

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Неразрушающего контроля
Направление подготовки Приборостроение
Кафедра Физических методов и приборов контроля качества

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Методы улучшения метрологических характеристик двухкоординатного стола УДК 006.91

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4Б	Ералинова Гульмира Маратовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Федоров Е.М.	Кандидат технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав.кафедрой.	Чистякова Н.В.	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	Кандидат технических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ФМПК	Суржиков А.П.	профессор, доктор физ.- мат.		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Неразрушающего контроля
Направление подготовки (специальность) Приборостроение
Кафедра Физических методов и приборов контроля качества

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистеркой диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ4Б	Ералинова Гульмира Маратовна

Тема работы:

Методы улучшения метрологических характеристик двухкоординатного стола

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Объект контроля - двухкоординатный стол

Метод контроля – бесконтактный метод поверки

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Анализ двухкоординатного станка кафедры ИТПС Анализ методов и средств поверки станков с ЧПУ Разработка технических требований к метрологическому обеспечению двухкоординатного станка кафедры ИТПС Разработка программы исследования погрешности двухкоординатного станка с ЧПУ Разработка методики исследования погрешности двухкоординатного станка с ЧПУ
Перечень графического материала	Презентация магистерской диссертации в программе Microsoft Office Power Point 2007
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Чистякова Н.В.
Социальная ответственность	Анищенко Ю.В.
Английский язык	Ковалева Ю.Ю.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
6 Разработка методики исследования погрешности двухкоординатного станка с ЧПУ	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Федоров Е.М.	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4Б	Ералинова Гульмира Маратовна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ4Б	Ералиновой Гульмире Маратовне

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	Физических методов и приборов контроля качества
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	«Приборостроение»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	максимально допустимое плановое количество сырья, материалов
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	При приобретении спецоборудования учтены затраты по его доставке и монтажу в размере 15 % от его цены

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам.
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	В процессе определяются изначальные цели, содержание, а также фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать, и влиять на общий результат научного проекта
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>«Портрет» потребителя результатов НТИ</i>
2. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
3. <i>Матрица SWOT</i>
4. <i>График проведения и бюджет НТИ</i>
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</i>
6. <i>Потенциальные риски</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой	Чистякова Наталья Олеговна	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4Б	Ералинова Гульмира Маратовна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ4Б	Ералиновой Гульмире Маратовне

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	Физических методов и приборов контроля качества
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Двухкоординатный стол, используемый для организации лабораторных работ.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты).	К физико-химической вредности относится электромагнитное излучение. Выявленные опасные факторы: 1) Превышение уровней шума; 2) Температура воздуха рабочей зоны (отклонение показателей от нормы) 4) Недостаточная освещенность рабочей зоны; 5) Повышенная или пониженная влажность воздуха; 6) Движущиеся механизмы станка; 7) Электрический ток.
2. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);	Анализ воздействия объекта исследования на литосферу гидросферу и атмосферу

– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Возможные ЧС техногенного характера
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Требования к компоновке рабочей зоны

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4Б	Ералинова Гульмира Маратовна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 110 с., 22 рис., 23 табл., 25 источников.

Ключевые слова: двухкоординатный стол, погрешность, метрологическое обеспечение, методы поверки, средства поверки.

Объектом исследования является двухкоординатный стол.

Цель работы – исследование метрологических характеристик двухкоординатного станка.

В процессе исследования проводились: анализ двухкоординатного станка кафедры «Измерительная техника и приборостроение», анализ методов и средств поверки станков с ЧПУ.

В результате исследования были проведены: разработка технических требований к метрологическому обеспечению двухкоординатного станка кафедры «Измерительная техника и приборостроение» и разработка программы исследования погрешности двухкоординатного станка с ЧПУ, разработка методики исследования погрешности двухкоординатного станка с ЧПУ.

Степень внедрения: макет.

В будущем планируется: организация лабораторных работ с научно-исследовательским содержанием.

Определения, обозначения, сокращения.

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Координатный стол: мехатронная производственная установка, оснащается приводами, информационно-измерительными устройствами и компьютерной системой управления и предназначен для точного перемещения рабочего органа относительно обрабатываемой детали в процессе выполнения той или иной технологической операции.

Поверка средств измерений: совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим характеристикам.

Измерение: совокупность операций для определения отношения одной (измеряемой) величины к другой однородной величине, принятой всеми участниками за единицу, хранящуюся в техническом средстве (средстве измерений).

Принцип измерений: физическое явление или эффект, положенный в основу измерений.

Метод измерений: приём или совокупность приёмов сравнения измеряемой физической величины с её единицей в соответствии с реализованным принципом измерений. Метод измерений обычно обусловлен устройством средств измерений.

Погрешность измерения: отклонение измеренного значения величины от её истинного (действительного) значения. Погрешность измерения является характеристикой точности измерения.

Абсолютная погрешность измерения (англ. absolute error of a measurement): погрешность измерения, выраженная в единицах измеряемой величины.

Относительная погрешность измерения (англ. relative error): погрешность измерения, выраженная отношением абсолютной погрешности измерения к действительному или измеренному значению измеряемой величины.

Обозначения и сокращения

ЧПУ - числовое программное управление;

ШД – шаговой двигатель;

ПК – персональный компьютер.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ Р ИСО 230-1-2010. Испытания станков. Часть 1. Методы измерения геометрических параметров
2. ГОСТ 8.009-84 Нормируемые метрологические характеристики средств измерений
3. ГОСТ 12.0.003-74* (СТ СЭВ 790-77). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
4. ГОСТ 27409-97 Шум. Нормирование шумовых характеристик стационарного оборудования. Основные положения
5. ГОСТ 12.2.003 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности»
6. ГОСТ 12.2.029 «Приспособления станочные. Общие требования безопасности»
7. ГОСТ ИЕС 61140-2012 Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования

Оглавление

Введение	
1 Анализ двухкоординатного станка кафедры ИТПС	
1.1 Общие сведения	
1.2 Принцип работы двухкоординатного станка	
1.3 Описание специального программного обеспечения	
2 Анализ методов и средств поверки станков с ЧПУ	
2.1 Методы измерения и принципы применения средств измерения	
2.2 Методы поверки станков с ЧПУ	
2.3 Средства поверки станков с ЧПУ	
2.3.1 Поверочные линейки	
2.3.2 Индикаторы	
2.3.3 Оптические приборы (коллиматоры)	
2.3.4 Эталонные кондукторы	
2.3.5 Лазерная линейка	
2.3.6 Натянутая струна и микроскоп	
2.3.7 Визирная труба	
2.3.8 Лазерный фотоэлектрический датчик	
2.3.9 Лазерный интерферометр с призмой Уоллстона	
2.3.10 Лазерные триангуляционные датчики	
3 Разработка технических требований к метрологическому обеспечению двухкоординатного станка кафедры ИТПС	
3.1 Требования к условиям проведения и средствам проведения исследования	
4 Выбор оборудования	
5 Разработка программы исследования погрешности двухкоординатного станка с ЧПУ	
6 Разработка методики исследования погрешности	

двухкоординатного станка с ЧПУ	
6.1 Внешний осмотр	
6.2 Опробование	
6.3 Измерение диапазона перемещения по оси X	
6.4 Измерение диапазона перемещения по горизонтали, координата У (вправо-влево)	
6.5 Определение погрешности измерений перемещения по оси X (вперед-назад)	
6.6 Определение погрешности измерений перемещения по горизонтали, координата У	
6.7 Результаты исследований	
Заключение	
Список использованной литературы	

Введение

Существует два метода поверки станков с ЧПУ: контактный метод и бесконтактный метод поверки [9].

Контактные методы требуют во многих случаях применения специальных контрольных оправок и точной оснастки (угольники, линейки, эталонные ходовые винты и др.), вносящих дополнительные погрешности в получаемые результаты [9].

Этими методами, как правило, измеряют предельные отклонения, и они мало приспособлены для измерения параметров траекторий узлов станка [9].

Стандартные проверки позволяют оценить лишь нахождение данного параметра в пределах допуска [9].

Бесконтактные методы измерения обеспечивают более широкие возможности оценки выходных параметров станка, характеризующих его точность.

Они позволяют автоматизировать процесс измерения и получить массив данных при многократных измерениях, фиксировать результаты графически, на дисплее или в виде протокола испытаний, перерабатывать информацию с оценкой более широкой номенклатуры показателей, характеризующих точность станка [9].

Научно-исследовательская работа посвящена исследованию метрологических характеристик двухкоординатного станка и организации лабораторных работ с научно-исследовательским содержанием.

Для организации данного исследования используется координатно-сверлильный, фрезерный станок, изготовленный магистром кафедры «ИТПС» КарГТУ Берденниковым Д.

Станок собран в основном из заводских заготовок, только несущий каркас собран из ДСП-плиток толщиной 20мм [5].

Габаритные размеры составляют 594x492x416 мм. Размеры рабочего поля по ХУ равны 240x100мм, движение по оси Z РАВНО 140мм. Общий вид приведен на рисунке 1.1 [1] [5] .

Актуальностью выполнения данной работы является исследование метрологических характеристик двухкоординатного станка, а также создание более нового метрологического обеспечения.

Цель работы заключается в разработке метрологического обеспечения позволяющего оценить метрологические характеристики двухкоординатного станка с ЧПУ собранного на кафедре «ИТПС»

В соответствии с поставленной целью в работе решались следующие задачи:

- анализ двухкоординатного станка кафедры ИТПС;
- анализ методов и средств поверки станков с ЧПУ;
- анализ методов измерения и принципов применения средств измерения;
- разработка технических требований к метрологическому обеспечению двухкоординатного станка кафедры ИТПС;
- выбор оборудования;
- разработка программы исследования погрешности двухкоординатного станка с ЧПУ;
- разработка методики исследования погрешности двухкоординатного станка с ЧПУ;

Диссертация состоит из 6 глав: из введения основной части и заключения.

В первой главе подробно описывается принцип работы двухкоординатного станка кафедры «ИТПС», его программное обеспечение и метод задания координат.

Во второй главе подробно описаны средства и методы измерений используемые для оценки метрологических характеристик станка [17].

В третьей главе были разработаны технические требования к метрологическому обеспечению двухкоординатного станка кафедры ИТПС

Также была разработана программа исследований позволяющая определить: измерение диапазона перемещения по оси X (вперед-назад), измерение диапазона перемещения по горизонтали, координата Y (вправо-влево).

А также была определена погрешность перемещения по оси X (вперед-назад) и погрешности измерений перемещения по горизонтали, координата Y.

Апробация результатов. Основные положения данной диссертационной работы были представлены в следующих конференциях:

- VI Научно-практическая конференция «ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ» с международным участием- г.Томск, 27-30 мая 2015г.

- VI Международно научно-практическая интернет-конференция «Актуальные научные исследования в современном мире» - г.Переяслав-Хмельницкий, 26-27 октября 2016г.

- Межвузовская студенческая научная конференция «Инновации в технике, технологии и образовании» г. Караганда, Карагандинский государственный технический университет, 2015г.

- Межвузовская студенческая научная конференция «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» г. Караганда, Карагандинский государственный технический университет, 2015г.

- Вклад молодежной науки в реализацию Стратегии «Казахстан -2050», Тезисы докладов республиканской студенческой научной конференции, г. Караганда, Карагандинский государственный технический университет, 2016г.

1 Анализ двухкоординатного станка кафедры ИТПС

1.1 Общие сведения

Для организации лабораторных работ с научно-исследовательским содержанием используется координатно-сверлильный, фрезерный станок, изготовленный магистром кафедры «ИТПС» КарГТУ Берденниковым Д.

Станок собран в основном из заводских заготовок, только несущий каркас собран из ДСП-плиток толщиной 20мм [5].

Габаритные размеры составляют 594x492x416 мм. Размеры рабочего поля по ХУ равны 240x100мм, движение по оси Z РАВНО 140мм. Общий вид приведен на рисунке 1.1 [1] [5] .

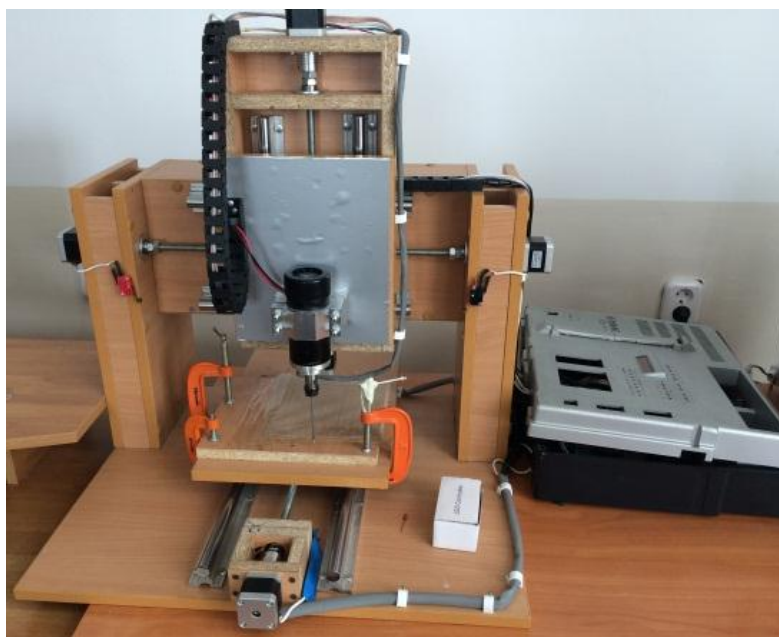


Рисунок 1.1- Общий вид станка

Рабочий орган представляет собой патрон, в который можно зажать режущий инструмент (сверло или фреза и др.). Специальный шаговой двигатель обеспечивает вращение инструмента до 12000 об/мин[5] .

Обрабатываемая деталь (печатная плата) устанавливается и закрепляется на горизонтальном столе, который может «вперед- назад» (ось X) [5] .

Передвижение «вправо- влево» по оси Y обеспечивается вертикально расположенным суппортом, на нем же обеспечивается передвижение сверла «вверх-вниз», по оси Z.[1] Все передвигающиеся площадки установлены на алюминиевые направляющие пары, само передвижение выполняется резьбовыми стрелками, приводимые во вращение индивидуальными шаговыми двигателями (сокращенно-ШД). Для управления ШД используются электронные драйверы [5].

В выполнении передвижения центра сверла участвуют: шаговой двигатель, муфта и ходовой винт. Расстояние от точки А до точки В определяется в первую очередь шагом ходового винта и разрешающей способностью шагового двигателя, т.е. количеством шагов (импульсов), требуемых для одного полного оборота [5].

Для управления шаговыми двигателями, включением отключением шпинделя Берденниковым была выбрана плата АЗ TB6560 DRIVERBOARD 3 AXIS [5] .

Данная плата имеет микрошаговый режим управления шаговыми двигателями с делениями шага:1, 1/2, 1/8 и 1/16. В данном станке было использовано деление шага 1/2 т.к. данный режим позволяет получить максимальный момент на валу. То есть для того чтобы сделать полный шаг необходимо совершить 2 микрошага.[2]

1.2 Принцип работы двухкоординатного станка

Станок управляется программно посредством ПК или другого компьютера. Каждая ось имеет свой привод и драйвер. Все четыре драйвера управления ШД подключены к LPT-порту ПК. Программа управления создается в среде Mach-3 [5] .

Для управления шаговым двигателем использовались микросхемы ТВ6560. Данные микросхемы предназначены специально для работы в драйверах шаговых двигателей. В ЧПУ станке используется полушаговый режим работы двигателя, данный режим работы выбран для получения максимального момента на валу 5] .

Index	1a	1b	2a	2b
1	+	-	-	-
2	+	+	-	-
3	-	+	-	-
4	-	+	+	-
5	-	-	+	-
6	-	-	+	+
7	-	-	-	+
8	+	-	-	+
9	+	-	-	-
10	+	+	-	-
11	-	+	-	-
12	-	+	+	-
13	-	-	+	-
14	-	-	+	+
15	-	-	-	+
16	+	-	-	+

Рисунок 1.2 – Таблица подачи напряжения на обмотки шагового двигателя, для режима с половинным шагом [5]

Также данный режим имеет большую точность и плавность хода по сравнению с режимом полный шаг. Таблица подачи напряжения на обмотки двигателя 1a,1b, 2a, 2b приведена на рисунке 1.2. [5]

Драйвер шагового двигателя обеспечит данный режим работы в соответствии со схемой изображенной на рисунке 1.3[5] .

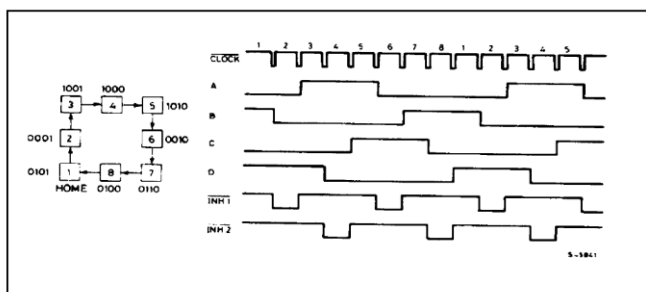


Рисунок 1.3 – Диаграмма работы драйвера ТВ6560в полушаговом режиме [5]

Данный драйвер работает в режиме широтно импульсной модуляции с частотой 150 кГц. При подаче на обмотки шагового двигателя напряжения измеряется ток, проходящий через обмотки, по достижению номинального тока, напряжение перестает подаваться на обмотки двигателя, до начала следующего периода, затем процесс повторяется. Измерение тока в обмотках осуществляется, с помощью 2х резисторов включенных в цепь питания обмоток [5].

Таким образом управление шаговым двигателем осуществляется с помощью установки положительного или нулевого напряжения на выводе микросхемы TB6560. Для выбора направления и подачи тактового импульса для одного шага в этом направлении. Таких драйверов использовалось 3 для осей X, Y, Z [5] (принципиальная схема станка на рисунке 1.5) .

С учетом этих данных, Берденников для управления шаговыми двигателями выбрал плату “TB6560 DRIVER BOARD 3 AXIS” фирмы “AG CNC” [5] .

Все 3 оси станка имеют одинаковую кинематическую схему [5].

Кинематическая схема оси станка приведена на рисунке 1.4 [5].

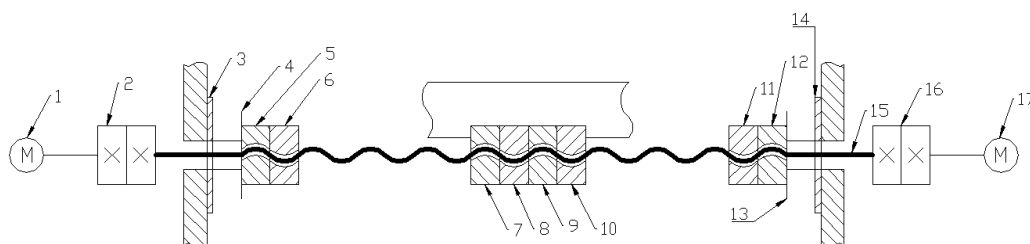


Рисунок 1.4 – Кинематическая схема оси ЧПУ станка [5]

Вращательное движение создается двумя шаговыми двигателями 42BYGHW 1,17 , данные двигатели с помощью гибких муфт 2,16 соединены с валом 15, который создает линейное перемещение платформы скрепленной с гайками 7-10. Также на схеме есть гайки 5,6,10,11, гайки попарно затянуты в

противоположные стороны, они служат для предотвращения линейного перемещения вала. Данные гайки плотно прижаты к внутренним кольцам подшипников 4,13. А внешние кольца подшипников плотно прижаты к шайбам 3,14. Таким образом, внутренние кольца вместе с гайками и штифтом совершают вращательное движение, а внешние кольца остаются неподвижными [5].

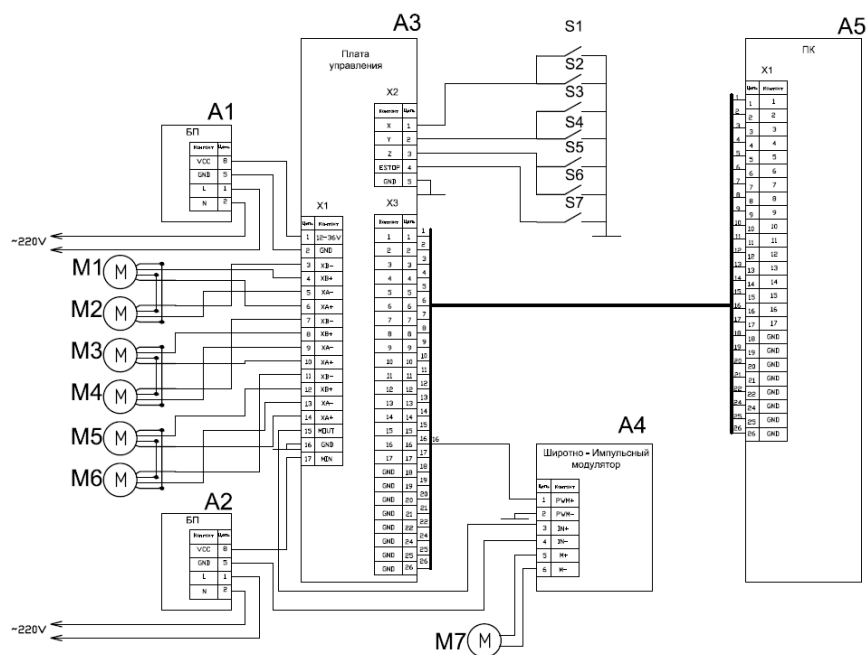


Рисунок 1.5 – Принципиальная схема двухкоординатного станка

Для управления ЧПУ станком, также использовалось 6 датчиков торможения, используемых для защиты от поломки ЧПУ станка, а также выставления нулевого положения шпинделя (рисунок 1.5). Данные датчики работают по принципу переключателей, по достижению края рабочего поля ЧПУ станка данный датчик замыкается и останавливает подачу напряжения на двигатель. Для связи данного драйвера с ПК будет использоваться порт LPT [5].

1.3 Описание специального программного обеспечения

Программы управления двухкоординатным станком делятся на 3 части: программа для создания изображения или 3d модели фрезеруемой детали, программа для конвертации данного изображения или 3d модели в G-код и M-код, программа исполнения G, M-кодов. G – код это код управления положением режущего инструмента, в данном случае шпинделя, а M-код это код управления режимом работы станка в данном случае, включением, отключением шпинделя установкой числа оборотов [5] .

В качестве программы для создания векторного изображения и преобразования его в G,M-коды, Берденников выбрал программу Inscapе с плагином GcodeTools, данная программа предоставляется по лицензии GNU GPL она абсолютна бесплатна для коммерческого или не коммерческого использования, что и послужило основой моего выбора данного программного обеспечения. Данное программное обеспечение имеет следующие возможности [5]:

- 1)Gcodetoolscnc обработка площади
- 2)Экспорт в Gcode
- 3)Экспорт кривых в Gcode
- 4)Gcodetools гравировка от Rene
- 5)Автоматическое разбиение кривых для достижения заданной степени точности
- 6)Аппроксимация с использованием круговой интерполяции (G02 и G03)
- 7)Экспорт Gкода в параметрической или обычной формах
- 8)Обработка со сменой инструментов
- 9)Добавление собственных заголовков и окончаний
- 10)Многопроходная обработка
- 11)Выбор единиц измерения
- 12)Обработка на токарном станке

- 13) Автоматическое добавление цифрового суффикса к названию сохраняемого файла
- 14) Расчет чистового прохода
- 15) Создание траекторий для обработки детали на токарном станке
- 16) Задание количества чистовых проходов
- 17) Задание заглабления при чистовом проходе
- 18) Замена стандартных осей
- 19) Два различных метода вычисления чистовых проходов
- 20) Создание траекторий для обработки площади контуров
- 21) Обработка площади контуров
- 22) Гравировка фигурными фрезами
- 23) Возможность коррекции созданных траекторий
- 24) Задание произвольной формы фрезы
- 25) Создание траекторий для обработки контуров фигурной фрезой
- 26) Задание различных параметров инструмента и обработки (диаметр инструмента, скорость обработки, заглабление за проход, скорость заглабления, задание произвольного кода перед/после заглабления, форма инструмента, произвольный код смены инструмента)
- 27) Библиотека инструментов
- 28) Возможность обработки со сменой инструмента
- 29) Возможность копирования инструментов
- 30) Задание масштабирования по всем осям [3]
- 31) Система ориентирования
- 32) Задание смещения по всем осям
- 33) Задание поворотов в плоскости XY
- 34) Постпроцессор, Создание произвольной программы постпроцессора или выбор из стандартного набора
- 35) Ориентация по произвольным точкам
- 36) Произвольная замена команд (в том числе одновременная замена)
- 37) Масштабирование и смещение Gcode

- 38)Округление длинны дробной части чисел в Gкоде
- 39)Параметризация Gcode
- 40)Выделение маленьких контуров (возможных артефактов area)
- 41)Предварительная проверка рисунка [5]

В качестве программного обеспечения для выполнения G,M кодов Берденников использовал MACH3. Данное программное обеспечения является наилучшим программным обеспечением под Windows для интеграции с ЧПУ, без использования специальных плат от производителей программы для управления ЧПУ. Данная программа, полностью поддерживает все функции заложенные мной в ЧПУ станке при разработке принципиальной схемы, а именно: остановка станка при срабатывании концевого выключателя, управления шаговыми двигателями через STEP,DIR,ENABLE выходы, задания максимальной скорости и ускорения двигателей, возможность подавать сигнал ШИМ на управляющую плату [5].

Метод задания координат: координаты передвижения станка с ЧПУ задаются при помощи G-кода в программе MACH3 [5].

Команда G00 используется для ускоренного перемещения в определенную точку [11].

Для перемещения сверла «вперед-назад» на 10 мм в программе MACH3 будет задана команда G00 X10- это значит что проведется ускоренное перемещение в точку с координатой X=10 мм.

Для перемещения сверла «вправо-влево» будет задана команда G00 Y10.

По оси Z перемещения выполняются, так же как и по осям Y и X, но в метрологическое обеспечение оценка этой координаты входит не будет.

Вывод: метрологическое обеспечение должно соответствовать точности перемещения по горизонтали и по оси X (вперед- назад).

Технические характеристики средств поверки должны быть не хуже 0,05мм.

2 Анализ методов и средств поверки станков с ЧПУ

Поверка средств измерения – это выполнение ряда операций, позволяющих определить метрологические характеристики поверяемого прибора [15].

Основная цель поверки средств измерений это - в соответствии с разработанным и утвержденным порядком осуществить передачу рабочим средствам измерений размер единиц величин от исходных эталонных средств [15].

Эксплуатация средств измерения, не прошедших своевременную поверку, может приводить к получению ложной информации о ходе технологического процесса. В этом случае отличие полученных измерений от действительных значений не предсказуемо [15].

Возможные результаты такой ситуации: нарушение работы систем безопасности, выход бракованной продукции, аварии технологического оборудования. Устранение последствий связано со значительными временными и экономическими потерями [15].

Проверка средств измерений возложена на аккредитованные в этой области лица. На лица, использующие средства измерения, возложена обязанность своевременного предоставления средств на поверку [15].

Методы поверки средств измерения определяются последовательностью операций и составом используемых средств, необходимых для определения метрологических характеристик поверяемого изделия [15].

2.1 Методы измерения и принципы применения средств измерения

При испытании станка иногда бывает достаточно убедиться, не превышают ли фактические отклонения допустимые значения (например, при применении предельных калибров) [17].

Зачастую для определения фактических отклонений от допустимых

следует проводить измерения, связанные со значительными затратами времени [17].

Кроме того, при проведении измерений следует учитывать погрешности, вызванные неточностью средств измерения или несовершенством применяемых методов измерения [17].

Методы и средства измерения не должны приносить погрешности, превышающие определенную часть допустимого отклонения измеряемой величины [17].

Так как точность применяемых средств измерения в различных лабораториях может быть разной, необходимо, чтобы каждое средство измерения имело градуировочную характеристику [17].

Очень важно, чтобы контролируемый станок и средства измерения были защищены от внешних воздействий: сквозняков, потоков светового или теплового излучений (лучи солнца, близко расположенные источники света, тепла и т.п.) [17].

До начала измерений должна быть обеспечена стабильная температура помещения, применяемых средств измерения, контролируемого станка [17].

Для обеспечения достоверных данных измерения следует повторять несколько раз. За результат следует принимать среднеарифметическое значение измерений [17].

Результаты повторных измерений не должны существенно отличаться друг от друга [17].

Если эти отличия велики, следует выяснить их причину - метод измерения, средства измерения или сам станок [17].

2.2 Методы поверки станков с ЧПУ

Существует 2 метода поверки станков с ЧПУ: контактный метод и бесконтактный метод поверки [11].

Контактные методы требуют во многих случаях применения специальных контрольных оправок и точной оснастки (угольники, линейки, эталонные ходовые винты и др.), вносящих дополнительные погрешности в получаемые результаты [11].

Этими методами, как правило, измеряют предельные отклонения, и они мало приспособлены для измерения параметров траекторий узлов станка [11].

Стандартные проверки позволяют оценить лишь нахождение данного параметра в пределах допуска [11].

Бесконтактные методы измерения обеспечивают более широкие возможности оценки выходных параметров станка, характеризующих его точность.

Они позволяют автоматизировать процесс измерения и получить массив данных при многократных измерениях, фиксировать результаты графически, на дисплее или в виде протокола испытаний, перерабатывать информацию с оценкой более широкой номенклатуры показателей, характеризующих точность станка [11].

Для проведения испытаний – проверки на геометрическую точность - необходимо иметь ряд инструментов и приборов [11].

Для всех станков и каждой поверки в ГОСТ конкретно указаны необходимые измерительные средства [11].

2.3 Средства поверки станков с ЧПУ

Описанные средства отбирались из тех, для которых требуются наиболее простые средства измерения (поверочные линейки, поверочные угольники, контрольные оправки, уровни, индикаторы часового типа и т.п.) [25].

Однако следует иметь в виду, что в настоящее время нашли широкое применение и другие методы измерения, особенно связанные с использованием

оптических и электронных приборов, а также приборов с применением вычислительной техники [25].

Измерение некоторых крупногабаритных деталей станков часто требует применения специальных приборов, обеспечивающих удобное и быстрое выполнение измерительных операций [25].

2.3.1 Поверочные линейки

Поверочные линейки бывают с широкой рабочей поверхностью и лекальные [11].

Первые применяются для контроля прямолинейности или плоскостности рабочих поверхностей столов, плит, направляющих и т.п. методом линейных отклонений (при помощи щупов) или проверкой «на краску» [11].

Из линеек с широкой рабочей поверхностью преимущественно применяются чугуновые двутаврового сечения и чугуновые мостики длиной 500-4000мм, стальные двутавровые линейки по особому заказу изготавливаются до 6000мм [11].

Лекальные линейки всех видов – плоские с односторонним или двусторонним скосом, трех- и четырехгранные-изготавливаются на стали и применяются для контроля «на просвет» небольших плоскостей. Длина таких линеек обычно не превышает 300мм [11].

Момент инерции сечения поверочных линеек должен быть таким, чтобы обеспечить им надлежащую жесткость: линейки, концы которых свободно лежат на опорах, не должны прогибаться под собственным весом более чем на 10мм на 1 м длины линейки [11].



Рисунок 2.1- Примеры конструктивного исполнения поверочных линейек: а - в виде мостика, б - в виде двутаврового сечения, в – четырехгранные, г – трехгранные, д – прямоугольные [11]

Наибольшая величина естественного прогиба линейки должна быть указана на одной из ее сторон [11].

При пользовании поверочными линейками с параллельными рабочими сторонами между точками опоры линейки должно быть расстояние $\frac{5}{9}$ ее общей длины; эти точки опоры должны быть отмечены на линейке рисками [11].

На рисунке 2.1 приведены примеры конструктивного исполнения поверочных линейек [11].

При проверке шаброванных линейек по краске число пятен в квадрате со стороной 25 мм должно быть не менее: 30- для линейек класса 0; 25- для линейек класса 1 [11].

Расположение пятен должно быть равномерным по всей рабочей поверхности [11].

Отклонение поверочных линейек зависит от класса точности и типоразмера линей и колеблется от 4 до 100 мкм.

2.3.2 Индикаторы

Индикаторы являются наиболее широко применяемыми универсально – измерительными инструментами [11].

При проверках пользуются преимущественно индикаторами часового типа или рычажно- зубчатыми индикаторами с ценой деления 0,01 мм [11].

Кроме того, имеются индикаторы с ценой деления 0,002 мм и специальные «микронные» с ценой деления 0,001 мм [11].

Для точных измерений небольших отклонений можно пользоваться головками миниметров, что, однако, менее удобно [11].

Схема индикатора часового типа дана на рисунке 2.2, где он показан со стороны задней крышки [11].



Рисунок 2.2 - Индикатор часового типа [11]

Для устранения люфта в механизме индикатора предусмотрена добавочная шестеренка А со спиральной пружиной на оси [11].

Индикатор закрепляется на специальном штативе, удерживающий рычаг которого может быть удлинен за счет добавочных звеньев [11].

Таким образом, индикатор можно было быстро и удобно подвести к различно расположенным контролируемым поверхностям [11].

При измерениях, после подвода индикатора к поверхности до касания, прибору необходимо дать предварительную нагрузку, приблизив его еще на 1-2

мм (1-2 оборота стрелки), после чего установить шкалу на нуль поворотом ее за обод.

Рекомендуется после установки индикатора на нуль осторожно несколько раз оттянуть его мерительной штифт за пуговку и вновь опустить без удара [11].

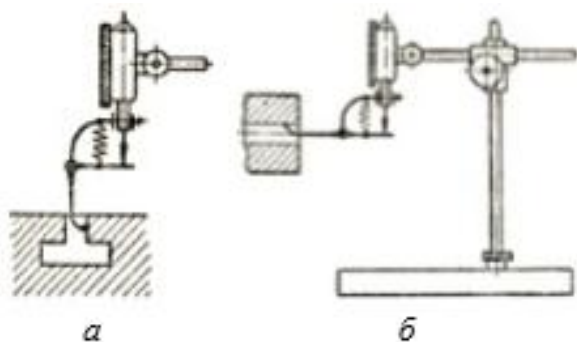


Рисунок 2.3- Индикатор с приставками для внутренних измерений [11]

Измерительное давление индикатора составляет 40-100г [11].

Для внутренних измерений к индикатору прикрепляются специальные равноплечие рычаги (рисунок 2.3 а и б), позволяющие промерять поверхности небольших отверстий диаметром 8-12 мм и боковые стороны различных пазов [11].

Допускаемая погрешность индикатора в пределах всей шкалы установлена равной в среднем до 0,1 мм [11].

2.3.3 Оптические приборы (коллиматоры)

Оптические приборы применяются для контроля длинных направляющих.

Из них кратко рассмотрим зрительную трубу с коллиматором и автоколлиматор [11].

При контроле по первой схеме (рисунок 2.4) зрительная труба 1 устанавливается неподвижно так, чтобы ее оптическая ось была направлена вдоль проверяемой направляющей 3.

Зрительная труба снабжена прозрачным экраном с темным перекрестьем, нити которого имеют деления.

На направляющую устанавливается коллиматор, играющий роль световой метки.

Коллиматор 2 представляет собой осветительное устройство, из которого световые лучи выходят параллельным пучком.

В начале испытания установкой приборов добиваются точного совпадения изображения перекрестья коллиматора по проверяемой направляющей, он будет следовать отклонениям ее профиля, вследствие чего между оптическими осями трубы и коллиматора появится некоторый небольшой угол Θ .

Это в свою очередь вызовет соответствующее смещения изображения перекрестья коллиматора на экране зрительной трубы [11].

Из-за малости углов смещения принимают линейное смещение изображения равным:

$$\Delta S = f_1 * \Theta \quad (2.1)$$

где f_1 – фокусное расстояние объектива зрительной трубы [11].

Величину этих отклонений наблюдают и отсчитывают через окуляр зрительной трубы после каждой перестановки коллиматора; для удобства перестановку всегда производят на одинаковое расстояние (100-200 мм). Чувствительность этого способа контроля составляет 0,02-0,04 мм/м [11].

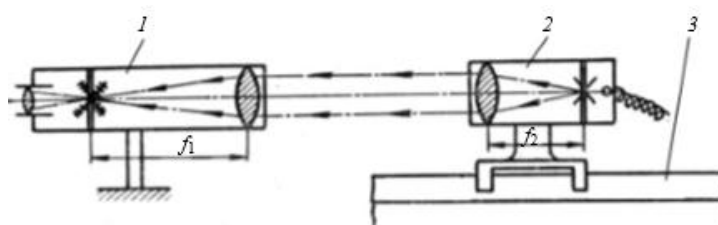


Рисунок 2.4 – Схема проверки прямолинейности направляющих посредством зрительной трубы и коллиматора:(1-зрительная труба; 2- коллиматор; 3 направляющие) [11]

Изменение расстояния между коллиматором и трубой не влияет на резкость изображения перекрестья, потому что между ними, как отмечалось, идет пучок параллельных лучей [11].

Автоколлиматор 1 представляет собой прибор, в котором объединены зрительная труба и коллиматор, а элементом, улавливающим отклонения направляющих 2 и вызывающим соответствующее отклонения изображения перекрестья на экране, служит плоское зеркало 2 на подставке (рисунок 2.5).

Свет от бокового источника падает на наклонный прозрачный экран и, отразившись на него, проходит через основной экран, на котором нанесено темное перекрестье [11].

Изображение перекрестья в виде пучка параллельных лучей выходит из трубы попадает на зеркало, отражается от него и, возвращаясь через объектив, становится видимым на том же основном экране [11].

В начале испытания установкой приборов добиваются совмещения отраженного изображения перекрестья с самим перекрестьем [11].

Это имеет место, когда плоскость зеркала перпендикулярна оптической оси автоколлиматора.

Во время проверки неточности направляющих вызывают наклоны зеркала, что в свою очередь опять – таки приводит к смещению отражения перекрестья на экране [11].

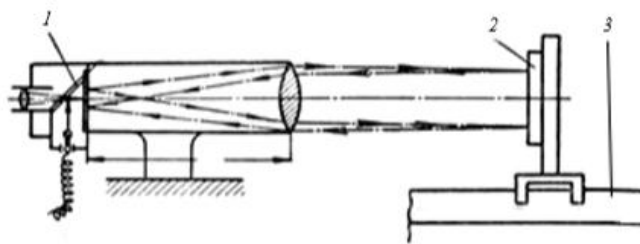


Рисунок 2.5 – Схема проверки прямолинейности направляющих посредством автоколлиматора (1- автоколлиматор, 2- зеркало, 3- направляющий)

При наклоне зеркала на небольшой угол Θ соответствующее линейное перемещение принимают равным [11] :

$$\Delta S = 2f_1 * \Theta \quad (2.2)$$

Отсюда следует, что измерения с помощью автоколлиматора могут быть произведены вдвое точнее, чем в предыдущем случае, а именно до 0,01 мм/м. Для более точного отсчета смещения ΔS следует применять микроскоп с окулярмикрометром. Изменение расстояние от объектива до зеркала на работу прибора не влияет [11].

2.3.4 Лазерная линейка

Лазерная линейка — это специальный электронный прибор, применяемый для измерения различных расстояний.

Принцип работы ее заключается в отражении от удаленного объекта лазерного луча.

Данное отражение генерируется, а результат измерений выдается на экран. Отличает лазерную линейку высокая точность измерений, а также возможность работать как в закрытых помещениях, так и на улице, при температурах до -50°C .

Многие модели не только измеряют расстояние, но и самостоятельно вычисляют объем, площадь. Лазерная линейка (на рисунке 2.7) может хранить в памяти до 10 измерений [8].

Используются данные приборы в строительстве, топографических съемках, в том числе в военном деле, в навигации [8].

Плюсы использования лазерной линейки [8] :

- лазерная линейка измеряет расстояния до 70 м. Специалисты утверждают, что при необходимости эту цифру можно увеличить на 30-40 %.
- погрешность прибора от 2 до 5 мм.
- шаг (единица) измерений – 1 мм.
- легкость использования – стоит нажать две-три кнопки и получить точное измерение.
- оперативность – результаты видны мгновенно.
- возможность работать с прибором одному человеку, без помощников.
- можно не только производить замеры расстояний, но и производить моментальные подсчеты [8].

Минусы использования лазерной линейки [8]:

- погрешности при замере маленьких расстояний.
- на больших расстояниях желательно использовать штатив.
- главный минус, который имеет лазерная линейка – цена, которая значительно превосходит механические приборы для замера расстояний [8].



Рисунок 2.6 - Лазерная линейка [8]

Если требуется измерить расстояние свыше 10 м, желательно использовать мишень для увеличения точности замера.

В качестве мишени может быть любой предмет небольших размеров, например, коробок спичек.

В этом случае луч станет отражаться от определенной мишени и измерения будут особо точными [8].

Подводя итоги, нужно сказать, что лазерная линейка, которую еще называют лазерной рулеткой или лазерным дальномером, с успехом заменяет традиционные рулетки во многих сферах производства и бизнеса. Также данный прибор все чаще приобретают для личного пользования.

Лазерный дальномер способен вычислять объем и площадь, осуществлять вычитание и сложение, что обычно приходится делать отдельно, и процесс этот долгий, а результаты зачастую неверные.

Самые продвинутые модели оснащаются функциями, которые помогают осуществить замер и вычисления неприступных отрезков, с использованием разных вариантов теоремы Пифагора про опосредованные измерения [8].

2.3.5 Лазер и фотоэлектрический датчик

В качестве эталона при измерениях используется лазерный луч. Луч направлен на фотоэлектрический датчик с четырьмя секторами, который перемещается вдоль оси лазерного луча [25] .

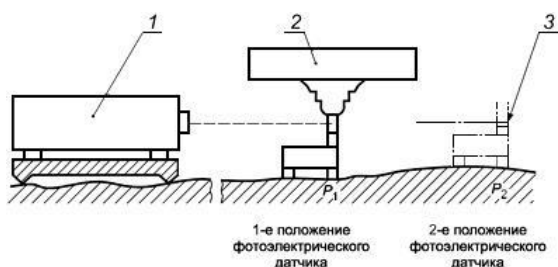


Рисунок 2.9- 1 - лазерный излучатель; 2 - регистрирующее устройство; 3 - фотоэлектрический датчик [25]

Прибор регистрирует горизонтальные и вертикальные смещения центра датчика относительно луча, которые передаются на записывающее устройство.

При измерении следует руководствоваться инструкциями изготовителя измерительного прибора [25] .

2.3.6 Лазерный интерферометр с призмой Уоллстона

Результаты измерений определяют при помощи двухзеркального уголкового отражателя [25].

Для регистрации изменений расположения визирной марки относительно оси симметрии уголкового отражателя используется лазерный интерферометр и специальные оптические элементы [25].

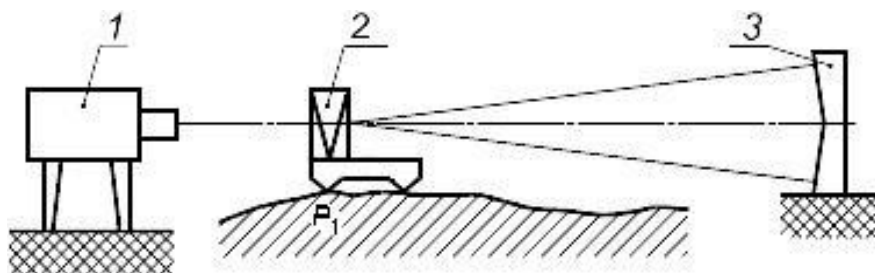


Рисунок 2.11- 1 - лазерный излучатель; 2 - интерферометр с призмой Уоллстона; 3 - уголкового отражателя [25]

Из-за разнообразия используемых в комплектации прибора оптических элементов и применяемых способов измерения различной точности следует в каждом конкретном случае руководствоваться инструкциями изготовителей измерительных приборов [25].

2.3.7 Лазерные триангуляционные датчики

Лазерные триангуляционные датчики (рисунок 2.12) предназначены для бесконтактного измерения и контроля положения, размеров, профиля поверхности, деформаций, вибраций, сортировки, распознавания технологических объектов; измерения уровня жидкостей и сыпучих материалов [6].



Рисунок 2.12 - Лазерный триангуляционный датчик

В основу работы датчика положен принцип оптической триангуляции.

Излучение полупроводникового лазера 1 фокусируется объективом 2 на объекте 6.

Рассеянное на объекте излучение объективом 3 собирается на CCD-линейке 4.

Процессор сигналов 5 рассчитывает расстояние до объекта по положению изображения светового пятна на линейке 4 [6].

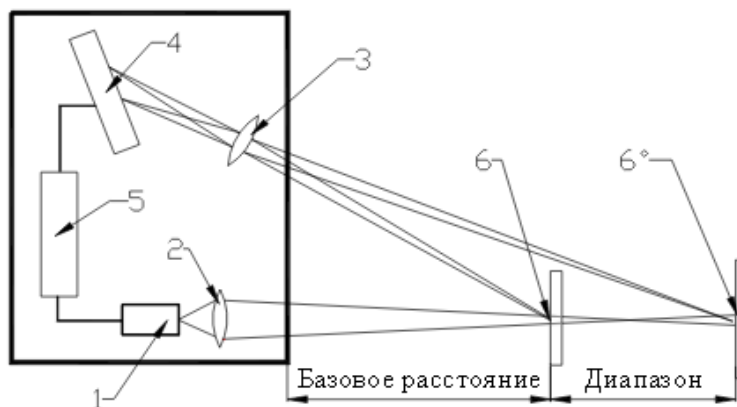


Рисунок 2.13 – Принцип работы триангуляционного датчика

Проведя анализ средств поверки станков с ЧПУ был сделан следующие
ВЫВОДЫ:

1) поверочные линейки выполняются под заказ, и имеют тяжелый вес, что крайне не удобно для проведения замеров по двум координатам.

2) Минусом индикаторов и натянутой струны (с микроскопом) является маленький ход (10-20мм) для замера больших расстояний.

3) оптические приборы (коллиматоры), визирная труба, лазер и фотоэлектрический датчик, лазерный интерферометр с призмой Уоллстона – минусом их использования является высокая цена.

4) эталонные кондукторы не удобны в использовании тем, что обычно они изготавливаются под заказ и используются больше для серийного производства, нежели для оценки метрологических характеристик.

5) минусом лазерных линеек является большая погрешность при замере маленьких расстояний до 0,5 см, и цена, которая значительно превосходит механические приборы для замера расстояний [10].

Для оценки метрологических характеристик двухкоординатного станка кафедры «ИТПС» был выбран лазерный триангуляционный предназначенный для бесконтактного измерения, так как он является удобным для оценки метрологических характеристик по двум координатам X и Y, с погрешностью до 0,05 мм.

3 Разработка технических требований к метрологическому обеспечению двухкоординатного станка кафедры ИТПС

Метрологическое обеспечение – это установление и применение научных и организационных основ, технических средств, норм и правил, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений [10].

Организационной основой метрологического обеспечения является метрологическая служба, состоящая из государственной метрологической службы и метрологических служб предприятий [10].

Технической основой метрологического обеспечения являются системы [10]:

- государственных эталонов единиц физических величин;
- передачи размеров единиц физических величин от эталонов всем СИ с помощью образцовых СИ и других средств поверки;
- разработки, постановки на производство и выпуска в обращение рабочих средств измерений;
- обязательных государственных испытаний и метрологической аттестации средств измерений;
- обязательной государственной и ведомственной поверки средств измерений;
- стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов;
- стандартных справочных данных и физических константах и свойствах веществ и материалов [10].

Нормативно - правовой основой метрологического обеспечения- является закон РК «Об обеспечении единства измерений», нормативные документы Государственной системы обеспечения единства измерений [10].

Основными целями метрологического обеспечения являются [10]:

- повышение качества продукции, эффективности управления производством и уровня эксплуатации производственных процессов;

- обеспечение взаимозаменяемости деталей, узлов и агрегатов, создание необходимых условий для кооперирования производства и развития специализации.

- повышение эффективности научно- исследовательских и опытно- конструкторских работ, экспериментов и испытаний;

- обеспечение достоверности учета и повышение эффективности использования материальных ценностей и энергитических ресурсов;

- повышение уровня автоматизации управления транспортом и безопасности его движения;

- обеспечение высокого качества и надежности связи;

- защита потребителя [10].

На современном этапе развития производства метрологического обеспечения из прикладного, направленного в основном на обеспечение совершенствования процессов разработки превратилось в активный инструмент создания эффективных технологических процессов, внедрения автоматизированных производств, обеспечения достоверной оценки и контроля качества готовой продукции [10] .

Метрологическое обеспечение должно обеспечивать подтверждение точностных характеристик станка: перемещения по горизонтали (вверх-вниз) и по оси X (вперед-назад).

Для проведения метрологических исследований необходимо следующее оборудование:

- приборы для контроля диапазона перемещения по горизонтали и по оси X (вперед-назад);

- приборы для определения погрешности измерений перемещения по горизонтали;

- приборы для определения погрешности измерений перемещения по оси X (вперед-назад);

- программа исследования;

- методика исследования.

Приборы вертикального контроля должны обеспечивать контроль перемещения от 0-до 25 см с точностью не хуже 0,05мм.

Приборы для контроля по оси X (вперед-назад) должны обеспечивать контроль перемещения от 0-до 15 см с точностью не хуже 0,05мм.

3.1 Требования к условиям проведения и средствам проведения исследования

При проведении поверки обеспечить следующие условия:

1) температура окружающего воздуха $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$, значение температуры поверить гигрометром психрометрическим ПБУ с диапазоном измерения 0-40 $^\circ\text{C}$, 40-80% и классом точности $\pm 1\%$.

Температуру окружающего воздуха $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ обеспечить при помощи кондиционера LG X09ENC.NTEO+X09ENC.UTEО;

2) атмосферное давление от 630 до 800 мм рт. ст. (от 84 до 106,7 кПа); значение давления поверить барометром-анероидом метеорологическим М-67 с диапазоном измерения 80-120 кПа, и классом точности $\pm 0,1\%$;

3) относительная влажность $(65 \pm 15) \%$, значение влажности поверить гигрометром психрометрическим ПБУ с диапазоном измерения 0-40 $^\circ\text{C}$, 40-80% и классом точности $\pm 1\%$. Влажность $(65 \pm 15) \%$ обеспечить при помощи воздухоувлажнителя Polaris PУН 0606Di;

4) напряжение питающей сети $(220 \pm 22) \text{ В}$, значение напряжения поверить вольтметром Э 533 ПБУ с диапазоном измерения 0-600В, и классом точности $\pm 0,5\%$. Напряжение $(220 \pm 22) \text{ В}$ обеспечить при помощи стабилизатора напряжения Ресанта АСН-1000 с диапазоном входного напряжения 140-260 В.

4 Выбор оборудования

Лазерный триангуляционный датчик предназначен для измерения измерения диапазонов перемещений (по оси X вперед-назад и по оси Y вправо-влево), и для определения погрешности измерений перемещений (по оси X вперед-назад и по оси Y вправо-влево).

Для выбора лазерного триангуляционного датчика были рассмотрены датчики фирмы WayCon.

WayCon является производителем точных измерительных систем и профессиональных датчиков для промышленности и исследовательской деятельности [7].

Таблица 4.1 – Характеристики лазерных триангуляционных датчиков

Наименование параметра	Показатели	
Серия лазерного триангуляционного датчик	LAM	RLD
Диапазон измерения	0,5, 2, 10, 20, 50, 100, 200, 400 мм	0,1...150 м регулируемый
Разрешение	0,2 мкм	0,1 мм
Линейность (макс.)	±1 мкм	±3 мм
Время отклика (макс.)	10 кГц, 37 кГц	10 Гц или 50 Гц
Выход	±10 В, 4...20 мА, 0...10 В, 0...5 В, ±5 В, 0...20 мА, RS232C	4...20 мА, RS232C, RS422, Profibus, SSI
Версия лазера	Пятно	Пятно
Класс защиты	IP64 (Датчик), IP40 (Электроника)	IP65
Цифровой дисплей	PAXP, WAY-AS	PAXP, WAY-AS

Наиболее подходящим является лазерный триангуляционный датчик серии LAM с диапазоном измерения до 400 мм.

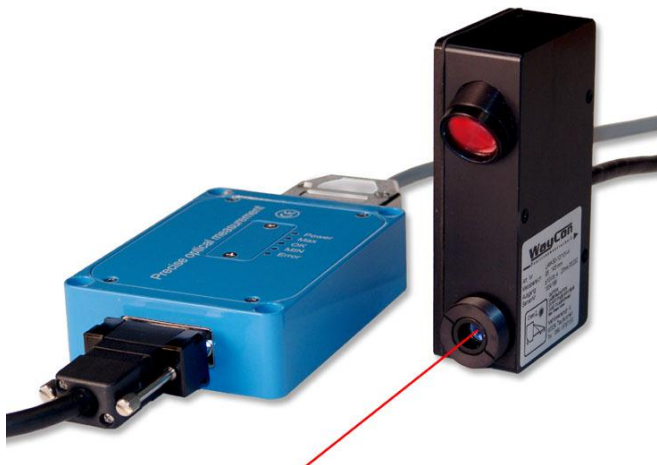


Рисунок 4.1- Лазерный триангуляционный датчик серии LAM с диапазоном измерения до 400 мм

В данной главе был произведен выбор оборудования для проведения метрологических исследований:

- прибором контроля диапазона перемещения по вертикали и по оси X (вперед-назад) был выбран лазерный триангуляционный датчик серии LAM с диапазоном измерения до 400 мм
- прибором определения погрешности измерений перемещения по вертикали был выбран лазерный триангуляционный датчик серии LAM с диапазоном измерения до 400 мм
- прибором определения погрешности измерений перемещения по оси X (вперед-назад) был выбран лазерный триангуляционный датчик серии LAM с диапазоном измерения до 400 мм

5 Разработка программы исследования погрешности двухкоординатного станка с ЧПУ

При проведении исследования погрешности двухкоординатного станка с ЧПУ выполняются следующие операции:

- 1) Внешний осмотр
- 2) Опробование
- 3) Измерение диапазона перемещения по по оси X (вперед-назад)
- 4) Измерение диапазона перемещения по горизонтали, координата Y (вправо-влево)
- 5) Определение погрешности измерений перемещения по оси X (вперед-назад)
- 6) Определение погрешности измерений перемещения по горизонтали, координата Y
- 7) Результаты исследований

Целью проведения внешнего осмотра станка является выявление дефектов, неисправностей элементов станка, которые следует устранить до проведения последующих испытаний [11].

Под внешним осмотром понимается [11] :

- проверка точности установки;
- проверка привода главного движения;
- проверка уровня смазки;

Проверка соответствия комплектации и паспортных данных сводится к проверке [11] :

- наличие принадлежностей к станку;
- основных размеров и характеристик станка;
- наименьшего и наибольшего габаритов изделий, которые могут быть обработаны на станке;
- величин и количества скоростей и одач диапазон скоростей вращения шпинделя и подач;

- кинематической, гидравлической и электрической схем станка, схем смазки и охлаждения [11].

Опробование станка производят в течение 1—2 ч на всех скоростях [12].

На наибольшей скорости определяется температура подшипников скольжения опор шпинделей (она не должна превышать 60° С) и подшипников качения (она не должна превышать 70° С); температура подшипников всех прочих узлов не должна превышать 50° С [12].

Работа станков на холостом ходу считается удовлетворительной при соблюдении следующих условий [12]:

- все механизмы включения, переключения и установки работают исправно и блокируют друг друга там, где это необходимо; фиксирование рычагов происходит надежно, самопроизвольные переключения отсутствуют;

- автоматические остановы и выключатели работают исправно и легко поддаются регулированию;

- все механизмы станка работают с одинаковым спокойным шумом;

- сила тока при холостом ходе станка не превышает значения, указанного в паспорте;

- пуск и остановка станка происходят плавно, а включение муфт сцепления — спокойно, без ударов;

- усилия на рукоятках коробок подач и скоростей, а также на рукоятке ручного перемещения шпинделя и других органов станка не превышают 8 кгс (78, 48 Н);

- в трубопроводах и разъемах системы смазки и в крышках подшипников нет утечки, все маслоуказатели показывают поступление смазки к узлам трения;

- гидравлическая система станка работает исправно, наружные утечки масла в соединениях трубопроводов и в уплотнениях цилиндров отсутствуют; движения гидравлических приводов осуществляются: при всех скоростях плавно, без дрожания и рывков;

- механизмы зажима изделия, патрона, траверсы, шпиндельной бабки и отдельных узлов станка развивают требуемое усилие при неоднократном испытании на холостом ходу [12].

После испытаний станков вхолостую, регулировки и затяжки всех узлов станки испытывают под нагрузкой (эта работа не предусмотрена технологией монтажа, но ее, как правило, выполняют монтажники), а затем передают на приемочные испытания, в процессе которых проверяется работа на холостом ходу и под нагрузкой, производительность, жесткость и мощность станка, его точностные характеристики [12].

При оценке метрологических характеристик станка выявляется степень точности их показаний [14].

Метрологическими характеристиками, согласно ГОСТ 8.009-84, называются технические характеристики, описывающие эти свойства и оказывающие влияние на результаты и на погрешности измерений, предназначенные для оценки технического уровня и качества средства измерений, для определения результатов измерений и расчетной оценки характеристик инструментальной составляющей погрешности измерений [16].

Ниже приведена номенклатура метрологических характеристик [16].

1) Характеристики, предназначенные для определения результатов измерений (без введения поправок) [16]:

-функция преобразования измерительного преобразователя, а также измерительного прибора с неименованной шкалой;

-значение однозначной меры;

-цена деления шкалы измерительного прибора или многозначной меры;

-вид выходного кода для цифровых средств измерений;

2) Характеристики погрешностей средств измерений;

3) Характеристики чувствительности средств измерений к влияющим величинам;

4) Динамические погрешности средств измерений (переходная характеристика, АЧХ, АФХ и т.д.) [16].

Неточные показания дают неправильное представление об измеряемой величине, а, следовательно, о характере работы той или иной электрической установки [14].

Высокая точность соответствует малой погрешности измерений. Определение погрешностей станка является основной операцией процесса поверки [14].

Измерения геометрических параметров станка проводят, как правило, на полностью собранном станке [25].

В исключительных случаях допускается проведение демонтажа отдельных элементов станка в соответствии с инструкцией изготовителя (например, демонтаж стола станка для проверки направляющих) [25].

Основной целью измерений является проверка точности станка в условиях, наиболее приближенных к условиям нормальной работы с точки зрения теплового режима [25].

Перед измерениями геометрической точности станка элементы станка, например, шпиндели и другие элементы станка, подверженные нагреву во время работы и, следовательно, изменениям расположения и формы, должны быть предварительно разогреты путем обкатки станка на холостом ходу в соответствии с указаниями изготовителя [25].

Основные элементы конструкции станка, тепловые деформации которых могут оказывать существенное влияние на его точностные характеристики [25]:

а) базовые узлы (станина, салазки, шпиндельный узел и т.п.), их смещение в плоскости главной оси и плоскости, перпендикулярной к ней [25];

б) приводы координатных перемещений и системы позиционирования с обратной связью, в которых точность позиционирования определяется, например, ходовым винтом [25].

Испытания станка в работе должны проводиться на стандартных образцах или на образцах, предоставленных потребителем [25].

Проведение испытаний в работе не должно требовать иных операций, кроме тех, для которых предназначен данный станок [25].

Испытания в работе должны включать только финишные операции, для которых предназначен станок [25]. Число обработанных образцов-изделий или, в некоторых случаях, число проходов для обработки одной детали должно быть достаточным для определения точности обработки [25].

При необходимости следует учитывать износ применяемого инструмента [25].

Абсолютная погрешность Δ определяется как разность между показанием x_n прибора (в моем случае заданная координата станка) и действительным значением x (измеренным значением) измеряемой величины [13]:

$$\Delta = x_n - x \quad (5.1)$$

где x_n – показание прибора;

x измеряемой величины.

Относительная погрешность δ – это отношение абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины [13]:

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{x} * 100\% \quad (5.2)$$

где Δ - абсолютная погрешность;

x - действительное значение измеряемой величины.

У двухкоординатного станка определяются погрешности измерений перемещения по вертикали и погрешности измерений перемещения по оси X (вперед-назад).

Вариация показаний не должна превышать абсолютного значения допустимой основной погрешности. Станки с погрешностью, превышающей допустимую, к эксплуатации не допускаются [14].

6 Разработка методики исследования погрешности двухкоординатного станка с ЧПУ

6.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра станка установить соответствие следующим требованиям:

- отсутствие механических повреждений, влияющих на его работоспособность;
- наличие комплектации станка;
- наличие и прочность крепления органов управления и коммутации, четкость фиксации их положений, наличие предохранителей;
- обеспечение чистоты разъемов кабеля отведений;
- программное обеспечение станка.

6.2 Опробование

- 1) Подключить станок к сети напряжением 220В, должен загореться сетевой индикатор на пульте управления станком.
- 2) Проверить правильность взаимодействия механизмов станка.
- 3) Задать код быстрого перемещения сверла на 10 мм вперед по оси X G00 X10, вернуть сверло в исходное положение при помощи команды G00 Z0.
- 4) Задать код G00 X-10, вернуть сверло в исходное положение при помощи команды G00 X0.
- 5) Задать код быстрого перемещения сверла на 10 мм вправо по оси X (вперед-назад) G00 Y10, вернуть сверло в исходное положение при помощи команды G00 Y0.
- 6) Задать код G00 Y-10, вернуть сверло в исходное положение при помощи команды G00 Y0.
- 7) Повторить команды для координат 20,-20,30,-30,40,-40.

6.3 Измерение диапазона перемещения по оси X (вперед-назад)

Установить сверло в исходное положение при помощи команды G00 X0; G00 Y0.

Задать координату G00 X-30 зафиксировать положение сверла.

Задать координату G00 X200.

Измерить диапазон перемещения по вертикали лазерным триангуляционным датчик серии LAM с диапазоном измерения до 400 мм.

Была задана диапазон 230 мм, при измерении диапазона перемещения по вертикали лазерным триангуляционным датчик серии LAM с диапазоном измерения до 400 мм зафиксировано 229мм.

6.4 Измерение диапазона перемещения по горизонтали, координата Y (вправо-влево)

Установить сверло в исходное положение при помощи команды G00 Y0; G00 Z0.

Задать координату G00 Y0 зафиксировать положение сверла.

Задать координату G00 Y245.

Измерить диапазон перемещения по горизонтали лазерным триангуляционным датчик серии LAM с диапазоном измерения до 400 мм.

Была задана диапазон 245 мм, при измерении диапазона перемещения по горизонтали лазерным триангуляционным датчик серии LAM с диапазоном измерения до 400 мм зафиксировано 239мм.

6.5 Определение погрешности измерений перемещения по оси X (вперед-назад)

Задать код перемещения (таблица 6.1), зафиксировать заданное перемещение и при помощи лазерным триангуляционным датчик серии LAM с диапазоном измерения до 400 мм измерить действительное перемещение.

Занести данные в таблицу 6.1

Рассчитать относительную и абсолютную погрешности по формулам 5.1,5.2.

Таблица 6.1-Определение погрешности измерений перемещения

Код перемещения	G00X 0 G00X -30	G00X -30 G00X -29.5	G00X -30 G00X -29	G00X -30 G00X -28.5	G00X -30 G00X -28	G00X -30 G00X -27.5
Заданное перемещение, мм	-30	-29.5	-29	-28.5	-28	-27.5
Измеренное перемещение, мм	-30	-29.56	-29.02	-28.5	-28.06	-27.52
Δ	0	0.06	0.02	0	0.06	0.02
$\delta, \%$	0	-0.00203	-0.00069	0	-0.00214	-0.00073

Продолжение таблицы 6.1

Код перемещения	G00X -30 G00X -27	G00X -30 G00X -26.5	G00X -30 G00X -26	G00X -30 G00X -25.5	G00X -30 G00X -25	G00X -30 G00X -24.5
Заданное перемещение, мм	-27	-26.5	-26	-25.5	-25	-24.5
Измеренное перемещение, мм	-27	-26.56	-26.02	-25.5	-25.06	-24.52
Δ	0	0.06	0.02	0	0.06	0.02
$\delta, \%$	0	-0.00226	-0.00077	0	-0.00239	-0.00082

Продолжение таблицы 6.1

Код перемещения	G00X -30 G00X -24	G00X -30 G00X -23.5	G00X -30 G00X -23	G00X -30 G00X -22.5	G00X -30 G00X -22	G00X -30 G00X -21.5
Заданное перемещение, мм	-24	-23.5	-23	-22.5	-22	-21.5
Измеренное перемещение, мм	-24	-23.56	-23.02	-22.5	-22.06	-21.52
Δ	0	0.06	0.02	0	0.06	0.02
$\delta, \%$	0	-0.00255	-0.00087	0	-0.00272	-0.00093

Продолжение таблицы 6.1

Код перемещения	G00X -30 G00X -21	G00X -30 G00X -20.5	G00X -30 G00X -20	G00X -30 G00X -15	G00X -30 G00X -10	G00X -30 G00X -5
Заданное перемещение, мм	-21	-20.5	-20	-15	-10	-5
Измеренное перемещение, мм	-21	-20.56	-20.02	-15	-10.06	-5.02
Δ	0	0.06	0.02	0	0.06	0.02
$\delta, \%$	0	-0.00292	-0.001	0	-0.00596	-0.00398

Продолжение таблицы 6.1

Код перемещения	G00X -30 G00X 0	G00X -30 G00X 5	G00X -30 G00X 10	G00X -30 G00X 15	G00X -30 G00X 20	G00X -30 G00X 25
Заданное перемещение, мм	0	5	10	15	20	25
Измеренное перемещение, мм	0	5.02	10.02	15	20.06	25.02
Δ	0	-0.02	-0.02	0	-0.06	-0.02
$\delta, \%$	0	-0.00398	-0.002	0	-0.00299	-0.0008

Продолжение таблицы 6.1

Код перемещения	G00X -30 G00X 30	G00X -30 G00X 35	G00X -30 G00X 40	G00X -30 G00X 45	G00X -30 G00X 50	G00X -30 G00X 55
Заданное перемещение, мм	30	35	40	45	50	55
Измеренное перемещение, мм	30	35.06	40.02	45	50.06	55.02
Δ	0	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02
$\delta, \%$	0	-0.00171	-0.0005	0	-0.0012	-0.00036

Продолжение таблицы 6.1

Код перемещения	G00X -30 G00X 60	G00X -30 G00X 65	G00X -30 G00X 70	G00X -30 G00X 75	G00X -30 G00X 80	G00X -30 G00X 85
Заданное перемещение, мм	60	65	70	75	80	85
Измеренное перемещение, мм	60	65.06	70.02	75	80.06	85.02
Δ	0	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02
$\delta, \%$	0	-0.00092	-0.0002	0	-0.00075	-0.00024

Продолжение таблицы 6.1

Код перемещения	G00X -30 G00X 90	G00X -30 G00X 95	G00X -30 G00X 100	G00X -30 G00X 105	G00X -30 G00X 110	G00X -30 G00X 115
Заданное перемещение, мм	90	95	100	105	110	115
Измеренное перемещение, мм	90	95.06	100.02	105	110.06	115.02
Δ	0	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02
$\delta, \%$	0	-0.00063	-0.0002	0	-0.00055	-0.00017

Продолжение таблицы 6.1

Код перемещения	G00X -30 G00X 120	G00X -30 G00X 125	G00X -30 G00X 130	G00X -30 G00X 135	G00X -30 G00X 140	G00X -30 G00X 145
Заданное перемещение, мм	120	125	130	135	140	145
Измеренное перемещение, мм	120	125.06	130.02	135	140.06	145.02
Δ	0	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02
$\delta, \%$	0	-0.00048	-0.00015	0	-0.00043	-0.00014

Продолжение таблицы 6.1

Код перемещения	G00X -65 G00X 150	G00X -65 G00X 155	G00X -65 G00X 160	G00X -65 G00X 165	G00X -65 G00X 170	G00X -65 G00X 175
Заданное перемещение, мм	150	155	160	165	170	175
Измеренное перемещение, мм	150	155.06	160.02	165	170.06	175.02
Δ	0	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02
$\delta, \%$	0	-0.00039	-0.00012	0	-0.00035	-0.00011

Продолжение таблицы 6.1

Код перемещения	G00X -30 G00X 180	G00X -30 G00X 185	G00X -30 G00X 190	G00X -30 G00X 190.5	G00X -30 G00X 191	G00X -30 G00X 191.5
Заданное перемещение, мм	180	185	190	190.5	191	191.5
Измеренное перемещение, мм	180	185.06	190.02	190.5	191.06	191.52
Δ	0	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02
$\delta, \%$	0	-0.00032	-0.00011	0	-0.00031	-0.0001

Продолжение таблицы 6.1

Код перемещения	G00X -30 G00X 192	G00X -30 G00X 192.5	G00X -30 G00X 193.5	G00X -30 G00X 194	G00X -30 G00X 194.5	G00X -30 G00X 195
Заданное перемещение, мм	192	192.5	193.5	194	194.5	195
Измеренное перемещение, мм	192	192.56	193.52	194	194.56	195.02
Δ	0	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02
$\delta, \%$	0	-0.00031	-0.0001	0	-0.00031	-0.0001

Продолжение таблицы 6.1

Код перемещения	G00X -30 G00X 195.5	G00X -30 G00X 196.5	G00X -30 G00X 197	G00X -30 G00X 197.5	G00X -30 G00X 198	G00X -30 G00X 198.5
Заданное перемещение, мм	195.5	196.5	197	197.5	198	198.5
Измеренное перемещение, мм	195.5	196.56	197.02	197.5	198.06	198.52
Δ	0	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02
$\delta, \%$	0	-0.00031	-0.0001	0	-0.0003	-0.0001

Продолжение таблицы 6.1

Код перемещения	G00X -30 G00X 199	G00X -30 G00X 199.5	G00X -30 G00X 200
Заданное перемещение, мм	199	199.5	200
Измеренное перемещение, мм	199	199.56	200.02
Δ	0	-0.06	-0.02
$\delta, \%$	0	-0.0003	-1E-04

6.6 Определение погрешности измерений перемещения по горизонтали, координата У

Задать код перемещения (таблица 6.1), зафиксировать заданное перемещение и при помощи лазерным триангуляционным датчик серии LAM с диапазоном измерения до 400 мм измерить действительное перемещение.

Рассчитать относительную и абсолютную погрешности по формулам 5.1,5.2.

Занести данные в таблицу 6.2

Таблица 6.2-Определение погрешности измерений перемещения

Код перемещения	G00Y 0 G00Y 0.5	G00Y 0 G00Y 1	G00Y 0 G00Y 1.5	G00Y 0 G00Y 2	G00Y 0 G00Y 2.5	G00Y 0 G00Y 3
Заданное перемещение, мм	0.5	1	1.5	2	2.5	3
Измеренное перемещение, мм	0.56	1.02	1.5	2.06	2.52	3
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
$\delta, \%$	-0.10714	-0.01961	0	-0.02913	-0.00794	0

Продолжение таблицы 6.2

Код перемещения	G00Y 0 G00Y 3.5	G00Y 0 G00Y 4	G00Y 0 G00Y 4.5	G00Y 0 G00Y 5	G00Y 0 G00Y 5.5	G00Y 0 G00Y 6
Заданное перемещение, мм	3.5	4	4.5	5	5.5	6
Измеренное перемещение, мм	3.56	4.02	4.5	5.06	5.52	6
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
$\delta, \%$	-0.01685	-0.00498	0	-0.01186	-0.00362	0

Продолжение таблицы 6.2

Код перемещения	G00Y 0 G00Y 6.5	G00Y 0 G00Y 7	G00Y 0 G00Y 7.5	G00Y 0 G00Y 8	G00Y 0 G00Y 8.5	G00Y 0 G00Y 9
Заданное перемещение,мм	6.5	7	7.5	8	8.5	9
Измеренное перемещение, мм	6.56	7.02	7.5	8.06	8.52	9
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
$\delta, \%$	-0.00915	-0.00285	0	-0.00744	-0.00235	0

Продолжение таблицы 6.2

Код перемещения	G00Y 0 G00Y 9.5	G00Y 0 G00Y 10	G00Y 0 G00Y 15	G00Y 0 G00Y 20	G00Y 0 G00Y 25	G00Y 0 G00Y 30
Заданное перемещение, мм	9.5	10	15	20	25	30
Измеренное перемещение, мм	9.56	10.02	15	20.06	25.02	30
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
$\delta, \%$	-0.00628	-0.002	0	-0.0029	-0.0008	0

Продолжение таблицы 6.2

Код перемещения	G00Y 0 G00Y 35	G00Y 0 G00Y 40	G00Y 0 G00Y 45	G00Y 0 G00Y 50	G00Y 0 G00Y 55	G00Y 0 G00Y 60
Заданное перемещение,мм	35	40	45	50	55	60
Измеренное перемещение,мм	35.06	40.02	45	50.06	55.02	60
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
$\delta, \%$	-0.00171	-0.0005	0	-0.0012	-0.0003	0

Продолжение таблицы 6.2

Код перемещения	G00Y 0 G00Y 65	G00Y 0 G00Y 70	G00Y 0 G00Y 75	G00Y 0 G00Y 80	G00Y 0 G00Y 85	G00Y 0 G00Y 90
Заданное перемещение, мм	65	70	75	80	85	90
Измеренное перемещение, мм	65.06	70.02	75	80.06	85.02	90
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
$\delta, \%$	-0.00092	-0.00029	0	- 0.00075	- 0.00024	0

Продолжение таблицы 6.2

Код перемещения	G00Y 0 G00Y 95	G00Y 0 G00Y 100	G00Y 0 G00Y 105	G00Y 0 G00Y 110	G00Y 0 G00Y 115	G00Y 0 G00Y 120
Заданное перемещение, мм	95	100	105	110	115	120
Измеренное перемещение, мм	95.06	100.02	105	110.06	115.02	120
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
$\delta, \%$	-0.00063	-0.0002	0	-0.0005	-0.00017	0

Продолжение таблицы 6.2

Код перемещения	G00Y 0 G00Y 125	G00Y 0 G00Y 130	G00Y 0 G00Y 135	G00Y 0 G00Y 140	G00Y 0 G00Y 145	G00Y 0 G00Y 150
Заданное перемещение, мм	125	130	135	140	145	150
Измеренное перемещение, мм	125.06	130.02	135	140.06	145.02	150
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
$\delta, \%$	-0.00048	-0.00015	0	-0.00043	-0.00014	0

Продолжение таблицы 6.2

Код перемещения	G00Y 0 G00Y 155	G00Y 0 G00Y 160	G00Y 0 G00Y 165	G00Y 0 G00Y 170	G00Y 0 G00Y 175	G00Y 0 G00Y 180
Заданное перемещение, мм	155	160	165	170	175	180
Измеренное перемещение, мм	155.06	160.02	165	170.06	175.02	180
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
$\delta, \%$	-0.00039	-0.00012	0	-0.00035	-0.00011	0

Продолжение таблицы 6.2

Код перемещения	G00Y 0 G00Y 185	G00Y 0 G00Y 190	G00Y 0 G00Y 195	G00Y 0 G00Y 200	G00Y 0 G00Y 205	G00Y 0 G00Y 210
Заданное перемещение, мм	185	190	195	200	205	210
Измеренное перемещение, мм	185.06	190.02	195	200.06	205.02	210
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
$\delta, \%$	-0.00032	-0.00011	0	-0.0003	-9.8E-05	0

Продолжение таблицы 6.2

Код перемещения	G00Y 0 G00Y 215	G00Y 0 G00Y 220	G00Y 0 G00Y 225	G00Y 0 G00Y 230	G00Y 0 G00Y 230.5	G00Y 0 G00Y 231
Заданное, мм	215	220	225	230	230.5	231
Измеренное, мм	215.06	220.02	225	230.06	230.52	231
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
$\delta, \%$	-0.00028	-9.1E-05	0	-0.00026	-8.7E-05	0

Продолжение таблицы 6.2

Код перемещения	G00Y 0 G00Y 231.5	G00Y 0 G00Y 232	G00Y 0 G00Y 232.5	G00Y 0 G00Y 233	G00Y 0 G00Y 233.5	G00Y 0 G00Y 234
Заданное, мм	231.5	232	232.5	233	233.5	234
Измеренное, мм	231.56	232.02	232.5	233.06	233.52	234
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
$\delta, \%$	-0.00026	-8.6E-05	0	- 0.00026	-8.6E-05	0

Продолжение таблицы 6.2

Код перемещения	G00Y 0 G00Y 234.5	G00Y 0 G00Y 235	G00Y 0 G00Y 235.5	G00Y 0 G00Y 236	G00Y 0 G00Y 236.5	G00Y 0 G00Y 237
Заданное, мм	234.5	235	235.5	236	236.5	237
Измеренное, мм	234.56	235.02	235.5	236.06	236.52	237
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
$\delta, \%$	-0.00026	-8.5E-05	0	-	-8.5E-05	0

Продолжение таблицы 6.2

Код перемещения	G00Y 0 G00Y 237.5	G00Y 0 G00Y 238	G00Y 0 G00Y 238.5	G00Y 0 G00Y 239
Заданное, мм	237.5	238	238.5	239
Измеренное, мм	237.56	238.02	238.5	239.06
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06
$\delta, \%$	-0.00025	-8.4E-05	0	-0.00025

6.7 Результаты исследований

1) Анализ погрешности измерений перемещения по оси X (вперед-назад)

По результатам анализа зависимости погрешности (абсолютной и относительной) от перемещения сверла двухкоординатного станка по горизонтали выявлено, что погрешность измерения зависит от шагового двигателя (рисунок 6.1, рисунок 6.2, рисунок 6.3)

Абсолютная погрешность (Таблица 6.1) станка подчиняется периодическому закону распределения, который определяется шагом перемещения двигателей, поэтому для оценки погрешности (неопределенности) станка, используются формулы для треугольного распределения.

Наихудшая абсолютная погрешность по Таблице 6.1 равна 0.06 мм.

Наихудшая относительная погрешность по Таблице 6.1 равна 0.006 %.

А относительная погрешность (Таблица 6.1) подчиняется равномерному закону распределения, но имеет переходный процесс. Это связано с тем, что станок имеет инерционные свойства.

Первые несколько секунд станок работает в нестационарном режиме работы а после переходит в стационарный режим работы.

Относительная погрешность остается постоянной при переходе на стационарный режим работы.

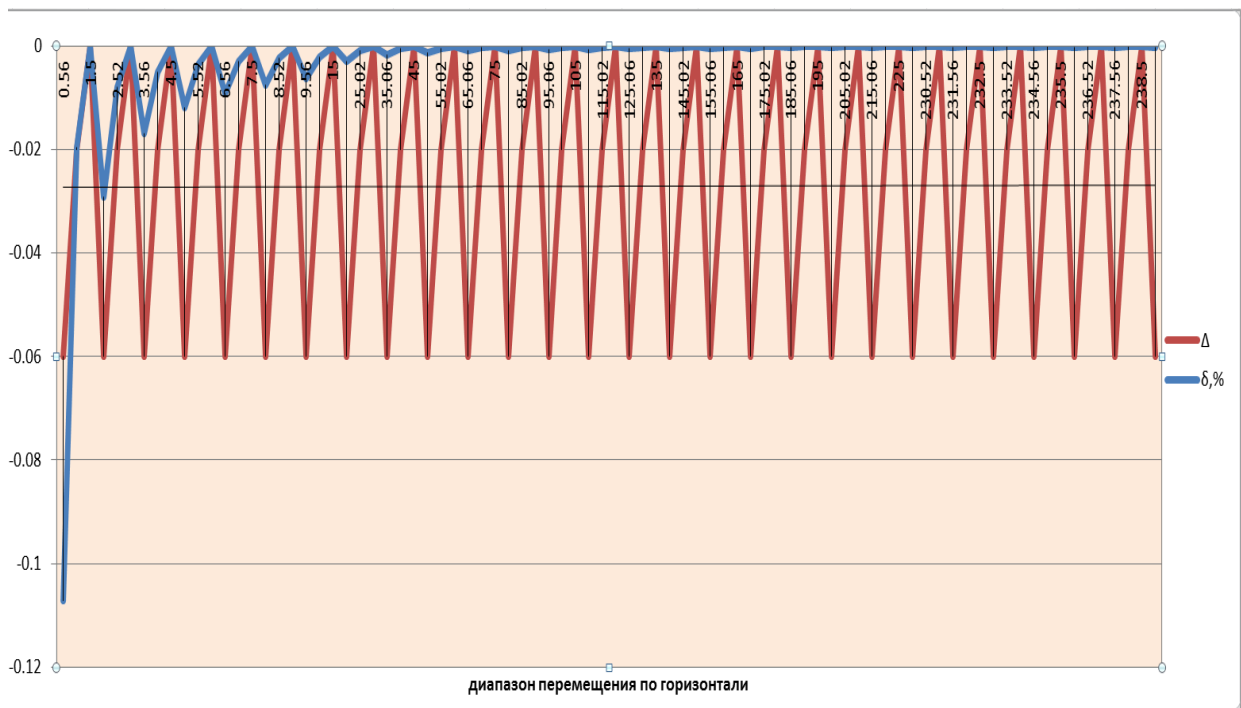


Рисунок 6.1- График зависимости абсолютной и относительной погрешности от диапазона перемещения сверла по горизонтали

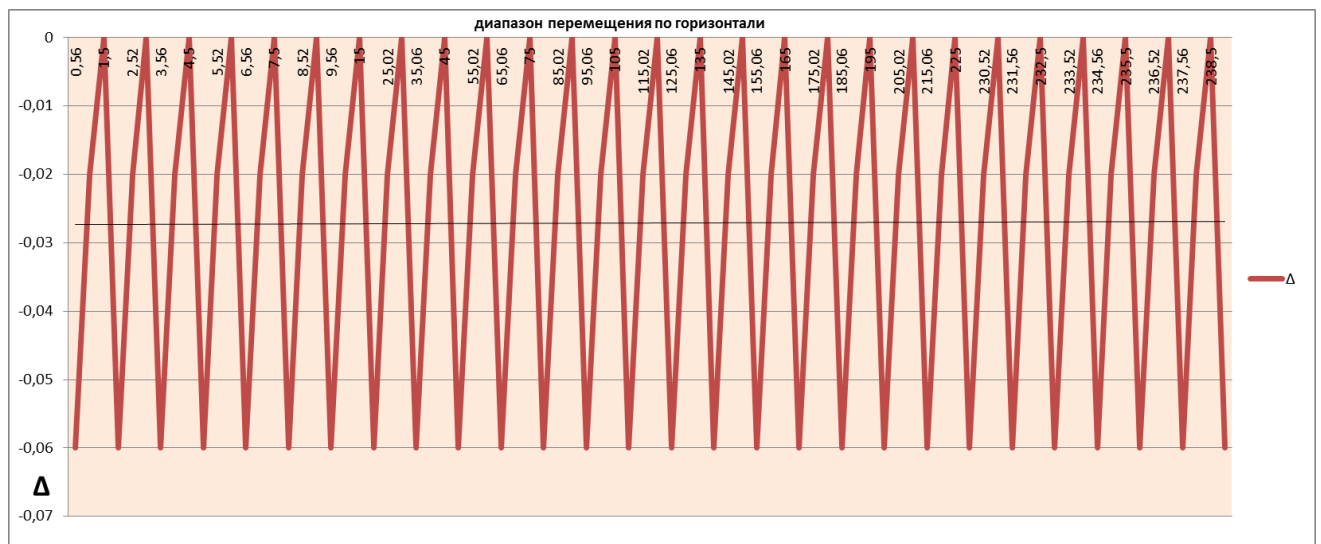


Рисунок 6.2- График зависимости абсолютной погрешности от диапазона перемещения сверла по горизонтали

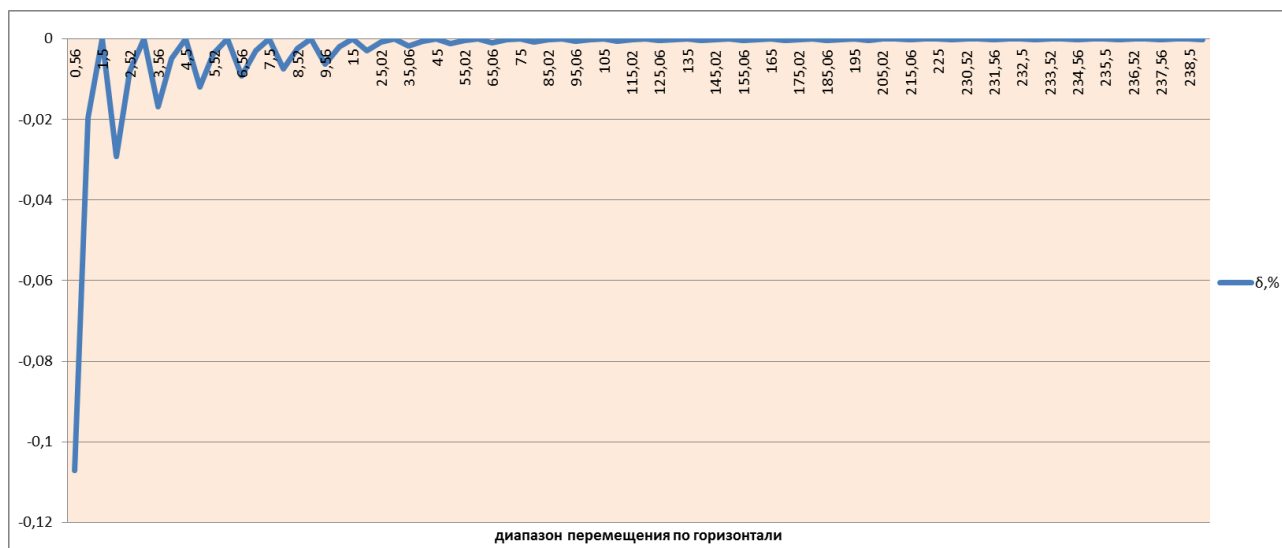


Рисунок 6.3- График зависимости относительной погрешности от диапазона перемещения сверла по горизонтали

2) Анализ погрешности измерений перемещения по горизонтали, координата У

По результатам анализа зависимости погрешности (абсолютной и относительной) от перемещения сверла двухкоординатного станка по горизонтали выявлено, что погрешность измерения зависит от шагового двигателя. (рисунок 6.4, рисунок 6.5, рисунок 6.6)

Абсолютная погрешность (Таблица 6.2) станка подчиняется периодическому закону распределения, который определяется шагом перемещения двигателей, поэтому для оценки погрешности (неопределенности) станка, используются формулы для треугольного распределения.

Наихудшая абсолютная погрешность по Таблице 6.2 равна 0.06 мм.

Наихудшая относительная погрешность по Таблице 6.2 равна 0.006 %.

А относительная погрешность (Таблица 6.2) подчиняется равномерному закону распределения, но имеет переходный процесс. Это связано с тем, что станок имеет инерционные свойства.

Первые несколько секунд станок работает в нестационарном режиме работы а после переходит в стационарный режим работы.

Относительная погрешность остается постоянной при переходе на стационарный режим работы.

Для улучшения метрологических погрешностей двухкоординатного стола рекомендую заменить шаговой двигатель M1-M6 42BYGHW на более современный.

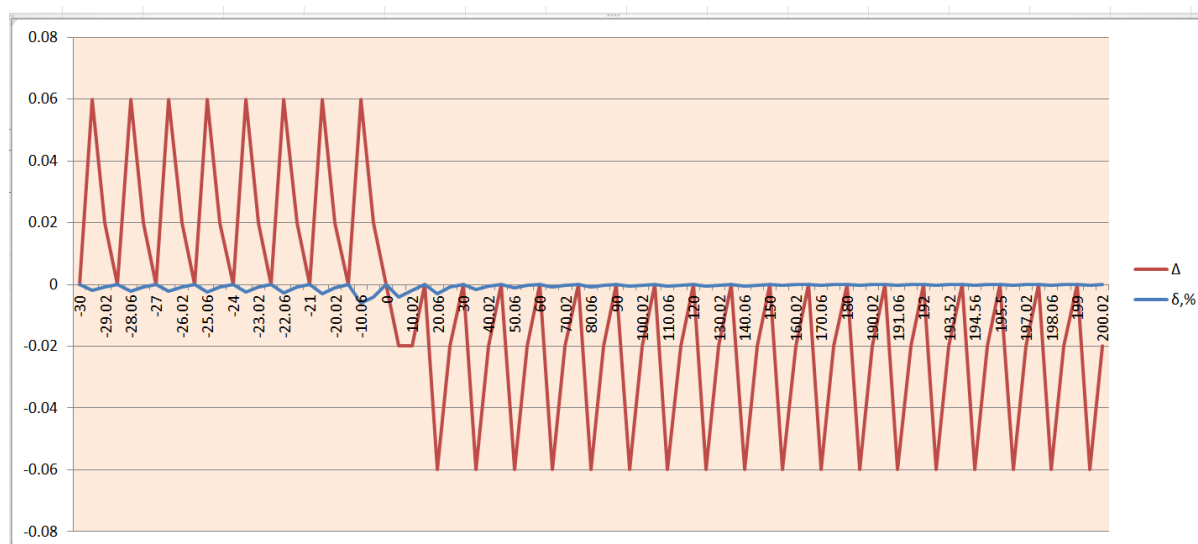


Рисунок 6.4 - График зависимости абсолютной и относительной погрешности от диапазона перемещения сверла по оси X

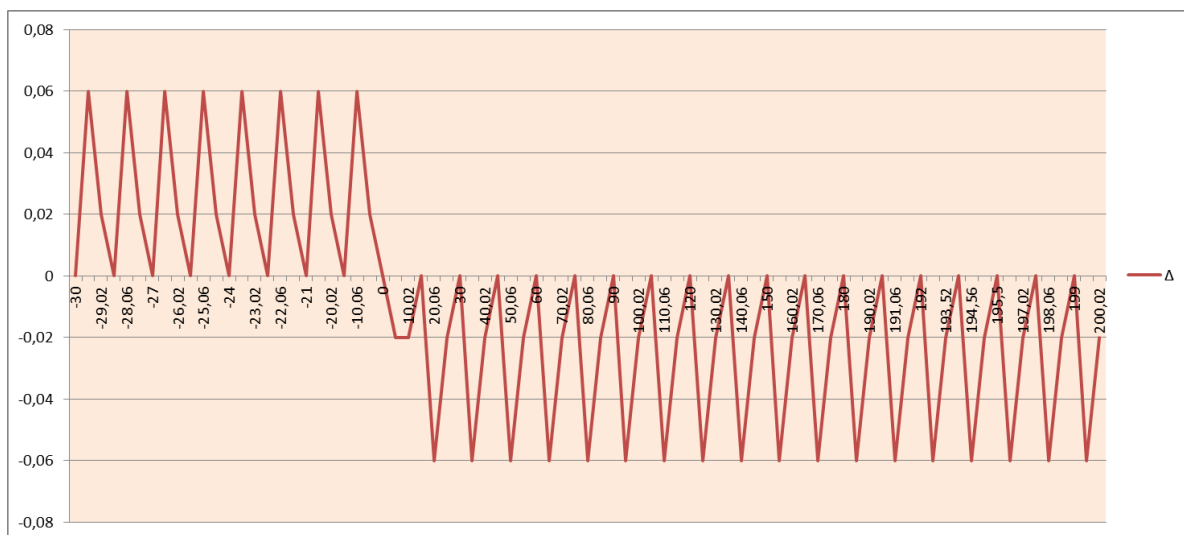


Рисунок 6.5 - График зависимости абсолютной погрешности от диапазона перемещения сверла по оси X

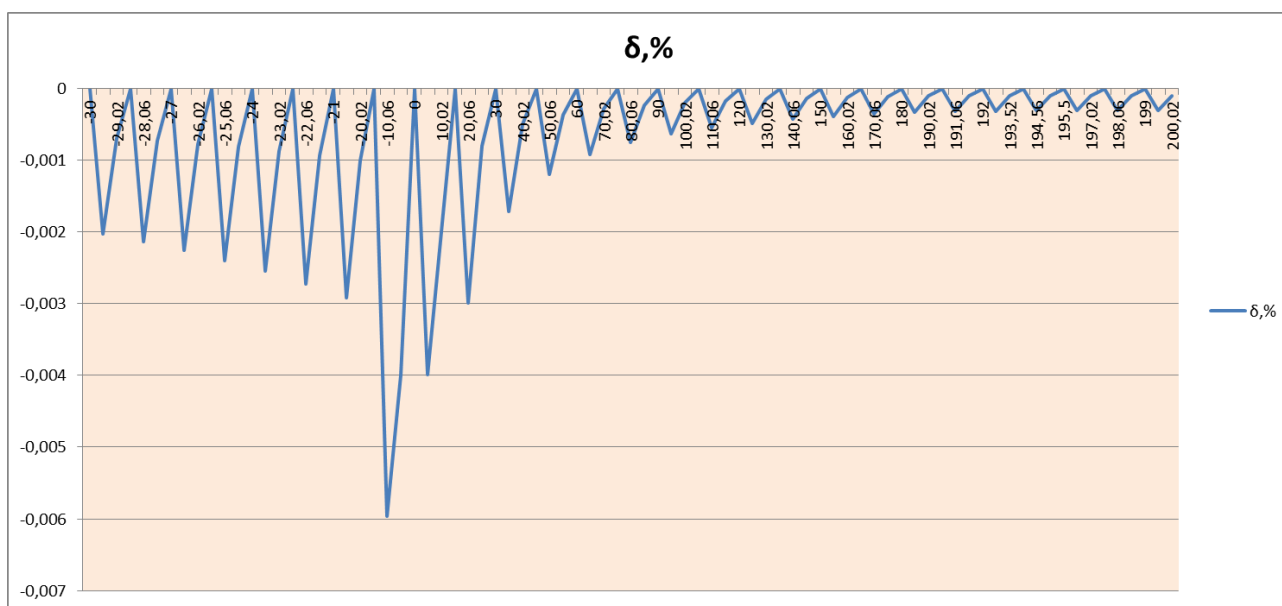


Рисунок 6.6- График зависимости относительной погрешности от диапазона перемещения сверла по оси X

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Технико-экономическое обоснование научно-исследовательских работ проводится с целью определения и анализа трудовых и денежных затрат, направленных на их реализацию, а также уровня их научно-технической результативности.

Цель диссертации – улучшение метрологических характеристик двухкоординатного стола. Необходимо произвести расчеты по данным этапам в соответствии с методическими требованиями.

7.1 Предпроектный анализ

7.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками. Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар. Сегментировать рынок услуг по разработке прибор для измерения емкости кабеля можно по следующим критериям: месторасположение, конкурентоспособность продукты (таблица 1).

Таблица 7.1 – Карта сегментирования рынка услуг по разработке системы управления освещением

Размер	Критерии продукта		
		точность	стоимость
	Крупные	A, B	C
	Средние	A, B	C
	Мелкие	D	D

A. Технические ВУЗы; B. Исследовательские центры;
C. Лабораторий; D. Специализированные школы

На карте сегментирования показано, что компания «Лаборатория» занимают сегмент рынка, привлекательный для предприятия в будущем.

7.1.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ это - комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Область применения - исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Сильная сторона проекта - это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Слабые стороны – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению целей. В таблице 7.2 в виде матрицы SWOT представлены результаты первого этапа.

Таблица 7.2 – Матрица SWOT

Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
С1. Использовать новый метод для разработки проекта.	Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки.
С2. Низкая стоимость материалов по сравнению с другими методами.	Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой.
С3. Легко купить материалы и оборудование с помощью кафедры.	Сл3. Отсутствие компании, которая взаимодействует с нашими кафедрами.
С4. Опытные и трудолюбивые сотрудники.	
С5. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.	
С6. Наличие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.	

Продолжение таблицы 7.2

Возможности: В1. Потенциал развития. В2. Использование инновационной инфраструктуры кафедры . В3. Появление спроса на новый продукт. В4. Интеграция с заводами.	Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Возможность появления конкурентов. У3. Затухание делового цикла. У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны кафедры.
--	--

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа. Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

В рамках данного этапа есть необходимость построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование поможет выявить стратегию изменения.

Результаты второго этапа приведены в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	-
	B2	-	0	0	+	-
	B3	-	+	-	0	0
	B4	0	-	+	-	+
Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	C3	Сл4	Сл5
	B1	+	0	+	+	-
	B2	+	-	-	0	-
	B3	+	+	0	-	+
	B4	0	+	+	+	0

Продолжение таблицы 7.3

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	0	0	-
	У2	-	-	+	-	+
	У3	0	+	-	-	-
	У4	0	-	-	+	0
Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	С3	Сл4	Сл5
	У1	+	-	-	+	0
	У2	-	-	+	+	0
	У3	-	+	+	-	-
	У4	+	+	-	-	+

Третий этап. В таблице 7.4 составлена итоговая матрица SWOT-анализа.

Таблица 7.4 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Использовать новый метод для разработки проекта. С2. Низкая стоимость материалов по сравнению с другими методами.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки. Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой.
--	---	---

Продолжение таблицы 7.4

	С3. Легко купит материалы и оборудование с помощью кафедры . С4. Опытные и трудолюбивые сотрудники. С5. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С6. Наличие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.	Сл3. Отсутствие компании, которая взаимодействует с нашими кафедрами.
Возможности: В1. Потенциал развития. В2. Использование инновационной инфраструктуры кафедры. В3. Появление спроса на новый продукт. В4. Интеграция с заводами.	-Усовершенствование данного прибора для внедрения его на рынок.	- Испытание в работе получение положительных заключений. -Доработка конструкции
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Возможность появления конкурентов. У3. Затухание делового цикла. У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны кафедры.	-Продвижение продукта с акцентирование на достоинствах.	- Развитие собственной технической базы

7.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта.

Перечень вопросов приведен в таблица 7.5.

Таблица 7.5 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического Задела	4	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	2
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2

Продолжение таблицы 7.5

8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	4	1
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	1
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	2
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	2
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	4
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	3	3
	ИТОГО БАЛЛОВ	46	37

При оценке степени проработанности научного проекта, выставленные баллы имеют следующее значение: 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта.

Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4

– знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i = 46$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Оценка уровень имеющихся знаний у разработчика

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i = 37$$

Таким образом, перспективность разработки выше среднего, а знания разработчика считаются средними.

Основные рекомендации: для повышения уровня коммерциализации необходимо учитывать степень завершенности исследований и готовности к внедрению в производство. Также, целесообразно привлечь коллективы ученых, длительное время работающих в данной области знаний.

7.2 Инициация проекта

В процессе инициации определяются изначальные цели, содержание, а также фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать, и влиять на общий результат научного проекта.

Таблица 7.6 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Технические ВУЗы	Специализированные школы
Лабораторий	Исследовательские центры

Таблица 7.7 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Улучшение метрологических характеристик двухкоординатного стола
Ожидаемые результаты проекта:	Разработка метрологического обеспечения для оценки метрологических характеристик прибора
Критерии приемки результата проекта:	-Малый габарит прибора; -Измерение с малой погрешностью, и с большим диапазоном измерения.
Требования к результату проекта:	Требование:
	1. Требование к времени Проект должен быть сдан вовремя.
	2. Требование к качеству Проект должен быть высокого качества, удовлетворять заданным требованиям заказчика.
	3. Требование к цене Проект должен иметь выгодную стоимость, т.е. цена равная или ниже чем стоимость остальных приборов, которые присутствуют на рынке.
	4. Требование к модели Прибор должен иметь малые габариты, удобный при эксплуатации.

В таблице 7.8 представлена организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты).

Таблица 7.8 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудоза траты, год.
1.	Федоров Евгений Михайлович, НИ ТПУ, кафедра ИИТ, доцент, к.т.н.	Руководитель проекта	Отвечает за реализацию проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координирует деятельность участников проекта. Является руководителем магистерской диссертации.	6
2.	Вавилова Галина Васильевна, НИ ТПУ, кафедра ИИТ, старший преподаватель	Эксперт проекта	Отвечает за реализацию проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координирует деятельность участников проекта.	6
3.	Ералинова Гульмира Маратовна, магистрант 2 года обучения	Исполнитель проекта	Специалист, выполняющий отдельные работы по проекту	3
4	Ахметова Анастасия Рашидовна, магистрант 1 года обучения	Исполнитель проекта	Специалист, выполняющий отдельные работы по проекту	1
Итого:				6

Таким образом, исследования ведутся в течение 6 лет.

7.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом включает в себя следующие элементы: план проекта, бюджет научного исследования, организационная структура проекта

7.3.1. План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.

Линейный график представляется в виде таблицы 7.9

Таблица 7.9 – Календарный план проекта

№ п/п	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Постановка задачи	8	17.09.2015	25.09.2015	Федоров Евгений Михайлович
2	Разработка ТЗ	14	21.09.2015	6.10.2015	Федоров Евгений Михайлович
3	Утверждение ТЗ	1	7.10.2015	8.10.2015	Вавилова Галина Васильевна
4	Анализ объекта контроля и разработка технических требований системы регистрации показаний	40	9.10.2015	21.11.2015	Ералинова Гульмира Маратовна
5	Анализ современного состояния методов оценки метрологических характеристик двухкоординатного стола.	20	21.11.2015	22.12.2015	Ералинова Гульмира Маратовна

Продолжение таблицы 7.9

6	Разработка технических требований к метрологическому обеспечению двухкоординатного станка кафедры ИТПС	30	22.12.2015	23.01.2016	Вавилова Галина Васильевна, Ералинова Гульмира Маратовна
7	Требования к условиям проведения и средствам проведения исследования	40	25.01.2016	4.03.2016	Ералинова Гульмира Маратовна
8	Разработка программы исследования погрешности двухкоординатного станка с ЧПУ	15	4.03.2016	19.03.2016	Ералинова Гульмира Маратовна
9	Разработка методики исследования погрешности двухкоординатного станка с ЧПУ	30	21.03.2016	20.04.2016	Ералинова Гульмира Маратовна
10	Результаты исследований	30	21.04.2016	18.05.2016	Ералинова Гульмира Маратовна
11	Подготовка демонстрационных материалов для защиты	3	20.05.2016	23.05.2016	Ералинова Гульмира Маратовна
12	Аттестация руководителем	10	25.05.2016	4.06.2016	Федоров Евгений Михайлович
	Итого:	251			

7.3.2. Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов).

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Результаты по данной статье приведены в таблице 7.10.

Таблица 7.10 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага для офисной техники	SvetoCopy A4. 500 листов/уп.	1	128	128
Катридж	HP C9351AE	1	700	700
Датчик серии LAM с диапазоном измерения до 400 мм.	15x15	1	800	6325
Всего за материалы				7153
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				338
Итого по статье C_m				7491

2. Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.

В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме.

Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

При приобретении спецоборудования учтены затраты по его доставке и монтажу в размере 15 % от его цены. Все расчеты по приобретению спецоборудования, сводятся в таблицу 7.11.

Таблица 7.11 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
1	Компьютер высокой мощности	1	15600	15600
Итого:				15600

3. Основная заработная плата

В настоящую статью включена основная заработная плата научных и инженерно-технических работников непосредственно участвующих в выполнении работ по теме.

Величина расходов по заработной плате определена исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда.

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Размер окладов ППС и НС ТПУ представлен на корпоративном портале ТПУ. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 6.11.

Таблица 7.12 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб.	k _р	З _м , руб	З _{дн} , руб.	T _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель (к.т.н.)	23264.86	1,3	30244.318	1084.45 8	15	16266,87
Эксперт проекта, старший преподаватель	16751,29	1,3	21776,300	902,285	31	27970,835
Исполнитель проекта	8371,46	1,3	10882,898	450,925	218	98301,65

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (13)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата руководителя и инженера (дипломника) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (14)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 11);

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (15)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 7.12).

Таблица 7.13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Эксперт проекта	Исполнитель проекта
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней			
- выходные дни	52	52	52
- праздничные дни	14	14	14
Потери рабочего времени			
- отпуск	48	48	48
- невыходы по болезни			
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{б}} \cdot k_{\text{р}}, \quad (16)$$

где $З_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

4. Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала.

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде.

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (17)$$

где $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплат (12%);

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 7.14 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 7.14 - Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Эксперт проекта	Исполнитель проекта
Основная зарплата	8675,458	27970,835	96948,875
Дополнительная зарплата	1041,055	3356,5002	11633,865
Зарплата исполнителя	7634,403	24614,3348	85315,01
Итого по статье $C_{зп}$	117563,7		

5. Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (18)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды составляет 30%.

Отчисления во внебюджетные фонды:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot 117563,7 = 35269,11 \text{руб};$$

6. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями

В этой статье отражены расходы, связанные с полученными в процессе проектирования услугами от сторонних организаций.

Таблица 7.15 – Затраты на услуги сторонних организаций

Услуга	Количество	Стоимость одной единицы, руб.	Сумма затрат, руб.
Распечатка на принтере формат А3	4	5	15
Доступ в Internet	2 месяца	390 (в мес.)	780
Итого:			785

7. Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (19)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

Расчет накладных расходов:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot 117563,7 = 94050,96 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НТИ моментного двигателя с ленточной намоткой по форме, приведенной в таблице

Таблица 7.16 – Группировка затрат по статьям

№ п/п	Статьи затрат	Сумма, руб
1.	Сырье, материал(за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	6300,5
2.	Специальное оборудование для научных работ	14600
3.	Основная заработная плата	142539,355
4.	Дополнительная заработная плата	16031,4202
5.	Отчисления на социальные нужды	35269,11
6.	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями	785
7.	Накладные расходы	94050,96
Итого плановая себестоимость		309575,845

4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты.

7.4 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (табл. 12). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}, \quad (20)$$

где I_{ϕ}^p - интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{\max}$ – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее

численное удешевление стоимости разработки в разах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p, \quad (21)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, которой приведен ниже.

За аналог 1 берется прибор CAPACITANCE 2000 фирмы SIKORA, за аналог 2 – CAPAC HS фирма Zumbach.

Таблица 7.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект (разработка)	Аналог 1	Аналог 2
Быстродействие	0,1	4	3	3
Улучшение производительности	0,1	5	2	2
Товар новый	0,2	5	3	2
Простота адаптирования информации	0,2	5	3	3
Возможность установки силами потребителя	0,3	4	3	2
Удобство в использовании	0,1	4	2	2
ИТОГО	1	1,96	1,22	1

$$I_p = 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,1 = 4,5$$

$$I_{\text{Ана1}} = 3 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,1 = 2,8$$

$$I_{\text{Ана2}} = 3 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,1 = 2,3$$

$$I_T^{a2} = 1, I_T^{a1} = 1,22, I_T^p = 1,96$$

Интегральный финальсовый показатель разработки определяется по формуле:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi^p}{\Phi^{\max}}$$

$$C^p = 495417,36 ; C^{a1} = 550000. C^{a2} = 480000 \quad \Phi^{\max} = 700000$$

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi^p}{\Phi^{\max}} = 0,71$$

$$I_{\Phi}^{a1} = \frac{550000}{700000} = 0,79$$

$$I_{\Phi}^{a2} = 0,69$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{\text{финр}}^p$) и аналога ($I_{\text{финр}}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\Phi}^p}, \quad I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\Phi}^a} \quad (22)$$

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{1,96}{0,9} = 2,18$$

$$I_{\text{финр}}^{a1} = \frac{1,22}{1,03} = 1,18$$

$$I_{\text{финр}}^{a2} = \frac{1}{1} = 1$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a} \quad (23)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{2,18}{1} = 2,18$$

где $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{тэ}}^p$ – интегральный показатель разработки;

$I_{\text{тэ}}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 7.18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Аналоги		Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,79	0,69	0,71
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	1,22	1	1,96
3	Интегральный показатель эффективности	1,18	1	2,18
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	2,18		

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. В этом случае, данным проектом является наибольшие эффективный проект для того, чтобы измерить емкости кабеля.

Вывод: при разработке научно-технического проекта были определены основные и требуемые технико-экономические показатели, такие как количество исполнителей, сроки и продолжительность исполнения, себестоимость программного продукта и эффективность проекта в целом. При планировании и организации НИР составлен перечень работ, необходимых для достижения поставленной цели. По предварительным расчетам себестоимость продукта составила 310942,745 руб.

8 Социальная ответственность

Предметом диссертационных исследований являются методы улучшения метрологических характеристик двухкоординатного стола.

Основной целью работы является разработка метрологического обеспечения позволяющего оценить метрологические характеристики двухкоординатного стола с ЧПУ собранного на кафедре «Измерительная техника и приборостроение»

Для решения поставленных задач был проведен анализ методов и средств поверки станков с ЧПУ, анализ методов измерения и принципов применения средств измерения.

В результате анализа были разработаны технические требования к метрологическому обеспечению двухкоординатного станка кафедры ИТПС, и разработана программа исследования погрешности двухкоординатного станка с ЧПУ.

Объектом исследования был двухкоординатный стол с ЧПУ собранный на кафедре «Измерительная техника и приборостроение».

Средством измерения служил лазерный триангуляционный датчик серии LAM с диапазоном измерения до 400 мм, обработка результатов измерения проводилось на персональном компьютере.

Результаты исследования могут значительно улучшить метрологические характеристики двухкоординатного стола.

8.1 Производственная безопасность

Согласно ГОСТ 12.0.003-74* (СТ СЭВ 790-77) [18] оставлен список вредных и опасных факторов, характерных при проведении механических методов оценки технического состояния изделий в виде таблице 8.1.

Таблица 8.1 Опасные и вредные факторы при проведении измерений механических параметров

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) Внешний осмотр 2) Опробование 3) Измерение диапазонов перемещений 4) Определение погрешностей измерений перемещения 5) Обработка данных на персональном компьютере	1) Превышение уровней шума 2) Температура воздуха рабочей зоны (отклонение показателей от нормы) 4) Недостаточная освещенность рабочей зоны; 5) Повышенная или пониженная влажность воздуха;	6) Движущиеся механизмы станка 7) Электрический ток	ГОСТ 12.0.003-74* (СТ СЭВ 790-77) СН РК 1.03-35-2006 СН РК 2.04-02-2011 СНП РК 4.02-42-2006 СТ РК 1151-2002

В процессе оценки метрологических характеристик двухкоординатного стола возникает необходимость работы с движущимися механизмами стола.

Такой вид работы характеризуется согласно ГОСТ 12.2.003 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности» и СН РК 1.03-35-2006 «Типовая инструкция по технике безопасности при изготовлении стальных конструкций».

Двухкоординатный стол управляется при помощи персонального компьютера и большая часть работы приходится на персональный компьютер.

В местах для подключения к электрической сети переносных электроприемников тока выполняются надписи, указывающие напряжение сети и род тока [23].

Установка штепсельных розеток и вилок, не соответствующих напряжению сети, не допускается [23].

Токоведущие части оборудования изолированы или ограждены либо размещены в недоступных для людей местах. Металлические части оборудования, которые могут оказаться под напряжением, заземлены (занулены) в соответствии с требованиями к устройству электроустановок [23].

Опасные части, находящиеся под напряжением, не должны быть доступными, а доступные проводящие части не должны находиться под опасным напряжением [24].

Для безопасной работы с двухкоординатным станком необходимо принять одну из следующих мер защиты по ГОСТ ИЕС 61140-2012 Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования [24]:

- защиту при повреждении обеспечивают посредством автоматического отключения питания.
- защиту при повреждении обеспечивают посредством дополнительной изоляции;
- защиту при повреждении обеспечивают посредством системы защитного уравнивания потенциалов, препятствующей возникновению опасных напряжений между одновременно доступными открытыми и сторонними проводящими частями.
- посредством простого разделения отделенной электрической цепи от других электрических цепей и от земли;
- посредством незаземленной системы защитного уравнивания потенциалов, взаимно соединяющей открытые проводящие части отделенной электрической цепи, когда к отделенной электрической цепи присоединено несколько единиц электрооборудования [24] .

Внутренние поверхности дверей, в ограждениях закрывающих движущиеся элементы оборудования (на пример, шестерни, шкивы), к которым

периодически необходим доступ для наладки, смены ремней и тому подобные, окрашиваются в желтый сигнальный цвет [23].

Для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья на протяжении времени работы с компьютером должны устанавливаться регламентированные перерывы.

Перед началом работы необходимо убедиться, что мониторы компьютера имеют антиблоковое покрытие с коэффициентом отражения не более 0,5. Покрытие должно также обеспечивать снятие электростатического заряда с поверхности экрана, искрение и накопление пыли. Корпус монитора должен обеспечивать защиту от ионизирующих и неионизирующих излучений.

Не допускается нахождение второго рабочего места со стороны задней стенки компьютера.

Согласно Санитарным правилам оптимальными параметрами температуры в учебной лаборатории являются 19-21, допустимыми 18-22, относительная влажность воздуха 62-55% и соотв. 39-31%.

В учебной лаборатории следует осуществлять сквозное проветривание для улучшения качественного состава воздуха, ежедневно проводить влажную уборку. Для повышения влажности воздуха следует использовать увлажнители.

Учебной лаборатории, где находятся компьютеры относится к пожароопасному помещению категории «В-3», поэтому необходимо иметь углекислотный огнетушитель типа ОУ-5 и уметь им пользоваться.

Обратить внимание на заземление, так как в компьютере используются микросхемы, чувствительные к статическому электричеству. Обратить особое внимание на целостность изоляции всех кабелей и разъемов, чтобы не оказаться неожиданно под напряжением относительно земли. Запрещается самостоятельно вскрывать корпус компьютера, из-за высокого напряжения внутри. Исключается работа с компьютером и его периферийными устройствами с открытым корпусом, самостоятельно переключать силовые и интерфейсные кабели, проливать жидкости и т.д. Рабочее место работающего

на компьютере предусмотрено оборудовать специальной мебелью: вращающимся стулом с изменяемой высотой сиденья и угла наклона спинки.

Несоблюдение требований к микроклимату помещения может не только резко снижать производительность труда, вызывать потери рабочего времени из-за увеличенного числа ошибок в работе, но и приводить к функциональным расстройствам или хроническим заболеваниям органов дыхания, нервной системы, иммунной системы.

Освещенность помещения является важным фактором для здоровья человека. Недостаточность освещенности пагубно сказывается на эффективности труда, зрении рабочих и здоровье организма в целом.

Освещенности помещения с рабочим местом регламентируется СН РК 2.04-02-2011 [19].

По СН РК 2.04-02-2011 освещенность в рабочем помещении с персональным компьютером должна составлять 300-500 люкс, коэффициент естественной освещенности при верхнем или комбинированном освещении 3,5, при боковом освещении 1,2, при верхнем или комбинированном освещении 2,1, при боковом освещении 0,7.

Естественный свет должен падать через боковые проемы. Основной поток естественного света должен быть слева, не допускается справа, сзади и спереди работающего на компьютере. на окнах должны быть занавеси в два раза больше ширины окна. Запрещается применять для окон черные занавеси.

При общем равномерном освещении светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно или применительно к расположению оборудования (общее локализованное освещение).

Световые приборы для общего и местного освещения со светодиодами должны иметь защитные углы или рассеиватели, исключая попадание в поле зрения работающего прямого излучения.

Для поддержания нормированных значений освещенности необходимо:

- регулярно (не реже двух раз в год) очищать оконное стекло и светильники;

- своевременно проводить замену перегоревших ламп.

Одним из неблагоприятных факторов производственной среды в учебной лаборатории является высокий уровень шума, создаваемый печатными устройствами, оборудованием для кондиционирования воздуха, вентиляторами систем охлаждения в самих ЭВМ и станков [19].

Допустимый уровень шума для рабочего места оператора по ГОСТ 27409-97, не должен превышать 65 дБ.

Наиболее эффективным способом снижения шума является воздействие на причину, его порождающую, т.е. источник возникновения шума.

Для предметного решения этой задачи в каждом конкретном случае необходимо знать, до какого предела следует снижать шум машины. Наряду с санитарным нормированием шума и на его базе необходимо проводить техническое нормирование источников шума, состоящее в установлении предельно допустимых шумовых характеристик (ПДШХ) машин, удовлетворение которым обеспечивает выполнение норм шума, воздействующего на людей при данных условиях эксплуатации [19].

Информация о ПДШХ позволяет разработчикам на этапе подготовки требований к разрабатываемому изделию, с учетом типовой практики его применения, сознательно решать вопросы по обеспечению требуемых шумовых характеристик, принимать профилактические меры по снижению шума в источнике его возникновения и совместно с конструкторской проработкой вести акустическое проектирование изделия. Если же по тем или иным причинам (например, экономического характера) не удастся добиться обеспечения требуемых пределов излучаемого шума и приходится ограничиваться установлением технически достижимого значения шумовой характеристики, проектировщики помещений и покупатели оборудования еще до начала эксплуатации смогут принять необходимые меры по снижению шума

на пути его распространения до рабочих мест и обеспечить выполнение санитарных норм шума, воздействующего на обслуживающий персонал.

Для снижения уровня шума необходимо произвести звукоизоляцию, комплекс мероприятий по снижению уровня шума.

Ослабление шума с помощью звукоизоляции осуществляют средствами, в основе которых лежит применение акустических материалов. Эффективность звукоизоляции характеризуют коэффициентом отражения, который численно равен доле энергии звуковой волны, отраженной от поверхности ограждения, изолирующего источник шума.

К наиболее распространенным средствам звукоизоляции относят:

- применение звукоизолирующих кожухов и кабин; увеличение массы преграды;

- разобшение легкой строительной конструкции сплошным воздушным промежутком на отдельные части;

- устранение или уменьшение жестких связей между элементами разобщенной конструкции;

- заполнение воздушного пространства в двойных легких перегородках звукопоглощающими материалами;

- повышение воздухонепроницаемости преграды.

Звукоизолирующими кожухами закрывают наиболее шумные машины и механизмы, локализуя таким образом источник шума. Внутреннюю поверхность стенок кожуха рекомендуют облицовывать звукопоглощающим материалом.

Работа, связанная с обработкой результатов измерений механических параметров, относится к III категории работ – продолжительность работ группы В превышает 4 ч. Работа пользователей компьютеров характеризуется значительным напряжением зрительных анализаторов. Для предотвращения умственного перенапряжения, эмоциональных перегрузок монотонности труда следует выполнять следующие рекомендации: совершать перерывы каждые 2

часа не менее 20 минут или же по 5-15 минут через каждый час работы. Общая продолжительность дополнительных перерывов составляет 60 минут.

8.2 Экологическая безопасность

С развитием науки и техники окружающая среда подвергается различным антропогенным воздействиям: электромагнитные поля, выбросы углекислого и прочих газов и др. Многочисленные источники загрязнения наносят серьезный ущерб окружающей среде.

Таким образом, охрана окружающей среды является важным фактором при проектировании и проведении исследования.

При оценке метрологических характеристик двухкоординатного стола выбросов вредных или опасных газов в атмосферу не происходит.

Источников загрязнения в виде отходов тоже нет.

При рассмотрении влияния ПК и двухкоординатного стола на атмосферу и гидросферу можно сказать, что воздействия не оказываются.

В помещении нет отходов, которые нуждаются в специальной утилизации.

В случае выхода из строя ПК, они списываются и отправляются на специальный склад, который при необходимости принимает меры по утилизации списанной техники и комплектующих.

В случае выхода из строя двухкоординатного станка он также будет подвержен демонтажу, извлечению различных материалов из списанных технических средств, а также сортировку, разделку, упаковку и продажу (или сдачу на захоронение)

8.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

На таком объекте как учебная лаборатория могут возникнуть такие чрезвычайные ситуации (ЧС) как: техногенные, экологические, природные.

Наиболее распространенными источниками возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера в учебной лаборатории являются пожары и взрывы. Эта ЧС может произойти в случае замыкания электропроводки оборудования, обрыву проводов, не соблюдению мер пожаробезопасности и т.д.

Пожар – это вышедший из-под контроля процесс горения, уничтожающий материальные ценности и создающий угрозу жизни и здоровью людей.

Основными причинами пожара в учебных лабораториях являются:

1) Неработоспособное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях. Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неполадки, а также проводить плановый осмотр электрооборудования.

2) Электрические приборы с дефектами.

3) Обогрев учебной лаборатории с помощью оборудования с открытыми нагревательными элементами. В помещениях с большим количеством справочной литературы и бумажных документов, которые являются легковоспламеняющимися предметами, использование таких обогревательных приборов небезопасно. Их исключение либо замена аналогами ликвидирует данную причину пожара.

4) Короткое замыкание. Необходимо скрыть электропроводку для уменьшения вероятности короткого замыкания.

Для того что бы избежать возникновения пожара необходимо проводить следующие профилактические работы, направленные на устранение возможных источников возникновения пожара:

- периодическая проверка проводки;
- проведение инструктажа лаборантов о пожаробезопасности.

Помещение должно быть оснащено средствами пожаротушения в соответствии с нормами. На 100 м² пола необходимо иметь:

- пенный огнетушитель ОП-10 – 1 шт.;

- углекислотный огнетушитель ОУ-5 – 1 шт.;
- ящик с песком на 0,5 м³ – 1 шт.;
- железные лопаты – 2 шт.

В число предупредительных мероприятий могут быть включены мероприятия, направленные на устранение причин, которые могут вызвать пожар (взрыв), на ограничение (локализацию) распространения пожаров, создание условий для эвакуации людей и имущества при пожаре, своевременное обнаружение пожара и оповещение о нем, тушение пожара, поддержание сил ликвидации пожаров в постоянной готовности. Соблюдение технологических режимов производства, содержание оборудования, особенно энергетических сетей, в исправном состоянии позволяет, в большинстве случаев, исключить причину возгорания. Своевременное обнаружение пожара может достигаться оснащением производственных и бытовых помещений системами автоматической пожарной сигнализации или, в отдельных случаях, с помощью организационных мер.

В случае возникновения ЧС как пожар, необходимо предпринять меры по эвакуации персонала из помещения в соответствии с планом эвакуации. При отсутствии прямых угроз здоровью и жизни произвести попытку тушения возникшего возгорания огнетушителем. В случае потери контроля над пожаром, необходимо эвакуироваться вслед за сотрудниками по плану эвакуации и ждать приезда специалистов, пожарников. При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, издав предупредительные сигналы, и передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС, в случае если система не сработала, по каким либо причинам, необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 113, сообщить место возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

8.4 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Правильная организация труда и отдыха работников необходимо для уменьшения воздействия психофизиологических факторов, таких как монотонность труда, эмоциональная напряженность и умственная усталость.

Необходимо проверить рабочее положение компьютера и двухкоординатного стола расстояние между стеной с оконными проемами и столом должно быть не менее 0,8 м.

Расстояние между рабочим столом и компьютером должно быть не менее 0.5 м по ГОСТ 12.2.003 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности» [21].

Органы ручного управления двухкоординатного стола выполняются и располагаются так, чтобы пользование ими было удобно, не приводило к защемлению и наталкиванию руки на другие органы управления и части оборудования с исключением случайного воздействия на эти органы.

Все виды приспособлений (кондукторы, патроны, планшайбы, магнитные плиты, оправки и другие) должны соответствовать ГОСТ 12.2.029 «Приспособления станочные. Общие требования безопасности» [22].

Работать на неисправном оборудовании, с неисправными или не закрепленными ограждениями не допускается [23].

При размещении рабочего места необходимо придерживаться следующих требований:

- рабочее место должно быть размещено таким образом, чтобы естественный свет падал сбоку (оптимально – слева);
- экран видеомонитора должен находиться от глаз на оптимальном расстоянии 600-700мм, но не ближе 500мм.
- высота рабочей поверхности, при организации рабочего места 680 мм;
- высота сиденья 420 мм;
- очень часто используемые средства отображения информации, требующие точного и быстрого считывания показаний, следует располагать в

вертикальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от сагиттальной плоскости.

– сидения, используемые в лаборатории, должны быть снабжены подъемно-поворотным механизмом, позволяют регулировать угол наклона, как самого сидения, так и спинки;

- пространство для ног (ширина не менее 500 мм).

Продолжительность непрерывной работы с компьютером и двухкоординатным станком без регламентированного перерыва не должна превышать 2 часов.

Обеспечение выполнения данных требований к компоновке рабочей зоны позволит улучшить качество и производительность труда инженера – лаборанта, снизить влияние действия психофизиологических факторов, обеспечить рациональный и безопасный труд.

Заключение

Целью диссертационной работы являлась разработка метрологического обеспечения позволяющего оценить метрологические характеристики двухкоординатного стола с ЧПУ собранного на кафедре «ИТПС»

В соответствии с этой целью были решены следующие задачи.

Был проведен анализ двухкоординатного станка кафедры ИТПС, был рассмотрен принцип работы стола, его программное обеспечение и метод задания координат.

Координаты передвижения станка с ЧПУ задаются при помощи G-кода в программе MACH3 [5].

Команда G00 используется для ускоренного перемещения в определенную точку.

По результатам данного анализа был сделан следующий вывод: метрологическое обеспечение должно соответствовать точности перемещения по горизонтали и по оси X (вперед- назад).

Технические характеристики средств поверки должны быть не хуже 0,05мм.

При анализе методов и средств поверки станков с ЧПУ были подробно описаны средства и методы измерений используемые для оценки метрологических характеристик станка.

Из этих методов отбирались те, для которых требуются наиболее простые средства измерения.

Проведя анализ средств поверки станков с ЧПУ был сделан следующие выводы:

1) поверочные линейки выполняются под заказ, и имеют тяжелый вес, что крайне не удобно для проведения замеров по двум координатам.

2) Минусом индикаторов и натянутой струны (с микроскопом) является маленький ход (10-20мм) для замера больших расстояний.

3) оптические приборы (коллиматоры), визирная труба, лазер и фотоэлектрический датчик, лазерный интерферометр с призмой Уоллстона – минусом их использования является высокая цена.

4) эталонные кондукторы не удобны в использовании тем, что обычно они изготавливаются под заказ и используются больше для серийного производства, нежели для оценки метрологических характеристик.

5) минусом лазерных линеек является большая погрешность при замере маленьких расстояний до 0,5 см, и цена, которая значительно превосходит механические приборы для замера расстояний [10].

К основным техническим требованиям метрологического обеспечения двухкоординатного станка кафедры ИТПС можно отнести следующее.

Метрологическое обеспечение должно обеспечивать подтверждение точностных характеристик станка: перемещения по горизонтали (вверх-вниз) и по оси X (вперед-назад).

Для проведения метрологических исследований необходимо следующее оборудование:

- приборы для контроля диапазона перемещения по горизонтали и по оси X (вперед-назад);
- приборы для определения погрешности измерений перемещения по горизонтали;
- приборы для определения погрешности измерений перемещения по оси X (вперед-назад);
- программа исследования;
- методика исследования.

Приборы вертикального контроля должны обеспечивать контроль перемещения от 0-до 25 см с точностью не хуже 0,05мм.

При выборе оборудования было выбрано следующее:

Для оценки метрологических характеристик двухкоординатного станка кафедры «ИТПС» был выбран лазерный триангуляционный датчик серии LAM с диапазоном измерения до 400 мм.

Была разработана программа исследования погрешности двухкоординатного станка с ЧПУ.

Также была определена погрешность перемещения по оси X (вперед-назад) и погрешности измерений перемещения по горизонтали, координата Y.

Был проведен анализ погрешностей измерения перемещения по горизонтали и по координате X (вперед-назад).

По результатам анализа (в обоих случаях) зависимости погрешности (абсолютной и относительной) от перемещения сверла двухкоординатного станка по горизонтали выявлено, что погрешность измерения зависит от шагового двигателя.

Абсолютная погрешность станка подчиняется периодическому закону распределения, поэтому для оценки погрешности (неопределенности) станка, используются формулы для периодического распределения.

А относительная погрешность подчиняется равномерному закону распределения, но имеет переходный процесс.

Это связано с тем, что станок имеет инерционные свойства.

Первые несколько секунд станок работает в нестационарном режиме работы а после переходит в стационарный режим работы.

Относительная погрешность остается постоянной при переходе на стационарный режим работы.

Для улучшения метрологических погрешностей двухкоординатного стола было рекомендовано заменить шаговой двигатель M1-M6 42BYGHW на более современный.

Поставленные цели и задачи в работе выполнены.

Список использованной литературы:

1. Берденников Д.А. «ВЫБОР ДРАЙВЕРА ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ СТАНКА ЧПУ» статья, Международной научно-практическая конференция КАРГТУ. - 2с.
2. <http://darxton.ru/wiki-article/chasto-zadavaemye-voprosy-po-shagovym-dvigatelyam-faq/>
3. Г.М. Ералинова, А.Е. Слямова «ВЫБОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ НА ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ» статья, VI Научно-практическая конференция «Информационно-измерительная техника и технологии», 27-30 мая 2015 г, ТПУ – 5 с.
4. <http://enciklopediya-tehniki.ru/promyshlennost-na-k/konduktor.html>
5. Берденников Д.А. Разработка автоматизированной установки по изготовлению двухсторонних печатных плат: дис....магистр наук: 2014г. — 65 с.
6. <https://riftek.com/ru/products/~show/sensors/laser-triangulation-sensor>
7. <http://waycon.ru/>
8. <http://fb.ru/article/62939/lazernaya-lineyka-vyibiraem-pravilno>
9. Гаврилин А.Н., Мойзес Б.Б. - «Диагностика технологических систем», 2013 гг. Издательство Томского политехнического университета – 120 с.
10. <http://uchebnik.kz/izmeritelnoe-oborudovanie-i-metrologiya/112-ponyatie-o-metrologicheskoy-obespechenii/>
11. <http://www.intuwiz.ru/articles/g00.html#.Vw5yxDCLQ2w>
12. <http://delta-grup.ru/bibliot/5k/104.htm>
13. В. А. Бисерова, Н. В. Демидова, А. С. Якорева «Метрология, стандартизация и сертификация» 12 апреля 2009-90 стр.
14. <http://xn----8sbnaarbiedfksmiphlmncml1d9b0i.xn--p1ai/electro-izmerenya/273-proverka-sredstv-elektricheskikh-izmereniy.html>
15. <http://naceks.kz/kz/informirovan-vooruzhen/396-poverka-i-kalibrovka-sredstv-izmerenii-elektricheskikh-velichin.html>

16. ГОСТ 8.009-84 Нормируемые метрологические характеристики средств измерений
17. ГОСТ Р ИСО 230-1-2010. Испытания станков. Часть 1. Методы измерения геометрических параметров
18. ГОСТ 12.0.003-74* (СТ СЭВ 790-77). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
19. СН РК 2.04-02-2011 «Естественное и искусственное освещение»
20. Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям работы с источниками физических факторов (компьютеры и видеотерминалы), оказывающих воздействие на человека»
21. ГОСТ 27409-97 Шум. Нормирование шумовых характеристик стационарного оборудования. Основные положения
22. ГОСТ 12.2.003 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности»
23. ГОСТ 12.2.029 «Приспособления станочные. Общие требования безопасности»
24. Общие требования промышленной безопасности часть 2
25. ГОСТ ИЕС 61140-2012 Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования

Приложение А

Раздел (6)

Development of research methodology error XY CNC machine

Разработка методики исследования погрешности двухкоординатного станка с ЧПУ

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4Б	Ералинова Гульмира Маратовна		

Консультант кафедры ИИТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Вавилова Г.В.			

Консультант – лингвист кафедры ИЯ НК:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Ковалева Ю.Ю.	Кандидат педагогических наук		

6 Development of research methodology error XY CNC machine

6.1 Visual inspection

During the external inspection of the machine set the following requirements:

- Mechanical damage, affecting its performance;
- the availability of an equipment of the machine;
- the availability and strength of attachment controls and switching parts, clear fixation, availability of fuses;
- providing purity of cable connectors;
- XY CNC machines software.

6.4 Testing

- 1) Connect the machine to a voltage of 220V, the power indicator will light up on the remote machine control.
- 2) To check the correct interaction between the machine mechanisms.
- 3) Set the fast moving drill code 10 mm forward X G00 X10 axis, the drill back to the starting position by G00 Z0 operation.
- 4) Set the code G00 X-10, return its in original position by G00 X0 operation.
- 5) Set the fast moving drill code to 10 mm to the right the X-axis (forward and backward) G00 Y10, drill back to the starting position by G00 Y0 operation.
- 6) Ask G00 Y-10 code, return to the original position of the drill using G00 Y0 operation.
- 7) Repeat the operation for the coordinates 20, -20.30, -30.40, -40.

6.5 Measurement of the movable range on the X axis (front-back)

Set the bit to its original position using the command G00 X0; G00 V0.

Set coordinate G00 X-30 to fix the position of the drill.

Set coordinate G00 X200.

Measure the range of movement of the vertical laser triangulation sensor LAM series with a measuring range of up to 400 mm.

Range was set to 230 mm, measured vertically movable range of laser triangulation sensor LAM series with a measuring range of up to 400 mm recorded 229mm.

6.4 Measurement of horizontal displacement range Y coordinate (right-left)

Set the bit to its original position by means of command G00 Y0; G00 Z0.

Set coordinate G00 V0 fix the position of the drill.

Set coordinate G00 U245.

Measure the range of movement in the horizontal laser triangulation sensor LAM series with a measuring range of up to 400 mm.

Range was set to 245 mm, the measurement of the range of movement of the horizontal laser triangulation sensor LAM series with a measuring range of up to 400 mm recorded 239mm.

6.5 Determination of the measurement error by moving the X axis (front-back)

Set a movement code (Table 6.1), fix a specified movement and with the help of a laser triangulation sensor LAM series with a measuring range of 400 mm to measure the actual movement.

Enter information in Table 6.1

Calculate the relative and absolute error using formulas 5.1, 5.2.

Table 6.1-Definition of an Error of Measurements of Movement

Movement code	G00X 0 G00X -30	G00X -30 G00X -29.5	G00X -30 G00X -29	G00X -30 G00X -28.5	G00X -30 G00X -28	G00X -30 G00X -27.5
The set movement, mm	-30	-29.5	-29	-28.5	-28	-27.5
The measured movement, mm	-30	-29.56	-29.02	-28.5	-28.06	-27.52
Δ	0	0.06	0.02	0	0.06	0.02
δ , %	0	-0.00203	-0.00069	0	-0.00214	-0.00073

Continuation of table 6.1

Movement code	G00X -30 G00X -27	G00X -30 G00X -26.5	G00X -30 G00X -26	G00X -30 G00X -25.5	G00X -30 G00X -25	G00X -30 G00X -24.5
The set movement, mm	-27	-26.5	-26	-25.5	-25	-24.5
The measured movement, mm	-27	-26.56	-26.02	-25.5	-25.06	-24.52
Δ	0	0.06	0.02	0	0.06	0.02
δ , %	0	-0.00226	-0.00077	0	-0.00239	-0.00082

Continuation of table 6.1

Movement code	G00X -30 G00X -24	G00X -30 G00X -23.5	G00X -30 G00X -23	G00X -30 G00X -22.5	G00X -30 G00X -22	G00X -30 G00X -21.5
The set movement, mm	-24	-23.5	-23	-22.5	-22	-21.5
The measured movement, mm	-24	-23.56	-23.02	-22.5	-22.06	-21.52
Δ	0	0.06	0.02	0	0.06	0.02
δ , %	0	-0.00255	-0.00087	0	-0.00272	-0.00093

Continuation of table 6.1

Movement code	G00X -30 G00X -21	G00X -30 G00X -20.5	G00X -30 G00X -20	G00X -30 G00X -15	G00X -30 G00X -10	G00X -30 G00X -5
The set movement, mm	-21	-20.5	-20	-15	-10	-5
The measured movement, mm	-21	-20.56	-20.02	-15	-10.06	-5.02
Δ	0	0.06	0.02	0	0.06	0.02
δ , %	0	-0.00292	-0.001	0	-0.00596	-0.00398

Continuation of table 6.1

Movement code	G00X -30 G00X 0	G00X -30 G00X 5	G00X -30 G00X 10	G00X -30 G00X 15	G00X -30 G00X 20	G00X -30 G00X 25
The set movement, mm	0	5	10	15	20	25
The measured movement, mm	0	5.02	10.02	15	20.06	25.02
Δ	0	-0.02	-0.02	0	-0.06	-0.02
δ , %	0	-0.00398	-0.002	0	-0.00299	-0.0008

Continuation of table 6.1

Movement code	G00X -30 G00X 30	G00X -30 G00X 35	G00X -30 G00X 40	G00X -30 G00X 45	G00X -30 G00X 50	G00X -30 G00X 55
The set movement, mm	30	35	40	45	50	55
The measured movement, mm	30	35.06	40.02	45	50.06	55.02
Δ	0	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02
δ , %	0	-0.00171	-0.0005	0	-0.0012	-0.00036

Continuation of table 6.1

Movement code	G00X -30 G00X 60	G00X -30 G00X 65	G00X -30 G00X 70	G00X -30 G00X 75	G00X -30 G00X 80	G00X -30 G00X 85
The set movement, mm	60	65	70	75	80	85
The measured movement, mm	60	65.06	70.02	75	80.06	85.02
Δ	0	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02
δ , %	0	-0.00092	-0.0002	0	-0.00075	-0.00024

Continuation of table 6.1

Movement code	G00X -30 G00X 90	G00X -30 G00X 95	G00X -30 G00X 100	G00X -30 G00X 105	G00X -30 G00X 110	G00X -30 G00X 115
The set movement, mm	90	95	100	105	110	115
The measured movement, mm	90	95.06	100.02	105	110.06	115.02
Δ	0	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02
δ , %	0	-0.00063	-0.0002	0	-0.00055	-0.00017

Continuation of table 6.1

Movement code	G00X -30 G00X 120	G00X -30 G00X 125	G00X -30 G00X 130	G00X -30 G00X 135	G00X -30 G00X 140	G00X -30 G00X 145
The set movement, mm	120	125	130	135	140	145
The measured movement, mm	120	125.06	130.02	135	140.06	145.02
Δ	0	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02
δ , %	0	-0.00048	-0.00015	0	-0.00043	-0.00014

Continuation of table 6.1

Movement code	G00X -65 G00X 150	G00X -65 G00X 155	G00X -65 G00X 160	G00X -65 G00X 165	G00X -65 G00X 170	G00X -65 G00X 175
The set movement, mm	150	155	160	165	170	175
The measured movement, mm	150	155.06	160.02	165	170.06	175.02
Δ	0	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02
δ , %	0	-0.00039	-0.00012	0	-0.00035	-0.00011

Continuation of table 6.1

Movement code	G00X -30 G00X 180	G00X -30 G00X 185	G00X -30 G00X 190	G00X -30 G00X 190.5	G00X -30 G00X 191	G00X -30 G00X 191.5
The set movement, mm	180	185	190	190.5	191	191.5
The measured movement, mm	180	185.06	190.02	190.5	191.06	191.52
Δ	0	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02
δ , %	0	-0.00032	-0.00011	0	-0.00031	-0.0001

Continuation of table 6.1

Movement code	G00X -30 G00X 192	G00X -30 G00X 192.5	G00X -30 G00X 193.5	G00X -30 G00X 194	G00X -30 G00X 194.5	G00X -30 G00X 195
The set movement, mm	192	192.5	193.5	194	194.5	195
The measured movement, mm	192	192.56	193.52	194	194.56	195.02
Δ	0	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02
δ , %	0	-0.00031	-0.0001	0	-0.00031	-0.0001

Continuation of table 6.1

Movement code	G00X -30 G00X 195.5	G00X -30 G00X 196.5	G00X -30 G00X 197	G00X -30 G00X 197.5	G00X -30 G00X 198	G00X -30 G00X 198.5
The set movement, mm	195.5	196.5	197	197.5	198	198.5
The measured movement, mm	195.5	196.56	197.02	197.5	198.06	198.52
Δ	0	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02
δ , %	0	-0.00031	-0.0001	0	-0.0003	-0.0001

Continuation of table 6.1

Movement code	G00X -30 G00X 199	G00X -30 G00X 199.5	G00X -30 G00X 200
The set movement, mm	199	199.5	200
The measured movement, mm	199	199.56	200.02
Δ	0	-0.06	-0.02
δ , %	0	-0.0003	-1E-04

6.6 Determination of measurement error moving horizontally, Y coordinate

Set a movement code (Table 6.1), fix a specified movement and with the help of a laser triangulation sensor LAM series with a measuring range of 400 mm to measure the actual movement.

Calculate the relative and absolute error using formulas 5.1,5.2.

Enter information in table 6.2

Table 6.2 Definition of displacement measurement error

Movement code	G00Y 0 G00Y 0.5	G00Y 0 G00Y 1	G00Y 0 G00Y 1.5	G00Y 0 G00Y 2	G00Y 0 G00Y 2.5	G00Y 0 G00Y 3
The set movement, mm	0.5	1	1.5	2	2.5	3
The measured movement, mm	0.56	1.02	1.5	2.06	2.52	3
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
δ , %	-0.10714	-0.01961	0	-0.02913	-0.00794	0

Continuation of Table 6.2

Movement code	G00Y 0 G00Y 3.5	G00Y 0 G00Y 4	G00Y 0 G00Y 4.5	G00Y 0 G00Y 5	G00Y 0 G00Y 5.5	G00Y 0 G00Y 6
The set movement, mm	3.5	4	4.5	5	5.5	6
The measured movement, mm	3.56	4.02	4.5	5.06	5.52	6
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
δ , %	-0.01685	-0.00498	0	-0.01186	-0.00362	0

Continuation of Table 6.2

Movement code	G00Y 0 G00Y 6.5	G00Y 0 G00Y 7	G00Y 0 G00Y 7.5	G00Y 0 G00Y 8	G00Y 0 G00Y 8.5	G00Y 0 G00Y 9
The set movement, mm	6.5	7	7.5	8	8.5	9
The measured movement, mm	6.56	7.02	7.5	8.06	8.52	9
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
δ , %	-0.00915	-0.00285	0	-0.00744	-0.00235	0

Continuation of Table 6.2

Movement code	G00Y 0 G00Y 9.5	G00Y 0 G00Y 10	G00Y 0 G00Y 15	G00Y 0 G00Y 20	G00Y 0 G00Y 25	G00Y 0 G00Y 30
The set movement, mm	9.5	10	15	20	25	30
The measured movement, mm	9.56	10.02	15	20.06	25.02	30
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
δ , %	-0.00628	-0.002	0	-0.0029	-0.0008	0

Continuation of Table 6.2

Movement code	G00Y 0 G00Y 35	G00Y 0 G00Y 40	G00Y 0 G00Y 45	G00Y 0 G00Y 50	G00Y 0 G00Y 55	G00Y 0 G00Y 60
The set movement, mm	35	40	45	50	55	60
The measured movement, mm	35.06	40.02	45	50.06	55.02	60
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
δ , %	-0.00171	-0.0005	0	-0.0012	-0.0003	0

Continuation of Table 6.2

Movement code	G00Y 0 G00Y 65	G00Y 0 G00Y 70	G00Y 0 G00Y 75	G00Y 0 G00Y 80	G00Y 0 G00Y 85	G00Y 0 G00Y 90
The set movement, mm	65	70	75	80	85	90
The measured movement, mm	65.06	70.02	75	80.06	85.02	90
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
δ , %	-0.00092	-0.00029	0	- 0.00075	- 0.00024	0

Continuation of Table 6.2

Movement code	G00Y 0 G00Y 95	G00Y 0 G00Y 100	G00Y 0 G00Y 105	G00Y 0 G00Y 110	G00Y 0 G00Y 115	G00Y 0 G00Y 120
The set movement, mm	95	100	105	110	115	120
The measured movement, mm	95.06	100.02	105	110.06	115.02	120
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
δ , %	-0.00063	-0.0002	0	-0.0005	-0.00017	0

Continuation of Table 6.2

Код перемещения	G00Y 0 G00Y 125	G00Y 0 G00Y 130	G00Y 0 G00Y 135	G00Y 0 G00Y 140	G00Y 0 G00Y 145	G00Y 0 G00Y 150
Заданное перемещение, мм	125	130	135	140	145	150
Измеренное перемещение, мм	125.06	130.02	135	140.06	145.02	150
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
δ , %	-0.00048	-0.00015	0	-0.00043	-0.00014	0

Continuation of Table 6.2

Movement code	G00Y 0 G00Y 155	G00Y 0 G00Y 160	G00Y 0 G00Y 165	G00Y 0 G00Y 170	G00Y 0 G00Y 175	G00Y 0 G00Y 180
The set movement, mm	155	160	165	170	175	180
The measured movement, mm	155.06	160.02	165	170.06	175.02	180
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
δ , %	-0.00039	-0.00012	0	-0.00035	-0.00011	0

Continuation of Table 6.2

Movement code	G00Y 0 G00Y 185	G00Y 0 G00Y 190	G00Y 0 G00Y 195	G00Y 0 G00Y 200	G00Y 0 G00Y 205	G00Y 0 G00Y 210
The set movement, mm	185	190	195	200	205	210
The measured movement, mm	185.06	190.02	195	200.06	205.02	210
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
δ , %	-0.00032	-0.00011	0	-0.0003	-9.8E-05	0

Continuation of Table 6.2

Movement code	G00Y 0 G00Y 215	G00Y 0 G00Y 220	G00Y 0 G00Y 225	G00Y 0 G00Y 230	G00Y 0 G00Y 230.5	G00Y 0 G00Y 231
The set movement, mm	215	220	225	230	230.5	231
The measured movement, mm	215.06	220.02	225	230.06	230.52	231
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
δ , %	-0.00028	-9.1E-05	0	-0.00026	-8.7E-05	0

Continuation of Table 6.2

Movement code	G00Y 0 G00Y 231.5	G00Y 0 G00Y 232	G00Y 0 G00Y 232.5	G00Y 0 G00Y 233	G00Y 0 G00Y 233.5	G00Y 0 G00Y 234
The set movement, mm	231.5	232	232.5	233	233.5	234
The measured movement, mm	231.56	232.02	232.5	233.06	233.52	234
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
δ , %	-0.00026	-8.6E-05	0	- 0.00026	-8.6E-05	0

Continuation of Table 6.2

Movement code	G00Y 0 G00Y 234.5	G00Y 0 G00Y 235	G00Y 0 G00Y 235.5	G00Y 0 G00Y 236	G00Y 0 G00Y 236.5	G00Y 0 G00Y 237
The set movement, mm	234.5	235	235.5	236	236.5	237
The measured movement, mm	234.56	235.02	235.5	236.06	236.52	237
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06	-0.02	0
δ , %	-0.00026	-8.5E-05	0	-	-8.5E-05	0

Continuation of Table 6.2

Movement code	G00Y 0 G00Y 237.5	G00Y 0 G00Y 238	G00Y 0 G00Y 238.5	G00Y 0 G00Y 239
The set movement, mm	237.5	238	238.5	239
The measured movement, mm	237.56	238.02	238.5	239.06
Δ	-0.06	-0.02	0	-0.06
δ , %	-0.00025	-8.4E-05	0	-0.00025

6.7 Researching results

1) Analysis of displacement measurement error along the X axis (front-back)

According to the analysis results, depending errors (absolute and relative) from moving the drill machine XY Horizontal submits that measurement error depends on the stepper motor (Figure 6.1, Figure 6.2, Figure 6.3)

Absolute accuracy (Table 6.1) of the machine is subject to periodic distribution law, which is determined by step displacement engines, so the estimation error (uncertainty) of the machine, use the formula for the triangular distribution.

The worst absolute error for Table 6.1 is 0.06 mm.

The worst relative error for Table 6.1 is 0.006%.

A relative error (see Table 6.1) submits uniform distribution law, but immeet transition process. This is due to the fact that the machine has inertial characteristics.

The first few seconds of the machine operates in a transient mode and then switches to stationary mode.

The relative error is constant during the transition to a stationary operation.

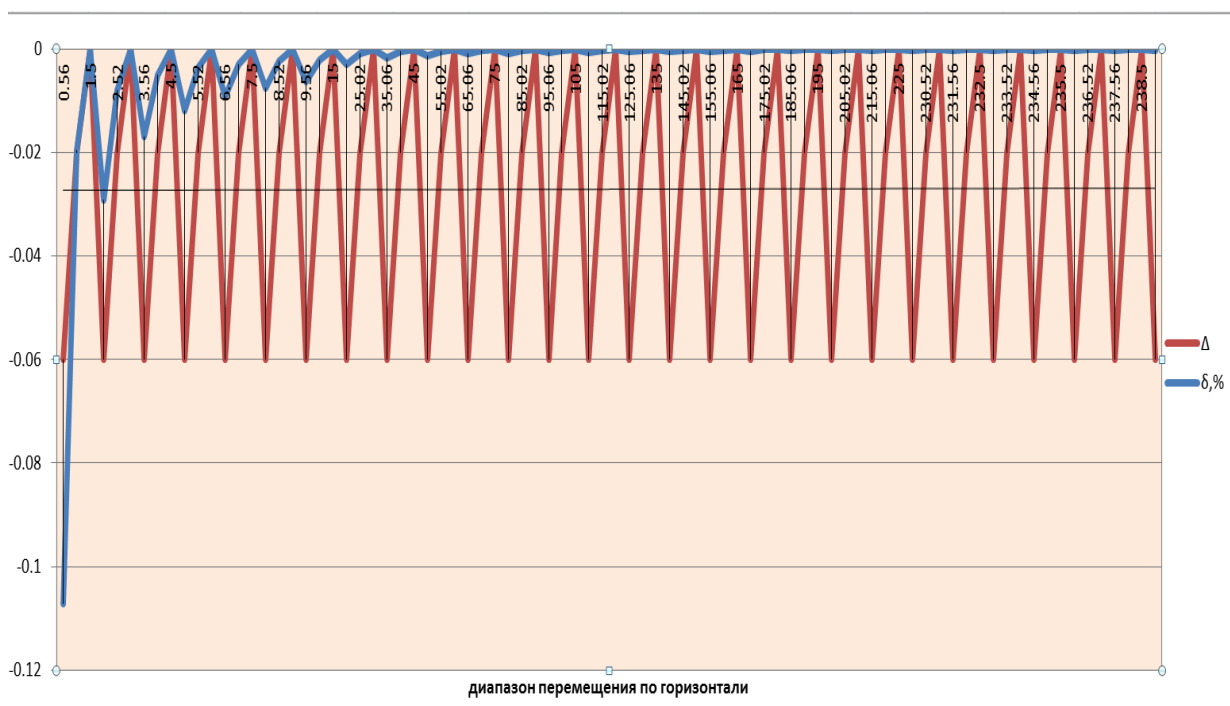


Figure 6.1- Graph of absolute and relative accuracy of the movable range of the horizontal drill

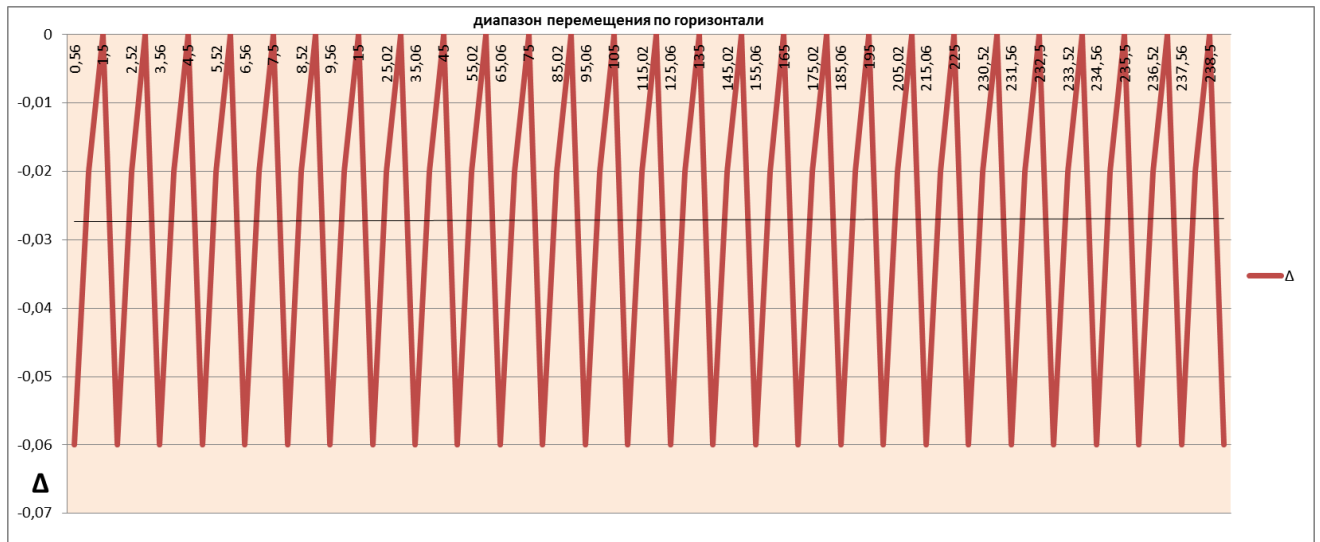


Figure 6.2- Graph of absolute error on the range of motion drills horizontally

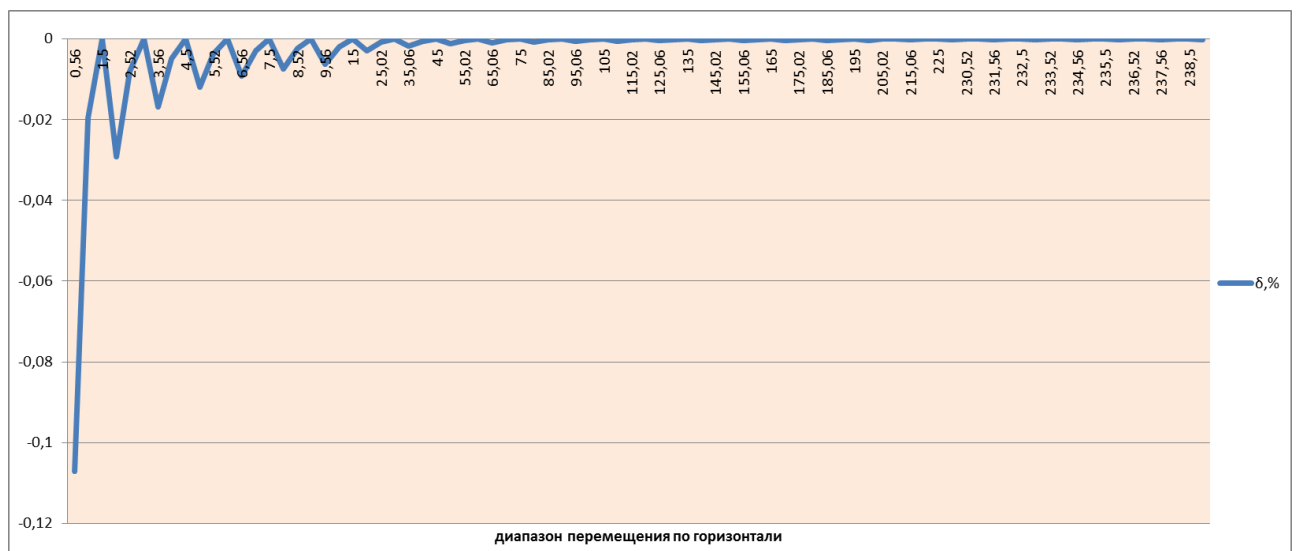


Figure 6.3- Graph of relative error of the movable range of the horizontal drill

3) measurement error analysis of moving horizontally, Y coordinate

According to the analysis, depending errors (absolute and relative) from moving the drill machine XY Horizontal submits that measurement error depends on the stepper motor. (Figure 6.4, Figure 6.5, Figure 6.6)

Absolute accuracy (Table 6.2) of the machine is subject to periodic distribution law, which is determined by step displacement engines, so the estimation error (uncertainty) of the machine, use the formula triangular distribution.

The worst absolute error for Table 6.2 is 0.06 mm.

The worst relative error for Table 6.2 is 0.006%.

A relative error (Table 6.2) submits uniform distribution law, but immeet transition process. This is due to the fact that the machine has inertial characteristics.

The first few seconds of the machine operates in a transient mode and then switches to stationary mode.

The relative error is constant during the transition to a stationary operation.

To improve the metrological errors XY table is recommended to replace stepper motors M1-M6 42BYGHW to a more modern.

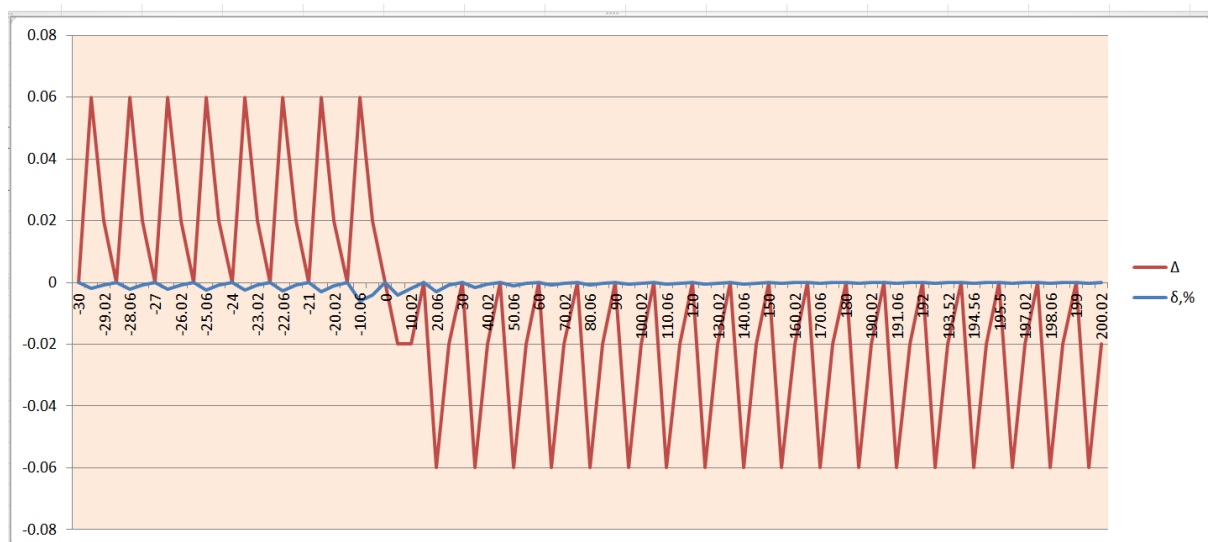


Figure 6.4 - Graph of absolute and relative error of drill travel range on the X-axis

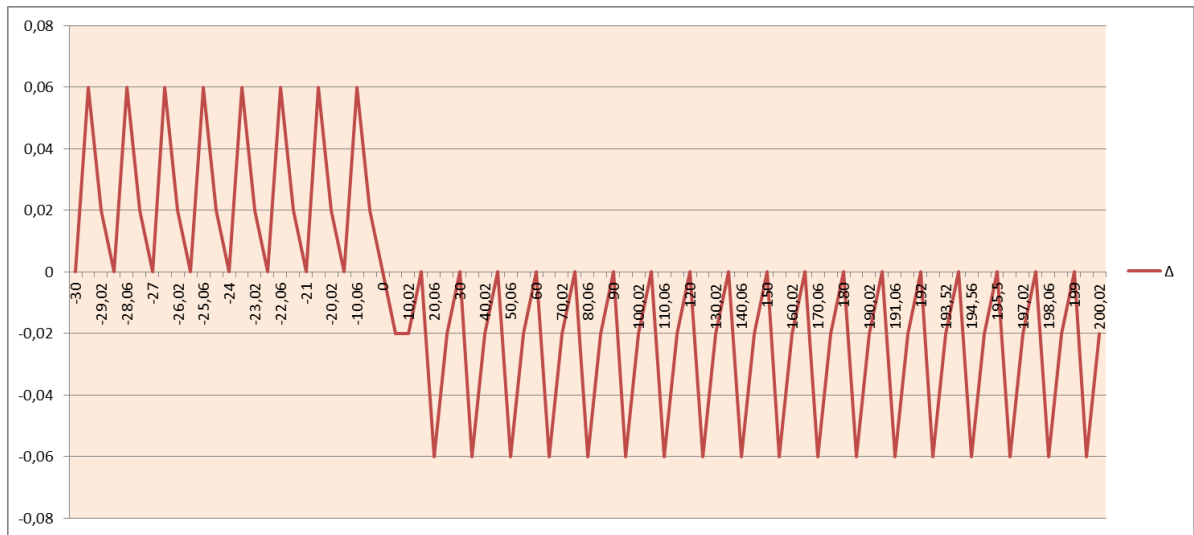


Figure 6.5 - Graph of the absolute error of the drill movement range X-axis

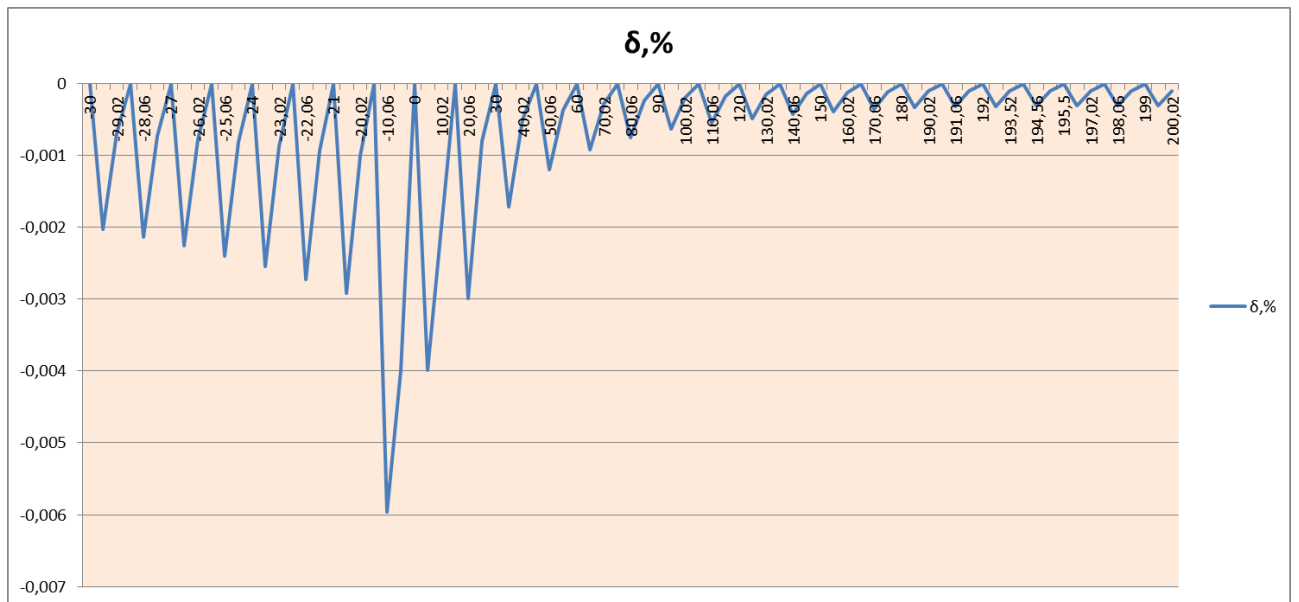


Figure 6.6- Graph of relative error of the drill movement range X-axis