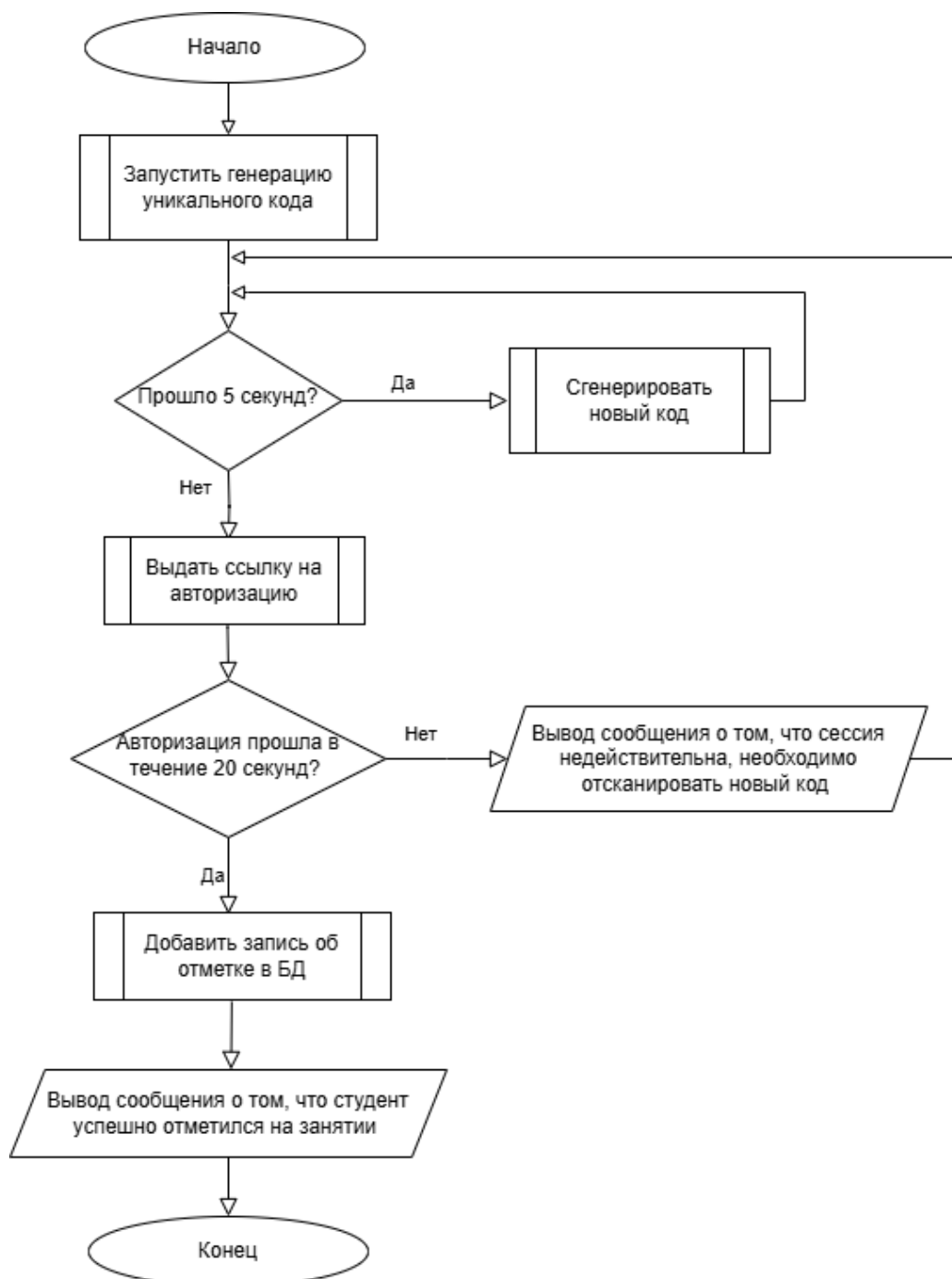


Рис. 3. Блок-схема генерации уникального кода

Таким образом, на основе сформированных требований была разработана первая версия подсистемы учета присутствующих в университете в рамках выполняемой научной работы.

Библиографический список:

1. Татаринов К.А., Бовкун Л.Е. Мобильные технологии в образовании // Азимут научных исследований: педагогика и психология URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mobilnye-tehnologii-v-obrazovanii>.
2. Баев А.А., Евдокимов А.О., Костицына К.О. Анализ работы системы контроля и управления доступом (СКУД) с помощью QR-кода // Актуальные исследования. – 2022. – № 5 (84). – С. 13–16. URL: <https://apni.ru/article/3686-analiz-raboti-sistemi-kontrolya-i-upravleniya>.

Научное издание

**Материалы заключительного этапа студенческой
научно-практической конференции
«Автоматизация и информационные технологии (АИТ-2025)»**

Сборник докладов