

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА ПРИЕМОЧНОГО КОНТРОЛЯ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ  
МАШИНЫ ДЕТАЛИ «КОРПУС РЕДУКТОРА»

Выпускная квалификационная работа

по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)  
профилю подготовки «Машиностроение и материалобработка»  
специализации «Сертификация, метрология и управление качеством в машиностроении»

Идентификационный код ВКР: 317

Екатеринбург 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра технологии машиностроения, сертификации и  
методики профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующий кафедрой ТМС  
\_\_\_\_\_ Н.В. Бородина  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017г.

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА ПРИЕМОЧНОГО КОНТРОЛЯ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ  
ДЕТАЛИ «КОРПУС РЕДУКТОРА»

Выпускная квалификационная работа

Исполнитель:  
студент группы ЗКМ – 502

С. В. Гречихин

Руководитель:  
доцент кафедры ТМС,  
канд. тех. наук, доцент

Г. Н. Мигачёва

Нормоконтролёр:  
доцент кафедры ТМС,  
канд. пед. наук

А. С. Кривоногова

Екатеринбург 2017

## АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 66 страницах, содержит 8 рисунков, 8 таблиц, 35 использованных источников, 3 приложения, графическую часть на 4 листах.

Ключевые слова: ПРИЁМОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ, УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА, КОНТРОЛЬ, ПРОЦЕСС ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ, МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ, КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ МАШИНА.

Гречихин С. В. Разработка процесса приемочного контроля с использованием координатно-измерительной машины детали «Корпус редуктора»: выпускная квалификационная работа / С. В. Гречихин; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т инж.-пед. образования, Каф. технологии машиностроения, сертификации и методики проф. обучения. – Екатеринбург, 2017. – 68 с.

В выпускной квалификационной работе произведена разработка процесса приемочного контроля с использованием координатно-измерительной машины детали «Корпус редуктора».

В технологической части выпускной квалификационной работы описана технологичность детали и обоснование применения координатно-измерительной машины для контроля детали, которое определяет целесообразность проведения мероприятий, связанное с разработкой процесса приемочного контроля детали «Корпус редуктора» на координатно-измерительной машине.

В методической части разработана программа обучения операторов координатно-измерительной машины.

					<b>ДП 44.03.04.317 ПЗ</b>			
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Разработка процесса приемочного контроля с использованием координатно – измерительной машины детали «Корпус редуктора». Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Гречихин						
Провер.		Мигачёва					3	66
Н. Контр.		Кривоногова				ФГАОУ ВПО РГПУ, ИИПО, группа ЗКМ-502		
Утвердил		Бородина						

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. ОПИСАНИЕ СЛУЖЕБНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ И ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ.....	9
2. ВЫБОР КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРИЕМОЧНОМ КОНТРОЛЕ.....	10
2.1. Общие цели и задачи организации и разработки процесса контроля	10
2.2. Последовательность контрольных операций при проверке деталей и выбор контролируемых параметров.....	11
3. РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА ПРИЕМОЧНОГО КОНТРОЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ.....	14
3.1. Особенности контроля качества деталей .....	16
3.2. Описание измерительных устройств для выбранных контролируемых параметров.....	23
4. ВЫБОР ДАТЧИКОВ, ЩУПОВ И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ГОЛОВОК.....	32
4.1. Выбор датчиков.....	32
4.2. Выбор головки для крепления датчика.....	34
4.3. Выбор щупа.....	35
5. РАЗРАБОТКА ФРАГМЕНТА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ КИМ В ОБОЛОЧКЕ РС-DMIS.....	40
6. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КИМ.....	42
7. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	48
7.1. Анализ целей повышения квалификации работников.....	48
7.2. Анализ профессионального стандарта.....	49
7.3. Анализ существующего плана подготовки персонала.....	50

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

7.4. Занятие по повышению квалификации работников.....	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	59
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	60
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Чертеж детали «Корпус редуктора».....	67
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Фрагмент управляющей программы.....	68

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

## ВВЕДЕНИЕ

Вопросы повышения качества изготовления деталей машин в настоящее время являются всё более актуальной задачей, особенно с учётом того, что Россия вступила в ВТО. При этом возникает проблема контроля точности этих деталей. Особенно остро проблема контроля точности изготовления относится к крупногабаритным деталям, имеющим сложную форму и жесткие допуски отклонений формы и расположения. Это относится к деталям энергетического и тяжёлого машиностроения, авиастроения в том числе и к производству различного оборудования и деталей узлов для атомной промышленности.

Измерения в промышленности должны быть быстрыми, стабильными и автоматизированными. Автоматизация управления и контроля при измерении геометрических параметров деталей позволяет измерять более точно и эффективно. Всё это невозможно без применения современных информационных технологий в машиностроении и создания на их базе измерительно-вычислительных комплексов и координатно-измерительных машин (КИМ).

За последние сорок лет координатная метрология стала главенствующим универсальным инструментом в технологии машиностроения, которому помогают развиваться вычислительная техника и системы числового программного управления (ЧПУ). В машиностроении сегодня широко распространено измерение геометрических параметров изделий с помощью координатно-измерительной техники различной конфигурации, производительности и автоматизации. Универсальность использования, гибкость и близкое родство вычислительных моделей для контроля деталей и технологий CAD/CAM в машиностроении оказали положительное влияние на развитие и распространение КИМ в промышленности.

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Целью настоящей выпускной квалификационной работы является разработка процесса приемочного контроля с использованием координатно-измерительной машины детали «Корпус редуктора».

Для достижения указанной цели необходимо решение ряда технологических задач:

1. Выбор контролируемых параметров при приемочном контроле.
2. Разработка процесса приемочного контроля с использованием КИМ.
3. Выбор датчиков и контрольно-измерительных головок.
4. Разработка фрагмента управляющей программы для ким в оболочке РС – DMIS.
5. Разработка методики измерений с использованием КИМ.

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 1. ОПИСАНИЕ СЛУЖЕБНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ И ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ

Корпус редуктора является ответственным узлом. Он проектируется на основании многих требований, учитывающих технологию изготовления корпуса и монтажа передачи, удобства осмотров и ремонта при эксплуатации. Так как корпус воспринимает реакции зубчатой передачи, возникающие при ее работе, и внешние силовые факторы (активный крутящий момент на быстроходном валу, реактивный крутящий момент на тихоходном валу, консольные нагрузки на концах валов, силы веса и силы инерции вращения деталей в период пуска и остановки), действующие на болты, с помощью которых редуктор присоединен к раме или фундаменту, то он должен быть достаточно жестким. Для увеличения жесткости корпуса редуктора в месте расположения подшипниковых опор в конструкции корпуса предусмотрены специальные элементы – ребра жесткости [12].

Для снижения потерь на трение, уменьшения износа контактирующих поверхностей и удаления продуктов износа предусмотрена система смазки зубчатых колес и подшипников. Кроме того, с помощью смазки производится охлаждение – деталей и предохранение их от коррозии. Емкость масляной ванны должна быть достаточной для обеспечения необходимого отвода тепла к стенкам корпуса и чтобы продукты износа не вовлекались в повторное обращение, а оставались на дне ванны. Для слива масла предусматривают сливное отверстие, закрываемое резьбовой пробкой. Заливка масла производится, как правило, через смотровое окно.

Нагревание воздуха в корпусе работающего редуктора сопровождается повышением давления. Чтобы предотвратить при нагревании протечки масла через разъемы корпуса и уплотнения валов, а при остывании – засасывание загрязненного воздуха внутрь, предусмотрена вентиляция корпуса. При смазке зубчатых колес окунанием для вентиляции достаточно поставить пробку – отдушину. Чертеж детали «Корпус редуктора» приведён в приложении А.

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8



## 2. ВЫБОР КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРИЕМОЧНОМ КОНТРОЛЕ

### 2.1. Общие цели и задачи организации и разработки процесса контроля

В данной работе заданием предусмотрена разработка процесса приемочного контроля с использованием координатно-измерительной машины детали «Корпус редуктора».

Приемочный контроль – контроль готовой продукции, по результатам которого принимается решение о ее пригодности к поставке и использованию. Является заключительным этапом всего процесса изготовления продукции.

Приёмочный контроль проводят с целью установить пригодность к поставке или использованию бездефектных укомплектованных изделий. Задачами приёмочного контроля являются:

- проверки качества сборки, наладки, регулировки эксплуатационных характеристик готовых изделий;
- проверки наличия предусмотренной сопроводительной документации, подтверждающей приёмку деталей, сборочных единиц;
- проверки маркировки, консервации, упаковки и тары;
- проверки комплектности готовых изделий.

Приёмочный контроль качества готовых изделий проводит ОТК и представители заказчика.

На контроль ОТК передается вся необходимая техническая и сопроводительная документация (маршрутные карты, рабочие ряды, сменные рапорты и др.). Перед предъявлением продукции на контроль исполнитель должен убедиться в качестве ее изготовления и оформить сопроводительную документацию.

Продукцию работнику ОТК предъявляет производственный мастер, который перед оформлением сопроводительной документации должен лично убе-

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

даться в качественном изготовлении продукции и ее соответствии технической документации.

На приемочном контроле предъявленная партия продукции отклоняется от приёмки работниками ОТК на вторичное предъявление:

- если исполнителем не была предъявлена и не принята производственным мастером и контролёром ОТК первая деталь;
- в случае несоответствия продукции и неправильного оформления сопроводительной документации рабочим – исполнителем и производственным мастером;
- при наличии дефектов в изготовленных деталях, а также грязи и стружки на деталях.

Статус контроля определяет, что продукция:

- не прошла контроль;
- прошла контроль и принята;
- прошла контроль, не принята и ожидает принятия решения;
- прошла контроль и забракована.

## 2.2. Последовательность контрольных операций при проверке деталей и выбор контролируемых параметров

В целях уменьшения объема контрольных работ и повышения надежности контроля рекомендуется следующая последовательность контрольных операций (переходов) при проверке деталей [17].

1. Наружный осмотр на предмет проверки законченности всех операций соответствующего процесса и отсутствия заусенцев, мелкой стружки или загрязненности. Установив беглым осмотром, что предъявленная партия деталей плохо промыта или имеет заусенцы, контролер возвращает детали на производственный участок, не проверяя другие элементы у данных деталей.

2. Проверка качества отделки поверхностей, т.е. их шероховатости, которая в большинстве случаев в цехах осуществляется визуальным сравнением с

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

установленными образцами или образцовыми деталями. Одновременно выявляются возможные видимые дефекты материала или механические повреждения.

3. Проверка наиболее ответственных параметров качества деталей (по размерам, форме), изготовленных с высокой степенью точности. При обнаружении отклонений от допусков по ответственным параметрам качества деталь бракуют. Поэтому подобные контрольные операции надо выполнять перед более трудоемкими контрольными операциями, чтобы не затрачивать времени на дальнейшую проверку дефектных деталей по другим параметрам.

4. Выявление отклонений формы и расположения поверхностей и осей. Проверку отклонений формы и расположения поверхностей рекомендуется выполнять после контроля ответственных размеров, потому что эти контрольные операции обычно более трудоемки, так как осуществляются с помощью специальных контрольных приспособлений или приборов.

5. Проверка несоответствия элементов деталей, например несопрягаемых размеров, имеющих сравнительно большие допуски на обработку. Ее осуществляют в последнюю очередь, так как обнаружение отклонений от технических условий по неответственным элементам часто не является причиной их окончательного брака.

На чертеже детали «Корпус редуктора» указаны допуски отклонения поверхностей (таблица 1) такие, как отклонение от плоскостности, допуск перпендикулярности, допуск параллельности осей, межосевое расстояние.

Таблица 1 – Ответственные размеры, контролируемые с помощью КИМ

Параметр	Значение
отклонение от плоскостности (мм)	0,005/100
	0,022/100
допуск перпендикулярности осей (мм)	0,005
допуск параллельности осей (мм)	0,005
межосевое расстояние (мм)	250±0,005

При серийном производстве необходимо применение координатно-измерительной машины (КИМ). Операции контроля с использованием координатно-измерительной машины при написании технологических процессов назначаются технологами. В основном, КИМ применяется для контроля деталей сложной пространственной конфигурации, размеры и параметры которой не просто долго, но и затруднительно контролировать с использованием стандартного измерительного инструмента.

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

### 3. РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА ПРИЕМОЧНОГО КОНТРОЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Технический контроль (далее ТК) – это важнейшая часть системы управления качеством продукции на машиностроительном предприятии. Система ТК (объекты контроля, контрольные операции и их последовательность, техническое оснащение, методы) является неотъемлемой частью производственного процесса, а отдельные элементы системы разрабатываются одновременно с разработкой технологии производства и в обязательном порядке фиксируются в утвержденных технологических процессах.

Под контролем качества продукции понимают контроль количественных и качественных характеристик свойств продукции. При контроле качества продукции объектом контроля является изготавливаемая, выпускаемая, эксплуатируемая продукция. Для суждения о её качестве при контроле проверяют соответствующие признаки и параметры этой продукции. Процессы ТК классифицируют по различным признакам, основные из которых приведены на рисунке 1 [13].

Контроль качества в масштабах предприятия ФГУП «комбинат «Электроприбор» возложен на службу контроля, в функции которого входят разработка качественных показателей по всем видам выпускаемой продукции (составление протоколов и актов испытаний, ведение карт бракованной продукции её маркировка), разработка методов проверки качества и порядка проведения испытаний, анализ рекламаций и порядок их урегулирования, выяснение причин возникновения дефектов и брака и условий их устранения.

Служба контроля осуществляет свою деятельность в тесном контакте с соответствующими службами в производственных отделах.

Отдел технического контроля (здесь и далее ОТК) осуществляет проверку качества сырья и материалов, технологического процесса, организует проведение входных, периодических и приемочных испытаний, а также ведет контроль качества выпускаемой продукции.

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

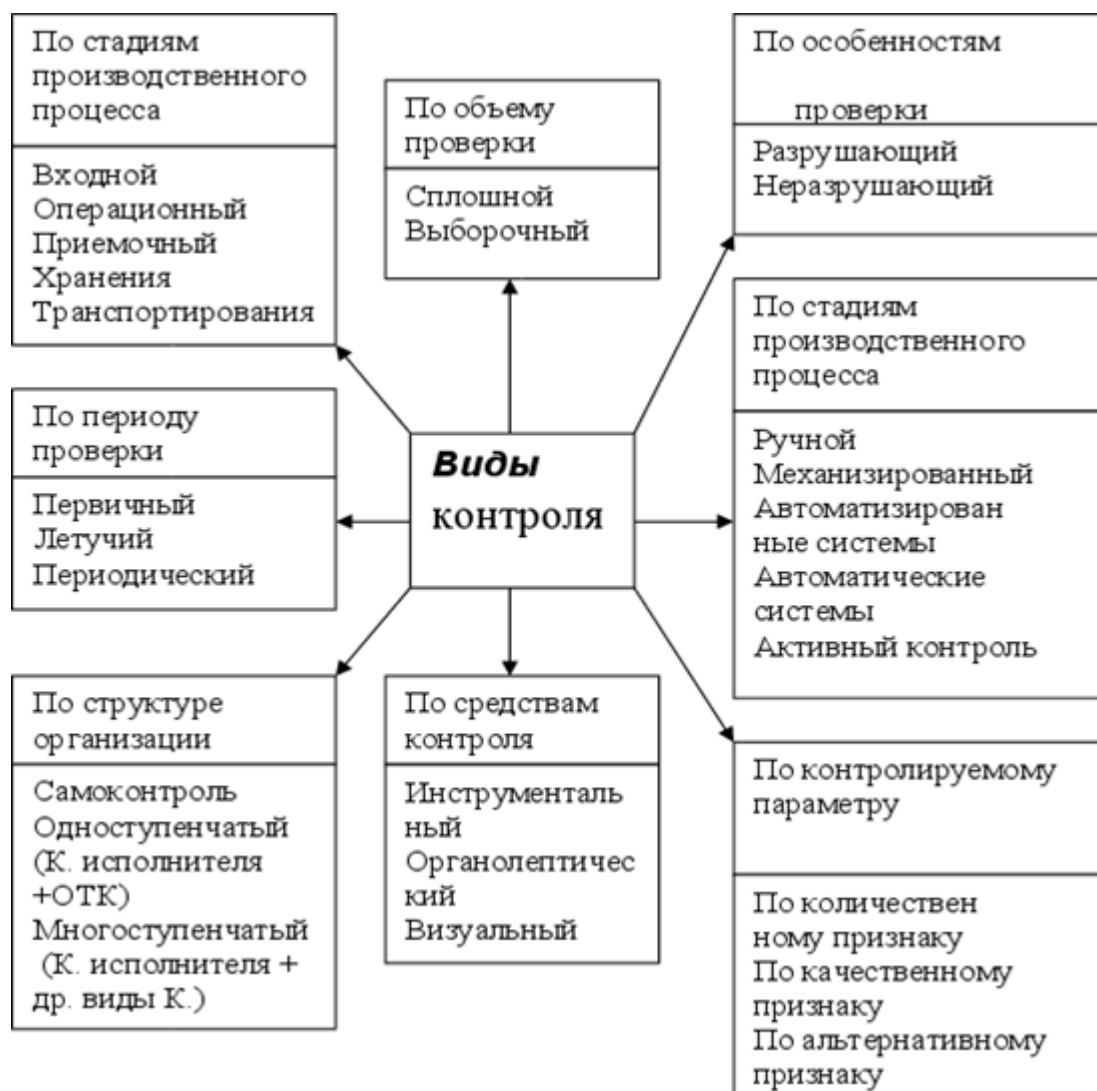


Рисунок 1 – Классификация видов технического контроля

Одной из важнейших функций ОТК предприятия является планирование и координация всей работы в области обеспечения качества, установление необходимых связей между производственными отделами предприятия. Через ОТК осуществляется централизация управления в области совершенствования качества выпускаемой продукции. Система менеджмента качества ФГУП «Комбинат «Электрохимприбор» сертифицирована в Системе добровольной сертификации «Военный Регистр» применительно к продукции гособоронзаказа. Сертификат соответствия № ВР 23.1.8367-2015, действителен по 21.01.2018 года. Высокие требования к качеству и надёжности военной продукции в полной мере используются при производстве продукции народно-хозяйственного назначения. Система менеджмента качества сертифицирована в системе ГОСТ

Р применительно к выпуску народнохозяйственной продукции на соответствие требованиям ГОСТ ISO 9001-2011 (ISO 9000:2008).

Рассмотрим далее особенности контроля качества деталей.

### 3.1. Особенности контроля качества деталей

При проектировании технологического процесса изготовления детали предусматриваются необходимые контрольные операции, назначаются методы и средства технического контроля и измерений. Контроль качества продукции должен быть организован так, чтобы обеспечивать активное вмешательство в производственный процесс, т.е. осуществлять управление качеством.

При проектировании процессов контроля, последовательности операций и установлении основных документов, обеспечивающих решение задач каждого этапа контроля следует руководствоваться рекомендациями Р 50-609-40-01.

В данной работе проектирование процесса технического контроля осуществляется интуитивным методом, который основан на априорной информации. Содержание технологического процесса технического контроля выбирается в результате анализа объектов, методов и средств контроля без экономико-математического моделирования.

Процесс технического контроля разрабатывают как совокупность взаимосвязанных операций технического контроля для отдельных групп и типов материалов, заготовок, полуфабрикатов, деталей и сборочных единиц, а также для отдельных видов технического контроля и производств.

Операции контроля разрабатывают для входного, операционного и приемочного контроля изделий. Операции контроля назначают после тех этапов обработки, где вероятно повышенное количество брака, перед сложными и дорогостоящими операциями, после законченного цикла, а также в конце обработки детали.

При разработке процессов и операций контроля должны выполняться следующие требования:

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1) контроль должен предотвращать пропуск дефектных материалов, полуфабрикатов, заготовок, деталей и сборочных единиц на последующие этапы изготовления, испытания, ремонта и потребления;

2) контроль должен соответствовать требованиям действующей на предприятии системы менеджмента качества;

3) контроль должен соответствовать требованиям промышленной безопасности, пожаро – и взрывобезопасности, промышленной санитарии и правилами защиты окружающей среды;

4) проектирование технического контроля осуществляют с учетом характеристик технологического процесса изготовления изделия с обеспечением необходимой взаимосвязи и взаимодействия между ними;

5) при проектировании технического контроля должны обеспечиваться: достоверная оценка качества продукции и снижение потерь от брака; повышение производительности труда; снижение трудоемкости контроля; возможное совмещение операций изготовления с операциями технического контроля; сбор и обработка информации для контроля, прогнозирования и регулирования технологических процессов обработки; оптимизация технического контроля по установленным технико-экономическим критериям;

6) при проектировании операций технического контроля следует обеспечивать единство измерительных баз с конструкторскими и технологическими;

7) уровень механизации и автоматизации контроля должен соответствовать требованиям технологии изготовления изделия, а также условиям и типу производства [8].

Основные этапы разработки процессов технического контроля и задачи, решаемые на каждом этапе, представлены в таблице 2.

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16



Таблица 2 – Порядок разработки процессов и операций технического контроля

Этап разработки процессов	Задачи, решаемые на этапе
1	2
1. Подбор и анализ исходных материалов для разработки процессов контроля. Подбор и анализ справочной информации, необходимой для разработки процесса контроля.	Ознакомление с изделием, требованиями к изготовлению, испытаниям, ремонту и эксплуатации.
2. Выбор объектов и видов контроля	Оценка возможности и стабильности технологического процесса изготовления, испытания и ремонта. Определение номенклатуры объектов контроля. Установление видов контроля по его объектам. Определение технических требований на операции контроля.
3. Выбор действующего типового, группового процесса контроля или поиск аналога единичного процесса контроля	Отнесение объекта контроля к действующему типовому, групповому или единичному процессу контроля с учетом количественной оценки групп изделий.
4. Составление технологического маршрута процесса контроля	Определение состава и последовательности технологических операций контроля, обеспечивающих своевременное выявление и устранение дефектов, получение информации для оперативного регулирования и прогнозирования технологического процесса. Предварительное определение состава контрольного оборудования.
5. Разработка технологических операций технического контроля. Выбор методов и средств контроля. Определение объема (плана) контроля. Разработка последовательности переходов технического контроля.	Выбор контролируемых параметров (признаков). Выбор схем контроля, определение контрольных точек объектов, измерительных баз.
6. Нормирование процессов контроля	Установление исходных данных, необходимых для расчетов норм времени и расхода материалов.

Окончание таблицы 2

1	2
7. Расчет технико экономической эффективности процесса контроля	Выбор оптимального варианта процесса технического контроля.
8. Оформление технологических документов на технический контроль	Заполнение технологических документов. Нормоконтроль технологической документации. Согласование технологической документации с заинтересованными подразделениями и ее утверждение.
9. Разработка документации результатов контроля	Установление порядка оформления результатов контроля и необходимого состава форм документов. Разработка технологических паспортов, карт измерения, журналов контроля.

Процессы технического контроля содержат в среднем 26...30 операций (по числу технологических операций плюс операция входного контроля) для объектов 1-й категории, 15...18 операций – для объектов 2-й категории, 6...10 операций – для объектов 3-й категории. Категории указаны в классификаторе деталей, обрабатываемых резанием [13].

В общем виде маршрут технического контроля содержит:

1. *Входной контроль* марки материала, геометрических и физических параметров, внешнего вида объекта. Основные положения по организации, проведению и оформлению результатов входного контроля материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий устанавливает ГОСТ 24297-2013.

Входной контроль проводят на предприятиях с целью предотвращения запуска в производство продукции поставщиков, не соответствующей установленным требованиям конструкторской и нормативной документации, договоров на поставку и протоколов разрешения. Входной контроль осуществляют по параметрам (требованиям) и методами, установленными в нормативной документации на продукцию, в договорах на поставку и протоколах разрешения.

Задачами входного контроля являются:

- проверка наличия сопроводительной документации на продукцию, удостоверяющей качество и комплектность продукции;
- контроль соответствия качества и комплектности продукции требованиям конструкторской и технологической документации и применения ее в соответствии с протоколами разрешения;
- накопление статистических данных о фактическом уровне качества получаемой продукции и разработка на этой основе предложений по повышению качества и, при необходимости, пересмотра требований нормативной документации на продукцию;
- периодический контроль за соблюдением правил и сроков хранения продукции поставщиков.

Входной контроль необходимо проводить в специально отведенном помещении (участке), оборудованном необходимыми средствами контроля, а также отвечающем требованиям безопасности труда. Входной контроль проводят кладовщик, контролер соответствующей квалификации.

Порядок проведения входного контроля:

- 1) проверить сопроводительные документы, удостоверяющие качество продукции, и зарегистрировать продукцию в журналах учета результатов входного контроля;
- 2) проконтролировать отбор складскими работниками выборок или проб, проверить комплектность, упаковку, маркировку, внешний вид и заполнить акт отбора выборок или проб;
- 3) провести контроль качества продукции по технологическому процессу входного контроля или передать в соответствующее подразделение выборки или пробы для испытаний (анализов).

По результатам входного контроля в сопроводительных документах на продукцию делают отметку о проведении входного контроля и его результатах, маркируют (клеймят) принятую продукцию. При соответствии продукции установленным требованиям принимается решение о передаче ее в производ-

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ство. При выявлении несоответствия продукцию маркируют «Брак» и направляют в изолятор брака или возвращают поставщику.

2. *Операционный контроль* геометрических параметров, внешнего вида объектов должен проводиться с целью своевременного предотвращения отступлений от требований конструкторской и технологической документации при изготовлении деталей, сборочных единиц, а также для выявления характера и причин отклонений от технологических процессов в ходе производства и разработки мероприятий, направленных на обеспечение стабильности качества выпускаемой продукции.

Задачами операционного контроля являются:

- проверка соответствия режимов и параметров технологического процесса требованиям технологической документации;
- регулирование технологического процесса, т.е. внесение необходимых корректив в ход технологического процесса по результатам проверки его режимов и параметров качества деталей.

Операционный контроль проводят исполнитель операций, мастера, работники отдела технического контроля (ОТК) по планам, установленным соответствующей документацией и в зависимости от требований, предъявляемых к качеству деталей. Операционный контроль осуществляют, как правило, на всех стадиях производства. В организации операционного контроля важно обеспечить непрерывность контроля и охват всех технологических операций, определяющих качество изделия.

3. *Приемочный контроль* деталей проводится с целью установления пригодности к поставке или использованию бездефектных укомплектованных изделий и предусматривает проведение всесторонних оценок их качества (геометрических параметров, внешнего вида, наличие клейма и документации) на соответствие требованиям, установленным в конструкторской и технологической документации.

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Задачами приемочного контроля являются:

- проверка качества сборки, наладки, регулировки, эксплуатационных характеристик готовых изделий;
- проверка наличия предусмотренной сопроводительной документации, подтверждающей приемку деталей, сборочных единиц;
- проверка маркировки, консервации, упаковки и тары;
- проверка комплектности готовых изделий.

Приемочный контроль качества готовых изделий проводится работниками ОТК и представителем заказчика.

В целях уменьшения объема контрольных работ и повышения надежности контроля рекомендуется следующая последовательность контрольных операций (переходов) при проверке деталей.

1. Наружный осмотр на предмет проверки законченности всех операций соответствующего процесса и отсутствия заусенцев, мелкой стружки или загрязненности. Установив беглым осмотром, что предъявленная партия деталей плохо промыта или имеет заусенцы, контролер возвращает детали на производственный участок, не проверяя другие элементы у данных деталей.

2. Проверка качества отделки поверхностей, т.е. их шероховатости, которая в большинстве случаев в цехах осуществляется визуальным сравнением с установленными образцами или образцовыми деталями. Одновременно выявляются возможные видимые дефекты материала или механические повреждения.

3. Проверка наиболее ответственных параметров качества деталей (по размерам, форме), изготовленных с высокой степенью точности. При обнаружении отклонений от допусков по ответственным параметрам качества деталь бракуют. Подобные контрольные операции надо выполнять перед более трудоемкими контрольными операциями, чтобы не затрачивать времени на дальнейшую проверку дефектных деталей по другим параметрам.

4. Выявление отклонений формы и расположения поверхностей и осей. Проверку отклонений формы и расположения поверхностей рекомендуется выполнять после контроля ответственных размеров, потому что эти контрольные

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

операции обычно более трудоемки, так как осуществляются с помощью специальных контрольных приспособлений или приборов.

5. Проверка несоответствия элементов деталей, например несопрягаемых размеров, имеющих сравнительно большие допуски на обработку. Ее осуществляют в последнюю очередь, так как обнаружение отклонений от технических условий по неотвеченным элементам часто не является причиной их окончательного брака.

Предусмотренная последовательность контроля должна гарантировать, что ни один параметр качества не будет пропущен контролером.

### 3.2. Описание измерительных устройств для выбранных контролируемых параметров

При выборе средств контроля должны учитываться [1]:

- вид объекта контроля (деталь, сборочная единица, технологический процесс);
- вид контроля (сплошной, выборочный и т.д.);
- входной уровень дефектности контролируемой продукции;
- вероятность обнаружения брака на последующих этапах технологического процесса;
- вид контролируемого признака (геометрический размер, физический параметр и т.п.);
- номинальные значения и допуски контролируемых параметров;
- допускаемая погрешность измерения;
- конструктивные особенности детали (конфигурация, доступность);
- транспортабельность средства и объекта контроля;
- производительность технического контроля;
- наличие средств контроля на предприятии;
- стоимость средств контроля;
- квалификация исполнителя контроля;

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

- целесообразность проектирования специальных средств контроля;
- дополнительные условия и характеристики.

При выборе средств контроля должны обеспечиваться:

- предпочтительное применение для данных условий автоматического, автоматизированного и механизированных средств контроля;
- возможность применения выбранного средства контроля для нескольких контролируемых параметров и объектов контроля;
- возможность применения средств контроля в условиях эксплуатационных помех (свободный температурный режим вибрации и т.д.)
- возможность переналадки и многократного использования при изменении объектов контроля;
- выдача информации в форме, удобной для оперативного использования;
- возможность встраивания в технологическую линию;
- возможность активного контроля в зоне обработки.

Выбор и применение специальных средств контроля целесообразно при отсутствии стандартизированных и универсальных средств контроля и в случаях, когда оно, оправдано экономически, а также из-за преимуществ в точности, надежности и производительности.

При выборе средств контроля в зависимости от допускаемой погрешности измерения следует руководствоваться ГОСТ 8.051-81 и РД 50-98-86.

Рассмотрим в качестве объекта ТК деталь «Корпус редуктора». Контролируемые признаки – геометрические размеры; отклонения от геометрических форм, отклонения формы и расположения поверхностей. Деталь технологична, следовательно, большая часть контролируемых параметров лежит в пределах h12, N9 квалитетов, что дает возможность применять при контроле стандартизированные и унифицированные средства измерения. Однако, в связи с повышенным требованием к отклонениям формы и расположения поверхностей, имеет место применение координатно-измерительной машины для контроля ответственных размеров (см. таблицу 1).

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Входной контроль. Деталь «Корпус редуктора» подвергается входному контролю на соответствие установленным параметрам в конструкторской документации. Допустимый разряд контролера – не ниже второго.

Операционный контроль. Производится в процессе обработки детали обрабатывающим центром Alzmetall GS 1400 с помощью поворотной головки Reneshaw PH10MQ на которую установлен измерительный щуп Reneshaw TP200. Разряд станочника – не ниже пятого.

Приемочный контроль. Для проведения приемочного контроля предъявляется обработанная, в соответствии с конструкторской и технологической документацией деталь «Корпус редуктора». Из-за большой массы и габаритов деталь после обработки и промывки устанавливается на плиту координатно-измерительной машины, где и остаётся, пока температура детали и КИМ не выровняются. Затем контролёром ОТК проводятся измерения линейных и угловых размеров. После этого оператор КИМ проверяет соответствие допусков отклонения и расположения поверхностей.

Координатно-измерительные машины GLOBAL (рисунок 2) представляют собой измерительные машины нового поколения, предназначенные для решения самого широкого круга задач размерного контроля в промышленности.

Важнейшими потребительскими качествами КИМ GLOBAL являются: чрезвычайно высокая производительность и надежность, повышенная точность и неограниченная универсальность применения.

КИМ имеет порталную компоновку. Основание (рабочий стол) выполнено из черного южноафриканского гранита.

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24



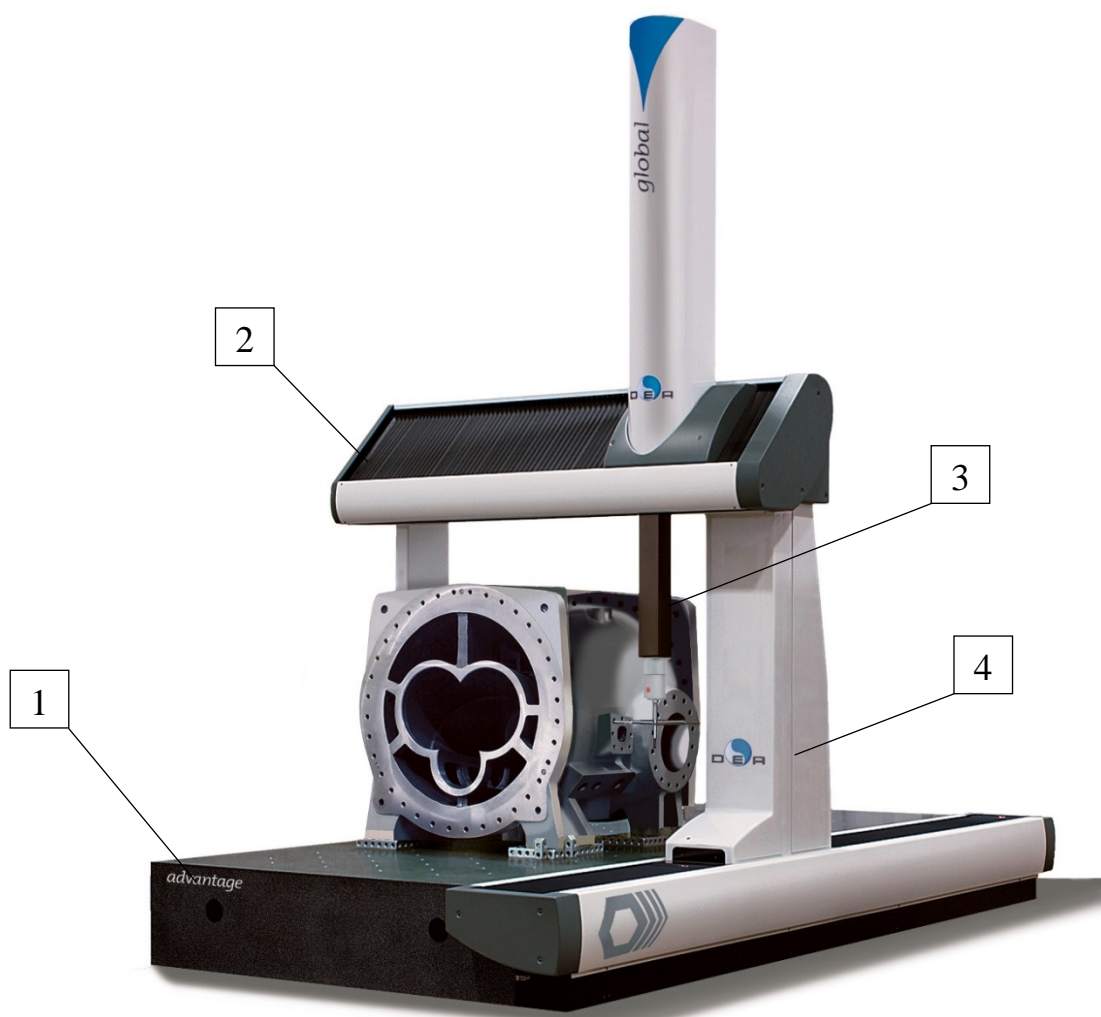


Рисунок 2 – Общий вид КИМ Global:  
1 – гранитный стол; 2 – траверса; 3 – пиноль; 4 – портал

Особенностью КИМ GLOBAL является то, что направляющая, по которой происходит перемещение портала, выполнена внутри гранитного основания. По сравнению с традиционной схемой крепления направляющей (когда она просто приклеивается сверху плиты основания), данная схема имеет ряд существенных преимуществ [18]:

- абсолютно ровная поверхность рабочего стола (без выступающей сбоку стола направляющей портала);
- возможность загрузки и выгрузки деталей с любой стороны рабочего стола КИМ;
- удобство измерения детали с любой стороны;

- стойки измерительного портала имеют одинаковую длину, за счет этого при изменении температуры окружающей среды не происходит перекоса портала.

При традиционной схеме, когда направляющая находится сверху рабочего стола, стойки имеют разную длину и, соответственно, удлиняются на разную величину при температурном расширении. При этом произойдет неизбежный перекос траверсы портала.

Подвижные части координатно-измерительной машины GLOBAL изготовлены из легких металлов и сплавов. Конструкция подвижных частей обеспечивает максимальную жесткость конструкции при минимально возможной массе. Несущая траверса портала КИМ выполнена по запатентованной технологии TRICISION<sup>®</sup>, которая является дальнейшим развитием технологии портала треугольной формы, позволяющей повысить жесткость портала и существенно снизить его центр тяжести. Применение треугольной траверсы портала на КИМ GLOBAL позволяет уменьшить ее массу на 24%, при этом центр тяжести сечения траверсы будет на 50% ниже по сравнению с традиционной формой. Перемещение всех подвижных частей производится на аэростатических опорах (пневмоподшипниках), что обеспечивает легкость и плавность перемещения КИМ, а также полностью исключает механический износ направляющих. Двигатели привода КИМ вынесены за пределы базовой металлоконструкции, за счет этого тепло, выделяемое при работе двигателей, не оказывает влияния на характеристики точности КИМ. Привод от двигателей осуществляется через зубчатременную передачу металлоармированным ремнем с эллиптическим профилем зуба. Такая передача полностью исключает возможность люфтов привода и сводит к минимуму вибрации при высоких скоростях измерения.

Подобные конструктивные решения позволили достигнуть уникальных динамических качеств КИМ GLOBAL:

- максимальная скорость перемещения 52 м/мин.;
- максимальное ускорение 4,3 м/с<sup>2</sup>.

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Высокая точность измерения обеспечивается за счет ряда новых технических решений, использованных в конструкции КИМ: стальные оптические линейки по технологии AURODUR® со сверхвысокой разрешающей способностью (до 0.039 мкм), имеющие рабочую поверхность, выполненную из золота. Оптические линейки имеют коэффициент линейного расширения, официально сертифицированный РТВ (Физико-техническим институтом Германии):

- линейная компенсация температуры оптических линеек и детали (7 датчиков);
- полная математическая компенсация геометрических погрешностей машины по 21 параметру.

Координатно-измерительные машины GLOBAL оснащаются автоматической поворотной головкой модели Renishaw PH10MQ повышенной точности и, по выбору заказчика, любым из трех видов измерительных щупов Renishaw: TP20 (стандартный), TP200 (повышенной точности), SP600M (для непрерывного сканирования). Подобное сочетание позволяет обеспечить измерение любых элементов и поверхностей деталей.

По заказу, КИМ GLOBAL может также оснащаться измерительной головкой Renishaw SP80 (особо высокой точности), измерительным щупом Apollo (высококчувствительным щупом для измерения мягких и легкодеформируемых материалов), а также различными типами бесконтактных лазерных щупов Renishaw. Технические характеристики указаны в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики КИМ GLOBAL

Параметр	Обозначение	Значение
1	2	3
Диапазон перемещения (мм)	X	1200
	Y	2200
	Z	1000
Габаритные размеры (мм)	Lx	1838
	Ly	3580
	Lz	3406

Окончание таблицы 3

1	2	3
Длина гранитной плиты стола (мм)	Dx	3180
Макс. масса детали (кг)		2250
Разрешающая способность		0,039 мкм

Точность:  $E=2,5+L/333$  мкм,

где E – максимально допускаемая пространственная погрешность измерения (по ИСО 10360 – 2);

L – измеряемая длина в миллиметрах.

Для измерения деталей, на пиноль КИМ устанавливается приводная головка Renishaw PH10MQ (рис. 3) с шаговым изменением угловых координат.

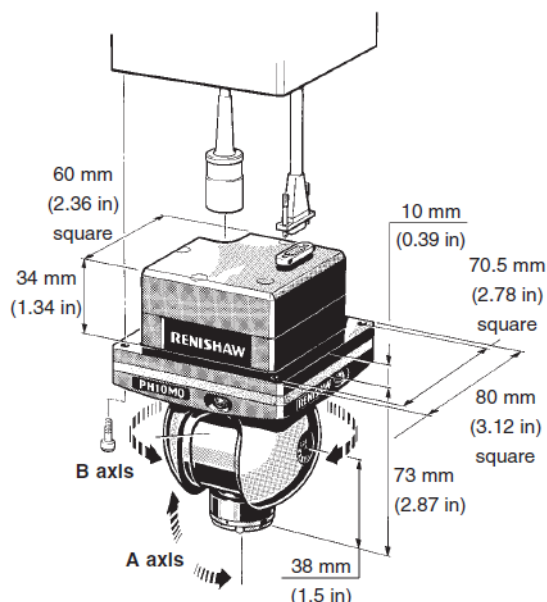


Рисунок 3 – Поворотная головка Renishaw PH10MQ

Головка PH10MQ является разновидностью головки PH10M и может быть установлена непосредственно в пиноль. Эта головка обеспечивает повышенную жесткость установки датчика. Характеристики поворотной головки PH10MQ указаны в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики РН10МQ

Параметр	Значение
Длина	73 мм
Ширина	80 мм
Вес	730 г
Способ крепления датчика	Многоконтактное автоматическое стыковочное соединение
Способ крепления головки	Непосредственно в пиноль
Используемый контроллер	РНС10-3
Повторяемость позиционирования	0,4 мкм (0,00002 дюйма), определяется при расстоянии 62 мм
Общее количество дискретных положений	720
Макс. рекомендуемый крутящий момент	0,45 Нм
Удлинитель, максимальная длина	300 мм (11,8 дюйма) при использовании удлинителя РАА3 450 мм (17,7 дюйма) с использованием удлинителя

На приводную головку установлен контактный измерительный датчик TP200 Renishaw (рисунок 4).



Рисунок 4 – Контактный измерительный датчик TP200 Renishaw

Компактный датчик со сменными модулями, в котором используются тензоэлементы, обеспечивающие более высокую точность и больший срок службы по сравнению с механическими контактными триггерными датчиками.

Особенности и преимущества:

- использование тензоэлементов обеспечивает превосходную повторяемость и высокую точность при контроле трехмерных поверхностей;
- отсутствие ошибок при переводе датчика в состояние готовности к измерениям;
- отсутствие лепесткового эффекта;
- возможность измерений в 6 направлениях;
- использование щупов длиной до 100 мм (серия GF);
- быстрая автоматическая смена контактных модулей без повторной калибровки датчика;
- срок службы > 10 миллионов срабатываний.

На датчик устанавливается установочно – измерительный модуль датчика TP200/TP200B (рисунок 5).



Рисунок 5 – Измерительный модуль датчика TP200/TP200B

В датчике TP200 используются миниатюрные тензометрические преобразователи, обеспечивающие превосходную повторяемость и точность трехмерных измерений даже при использовании длинных щупов.

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Использование тензоэлементов дает субмикронную повторяемость срабатывания и отсутствие лепесткового эффекта на диаграмме направленности, который присущ механическим датчикам. Использование СБИС типа ASIC гарантирует надежность датчика при количестве срабатываний, превышающем миллион.

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

## 4. ВЫБОР ДАТЧИКОВ, ЩУПОВ И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ГОЛОВОК

### 4.1. Выбор датчиков

*Датчики касания* для контроля отдельных точек (их еще называют контактными датчиками) идеально подходят для проверки трехмерных призматических изделий и изделий известной формы на соответствие требованиям технической документации. Эти датчики отличаются широкими функциональными возможностями и подходят для решения самых разных задач, проверки изделий с поверхностью различной формы и изготовленных из разных материалов. Наличие разнообразных вспомогательных приспособлений дополнительно расширяет функциональные возможности этих датчиков. Имеются датчики касания двух типов: с функцией автоматической смены контактного модуля и без таковой. Функция автоматической смены контактного модуля является большим преимуществом, поскольку обеспечивает увеличение производительности при измерениях и позволяет в любой момент выбрать щуп, подходящий для решения конкретной задачи. Контактные датчики также имеют ряд других конструктивных особенностей. Так, можно выбрать датчик с механическим или электронным механизмом срабатывания. Размеры датчика зависят от его конструктивных особенностей. Большие датчики с механическим срабатыванием имеют большие размеры, отличаются высокой устойчивостью к внешним воздействиям и идеально подходят для КИМ с ручным управлением, поскольку имеют большой диапазон допустимых отклонений щупа. Малые датчики больше подходят для задач, в которых требуется контролировать труднодоступные элементы детали. Датчики Renishaw с электронным механизмом срабатывания имеют увеличенный срок службы, что особенно существенно при интенсивных контактных измерениях, а также обеспечивают повышенную, по сравнению с механическими датчиками, точность. В зависимости от типа КИМ и требуемого уровня функциональности можно выбрать датчик с установочным разъемом

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32



под хвостовик, резьбовым соединением М8 или автоматическим стыковочным соединением. Смена датчиков и удлинителей с автоматическим стыковочным соединением не составляет труда, в связи с чем возрастает универсальность и производительность КИМ.

Так же существуют и *датчики сканирования*. Метод сканирования идеален для контроля отклонений от геометрической формы: облако из нескольких тысяч точек, получаемое при сканировании, несет гораздо более полную информацию об изделии, нежели координаты нескольких дискретных точек касания. Таким образом, при сканировании в течении короткого промежутка времени может быть получен огромный объем ценной и исчерпывающей информации Серия датчиков сканирования Renishaw, как с фиксированным положением, так и с шаговым поворотом, обладает высокой точностью, устойчивостью к внешним помехам и низким усилием срабатывания. Во всех датчиках сканирования Renishaw реализована функция быстрой смены контактных модулей, что ведет к дополнительному повышению универсальности и производительности КИМ.

Для измерения выбранных контролируемых параметров детали «Корпус редуктора» был выбран датчик касания со сменными контактными модулями TP200.

Датчики TP200/TP200B имеют построенный на тензоэлементах электронный механизм срабатывания, благодаря чему обладают повышенной точностью по сравнению с датчиками с механическим срабатыванием. Превосходные метрологические характеристики и высочайший уровень функциональности этих датчиков – залог универсальности и высокой производительности контактной измерительной системы КИМ с автоматическим управлением.

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

## 4.2. Выбор головки для крепления датчика

Для установки датчика касания в КИМ используется специальная головка. Тип головки зависит требуемой степени универсальности и автоматизации измерений.

Компанией Renishaw разработана серия головок для ручных и автоматических контактно-измерительных систем. С помощью моторизованных головок можно повысить скорость выполнения контактных измерений и выполнять на обычных 3-осевых КИМ 5-осевые измерения. Моторизованные головки также совместимы с системой Renishaw для автоматической смены датчиков, которая быстро и в автоматическом режиме позволяет выполнять смену разных удлинителей и контактно-измерительных модулей.

*КИМ с ручным управлением* – обычно оснащаются датчиками, которые посредством хвостовика устанавливаются непосредственно в пиноль, или датчиками, стыкуемыми с ручными головками. Renishaw предлагает различные ручные головки, они разделены на два типа: ручные головки со встроенным автоматическим стыковочным соединением/соединением M8 и головки с гнездом для стыковки контактных модулей TP20. Далее нужно выбирать между ручными головками с фиксированным положением и ручными поворотными-качающимися головками. Чтобы выбор был оптимальным, следует сравнить характеристики всех предварительно выбранных головок с требованиями, которые Вы предъявляете к измерениям на своей КИМ.

*КИМ с автоматическим управлением* – могут быть оснащены как ручной, так и моторизованной головкой, поэтому нужно исходить из круга задач, которые планируется решать с помощью КИМ. Моторизованные головки разделены на два типа: сервоприводные головки и головки с шаговым изменением углового положения. Комплектация координатно-измерительной машины моторизованной головкой – самый простой способ существенно увеличить возможности и производительность КИМ. Поворотные-качающиеся головки с шаговым позиционированием позволяют устанавливать датчик в одно из 720 положений с

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

шагом  $7,5^\circ$ . Таким образом, щуп можно располагать под разными углами относительно поверхности касания. Повторяемость головки означает, что каждое угловое положение может быть воспроизведено в любой момент с высокой повторяемой точностью и повторная калибровка датчика при этом не требуется. Таким образом, не только увеличивается скорость измерений, но и повышаются их точность, поскольку датчик всегда можно расположить под оптимальным углом к контролируемой поверхности. Сервоприводные автоматические головки позволяют изменять угловое положение датчика непрерывным образом, вследствие чего идеально подходят для стоечных КИМ.

Для детали «Корпус редуктора» была выбрана автоматическая поворотная головка Renishaw PH10MQ.

#### 4.3. Выбор щупа

*Щуп* представляет собой ту часть измерительной системы, которая непосредственно соприкасается с контролируемой деталью и приводит в действие механизм срабатывания датчика, инициирующий появление соответствующего электрического сигнала. Тип и размер используемого щупа определяется элементом детали, который необходимо измерять. Однако в любом случае самыми важными характеристиками щупа являются его жесткость и степень сферичности его наконечника. Точность контактных измерений сразу ухудшается из-за использования щупа с недостаточно круглым наконечником или наконечником, установленным не по центру, из-за некачественной посадки резьбы щупа или из-за неверно выбранного щупа, который прогибается при контакте с контролируемой поверхностью.

Чтобы обеспечить надлежащую точность в точке касания, рекомендуется следовать следующим правилам:

- Выбирать, по возможности, самый короткий щуп. Чем больше изгиб или отклонение щупа, тем ниже точность. Выполнение измерений с минимальной

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

длиной щупа для конкретного случая применения является наилучшим решением.

- Стремиться к тому, чтобы количество сочленений было минимальным. Каждое соединение щупа и удлинителей означает появление новых точек возможного изгиба или отклонения. Поэтому следует стремиться использовать минимальное количество компонентов для решения нужной задачи.

- Выбирать, по возможности, щуп с самым большим диаметром наконечника. Это правило определяется двумя обстоятельствами: первое – при большем размере шарика увеличивается зазор между шариком и стержнем и, тем самым, снижается вероятность ложных срабатываний, вызванных случайным касанием измеряемой поверхности стержнем; второе - шарик большего размера снижает влияние качества обработки поверхности исследуемого компонента.

Материалы из которых изготавливаются наконечники щупов.

#### *Синтетический рубин.*

Рубин – один из наиболее твердых материалов в мире – признан промышленным стандартом в качестве материала для изготовления сферических наконечников щупов. Щупы с рубиновым наконечником – оптимальный выбор для большинства измерительных задач. Случаи, в которых щуп с рубиновым наконечником – не самый удачный выбор, можно пересчитать по пальцам. В частности, речь идет о двух типах задач, для решения которых рекомендуются щупы с наконечниками из других материалов: нитрида кремния и циркония.

#### *Нитрид кремния.*

При интенсивном сканировании алюминиевых деталей может возникать так называемый адгезионный износ, в процессе которого частицы алюминия переходят с детали на поверхность шарика и нарастают на нем. В этих случаях самым удачным материалом для изготовления наконечника щупа является нитрид кремния. Многие свойства нитрида кремния сходны со свойствами рубина. Это очень твердый и износостойкий керамический материал, из которого можно изготавливать шарики с малым отклонением от сферичности. Поверхность шарика может быть дополнительно отполирована. Нитрид кремния не притяги-

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

вает частицы алюминия, в связи с чем, в отличие от рубина, не подвержен адгезионному износу. Однако нитриду кремния свойственен значительный абразивный износ при сканировании стальных поверхностей, поэтому область его применения ограничивается, главным образом, сканированием алюминиевых деталей.

#### *Цирконий.*

Второй случай, когда применение рубина может оказаться проблематичным, – интенсивное сканирование изделий из чугуна. Взаимодействие между двумя материалами может привести к «абразивному износу» поверхности рубинового шарика. Для таких задач рекомендуется использовать щупы со сферическими наконечниками из циркония. Цирконий представляет собой исключительно прочный керамический материал, по твердости и износу мало уступающий рубину. Поверхностные свойства этого материала идеальны для выполнения интенсивного сканирования деталей из чугуна.

Стержень щупа изготавливается из различных материалов.

Стержни, изготовленные из немагнитной *нержавеющей стали*, широко применяются для щупов с диаметрами шарика/наконечника 2 мм и более и длиной до 30 мм. В пределах этого диапазона цельные стальные стержни дают оптимальное соотношение жесткость/вес и обеспечивают при этом адекватный зазор между шариком и стержнем без снижения жесткости в месте соединения стержня и корпуса с резьбой.

Стержни из *карбида вольфрама* оптимальны для достижения максимальной жесткости при малых диаметрах стержня, необходимых для шариков диаметром не более 1 мм, или же в случае больших длин стержня, вплоть до 50 мм. За пределами этого диапазона вес становится критическим, или же происходит потеря жесткости из-за отклонения в месте присоединения стержня к корпусу

При длинах более 30 мм и диаметрах шариков более 3 мм *керамические стержни* обеспечивают жесткость, сравнимую со сталью, но при этом весят значительно меньше, чем такие же стержни из карбида вольфрама. Щупы с керамическим стержнем обеспечивают, кроме того, дополнительную защиту дат-

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

чика от повреждения при столкновении с препятствием, поскольку при этом происходит разрушение стержня.

Так же щупы имеют различную форму в зависимости от предназначения (таблица 5).

Таблица 5 – Формы щупов

Наименование щупа	Внешний вид щупа
1	2
<p>Прямые щупы – это щупы самой простой формы, с промышленными рубиновыми шариками высокой степени сферичности и с возможностью выбора материала стержня.</p>	
<p>Звездообразные щупы позволяют выполнять контактные измерения сложных элементов и отверстий с использованием нескольких наконечников. Их использование позволяет снизить время измерительного цикла за счет выполнения контактных измерений несколькими наконечниками. Тем самым сводится к минимуму необходимость перемещать датчик к крайним точкам внутренних элементов, например, стенкам или канавкам в отверстии</p>	
<p>Щупы с дисковыми наконечниками используются для измерения выточек и канавок внутри отверстий, которые могут быть недоступны для звездообразных щупов. Дисковые щупы представляют собой «сечения» шариков высокой степени сферичности</p>	



## 5. РАЗРАБОТКА ФРАГМЕНТА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ КИМ В ОБОЛОЧКЕ PC-DMIS

PC-DMIS – основа функционирования EMS – комплекс метрологических программных средств для предприятия. Это – система с открытой архитектурой, обеспечивающая возможность программирования задачи измерений средствами САПР/CAD. Интерфейсная система для ПК- система PC-DMIS обеспечивает пользователей программным инструментарием, который необходим для измерения геометрических параметров объектов на любых деталях при использовании широкого разнообразия измерительных машин.

Комплекс ПО EMS представляет собой высоко интегрированное семейство программных продуктов, которое обеспечивает возможность компаниям из всех отраслей промышленности интегрировать их разработки САПР, производственные и контрольные операции в эффективно интегрированные метрологические системы. Это обеспечивает консолидацию множественных потоков данных, поступающих от различных источников в единый поток и обеспечивает применение широкого спектра возможностей для анализа таких данных. Система также обеспечивает протоколирование результатов измерений в широком разнообразии форматов представления, пригодных для восприятия различными целевыми группами пользователей. Все модули имеют общее внешнее оформление и средства взаимодействия с оператором, а также обеспечивают возможность объединения различных потоков данных и УП обработки деталей. Производители продукции имеют все средства для уменьшения брака, повышения производительности труда и снижения издержек.

Фрагмент управляющей программы с калибровкой щупа и привязкой детали к системе координат КИМ представлен в приложении Б.

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40



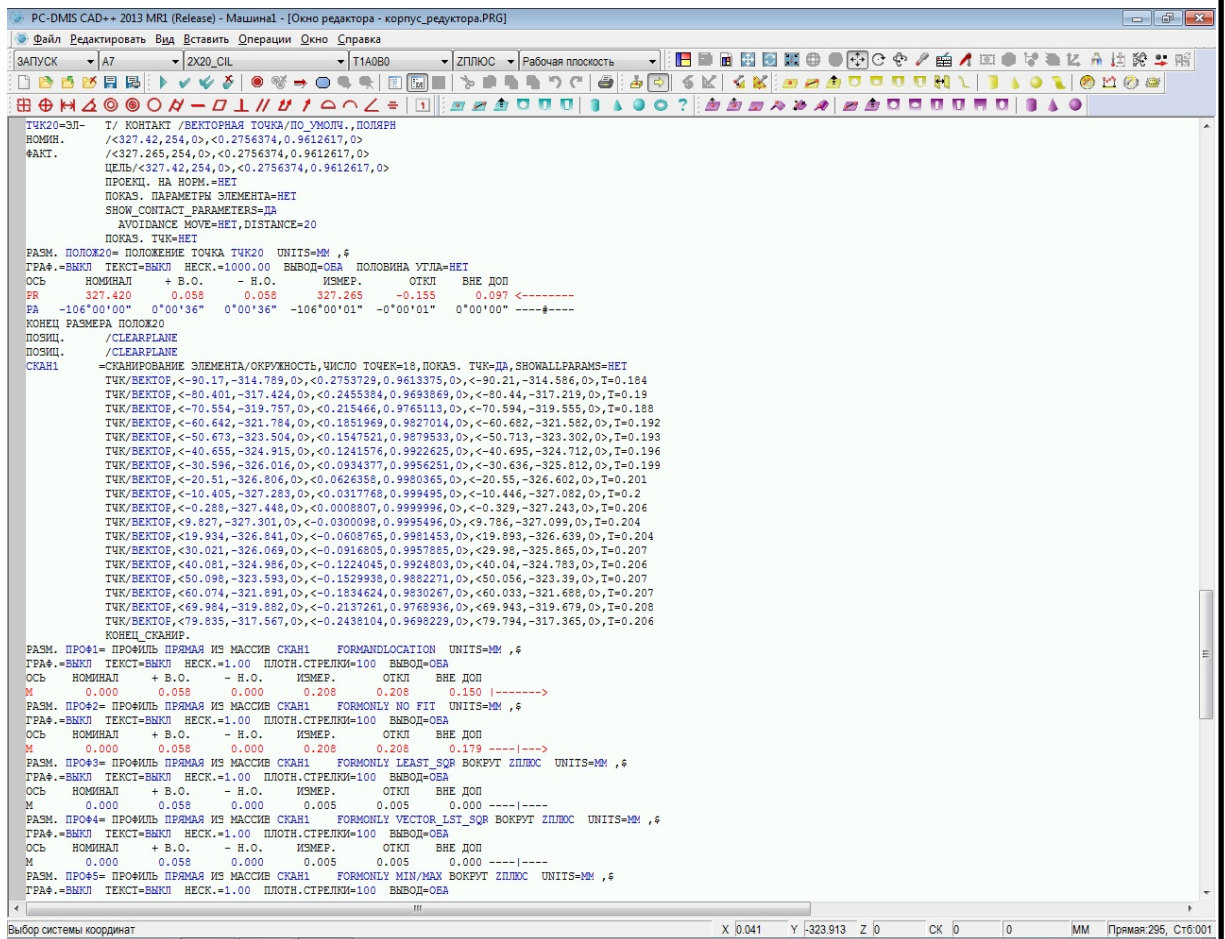


Рисунок 6 – Скриншот оболочки PC-DMIS с фрагментом управляющей программы

					Лист
					41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.317 ПЗ

## 6. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КИМ

Методика представляет собой процедуру (алгоритм) измерений – рекомендуемое число точек, их расположение на контролируемой поверхности, последовательность и скорость движения датчика касания, набор расчетных моделей, математически описывающих взаимосвязь координат измеренных точек с определяемыми линейно – угловыми параметрами детали (линия, окружность, расстояние между отверстиями и т.д.).

Алгоритм измерения и расчеты измеренных параметров обеспечиваются специальным метрологическим программным обеспечением (ПО). В настоящее время наработано несколько метрологических ПО, которые применяют на разных КИМ. На КИМ GLOBAL применяется ПО PC – DMIS. В соответствие с заданной управляющей программой стратегией измерений в ручном или автоматическом режиме измеряют координаты отдельных точек, на контролируемой поверхности. Перемещение измерительного наконечника датчика касания программируется к системе координат детали (СКД), образуемой ее базами. В тех случаях, когда размеры и расположение отдельных элементов детали заданы относительно разных баз, у одной детали может быть несколько систем координат. Хотя более правильно изменить чертеж детали и постараться задать все размеры от одной базы, если это возможно. Главная СКД привязывается к системе координат машины (СКМ) с помощью математического базирования. Эта процедура заключается в расчете расположения (СКД) по предварительно измеренным базовым точкам детали в системе координат КИМ и последующей трансформацией координат точек других элементов детали из СКМ в СКД. Математическое базирование может производиться в ручном режиме (например, с помощью джойстика), если измеряемые детали свободно расположены на столе или в автоматическом режиме, если деталь находится в приспособлении в определенном месте стола.

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

При разработке алгоритма измерения элементов детали следует учесть, что количество измеряемых точек должно быть больше или равно минимально необходимому числу точек для определения размера элемента. Для прямой линии должно быть не менее двух точек, для окружности и плоскости не менее трех и т.д. Чем больше количество измеряемых элементов, тем выше точность, так как учитывается отклонение формы. Таким образом, построены все метрологические ПО – они обеспечивают многоточечный контроль измеряемого элемента. Однако увеличение количества измеряемых точек снижает производительность контроля, поэтому в каждом конкретном случае количество точек должно быть минимальным, но обеспечивающим необходимую точность измерения.

После проведения математического базирования по координатам точек, принадлежащих реальным геометрическим элементам детали, рассчитывается числовая модель детали и основных контролируемых поверхностей, например, посадочное отверстие, торец и т.п., в обобщенной системе координат.

При многоточечном измерении заменяющий элемент (математическая модель) выбирается так, чтобы он был наилучшим образом согласован с измеренными точками по выбранному методу аппроксимации. Метрология координатных измерений использует чаще всего три метода аппроксимации, причем каждый из них дает свое значение заменяющего элемента и его положения в пространстве.

*Метод прилегания* поверхности по принципу Тейлора – заменяющий элемент должен находиться вне материала детали таким образом, чтобы суммарное расстояние от него до измеряемых точек было минимальным. На рисунке 7 этому критерию соответствует вписанная окружность для отверстия и описанная для вала.

*Среднеквадратичная аппроксимация по Гауссу* (рисунок 7) – заменяющий элемент – это средняя поверхность, у которого сумма квадратов расстояний до точек, расположенных с одной стороны равна сумме квадратов расстояний до точек, расположенных с другой стороны.

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Расчеты различных геометрических показателей и размеров осуществляются с помощью ЭВМ, без которой не может работать КИМ. Все ЭВМ, входящие в состав КИМ, имеют набор измерительных программ (алгоритмов). Другими словами, алгоритм применительно к задачам измерения содержит формулы или набор формул, по которым осуществляется расчет определенных параметров по результатам измерения координат отдельных точек.

Задачей оператора является разработка оптимальной стратегии измерения детали, написание программы измерения и анализ полученных результатов.

Корпус редуктора является базовым и достаточно ответственным элементом изделия. В корпусах устанавливают различные детали, валы, подшипники, точность взаимного положения которых должна быть обеспечена в процессе работы редуктора. Корпус редуктора должен быть выполнен с требуемой точностью, обладать необходимыми жесткостью и виброустойчивостью, чтобы обеспечить правильное относительное положение соединяемых деталей, качественную работу механизмов и изделия.

В качестве измеряемого объекта в работе выбрана деталь «Корпус редуктора» (рисунок 8).

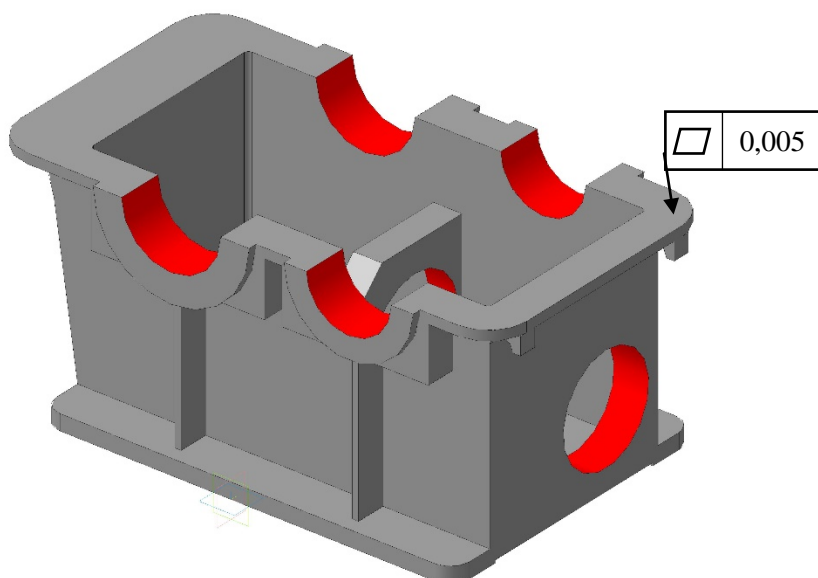


Рисунок 8 – Корпус редуктора

Так как большинство корпусных деталей являются ответственными элементами, то все отклонения размеров и формы ее поверхностей скажутся на дальнейшей собираемости узла, и на самой точности сборки. Собираемость – способность сопрягаемых деталей входить при сборке в сборочную единицу (узел), а сборочных единиц в изделие без каких-либо пригоночных работ, не предусмотренных технологией изготовления. Собираемость находится в прямой зависимости от степени совершенства конструкторских, технологических и производственных мероприятий, производимых относительно детали. При приёмочном контроле в качестве измеряемого параметра выбраны отклонение от плоскостности, допуск перпендикулярности осей, допуск параллельности осей и межосевое расстояние.

*Отклонение от плоскостности* – наибольшее расстояние  $\Delta$  от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка.

Отклонение от плоскостности измерялось на КИМ DEA GLOBAL по следующим стратегиям:

- 1)  $\Delta$  по 6 точкам;
- 2)  $\Delta$  по 12 точкам;
- 3)  $\Delta$  с помощью функции «полилиния» – упорядоченный ряд из 40 связанных друг с другом точек.

Процедура контроля осуществлялась в следующей последовательности:

- 1) выбор базовых поверхностей, определение положения детали для контроля;
- 2) установка детали на стол КИМ;
- 3) выбор конфигурации щупа;
- 4) выбор требуемого положения щупа;
- 5) ручные измерения элементов для черновой системы координат, (черновое базирование);

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

б) чистовая база на основании расчетов или обход на автомате измеренных элементов с лучшим качеством;

7) измерение отклонения от плоскостности тремя разными стратегиями;

8) распечатка протокола контроля.

Таблица 6 – Результаты измерений

Наименование стратегии	Действительный размер (мм)	Затраченное время (с)
Δ по 6 точкам	0.012	32
Δ по 12 точкам	0.009	57
«полилиния» 40 точек	0.005	50

Из результатов таблицы 6 установлено, что процесс измерения отклонения от плоскостности с помощью стратегии «полилиния», при которой измеряются сразу 40 точек на каждой поверхности является наиболее точным и рациональным, так как действительный размер оказался более точным.

При этом время, затраченное на измерение параметра (50 с), меньше, чем во втором случае (57 с), и больше чем в первом, что является еще одним положительным показателем данной стратегии, исходя из соотношения скорость – качество.

Анализируя таблицу, можно сделать вывод, что из действительных размеров ближе всех к заданному оказался размер, полученный с использованием третьей стратегии – «полилиния». Это обусловлено в первую очередь большим количеством взятых точек, что значительно увеличивает вероятность получения более точного результата. Данный метод однозначно способен обеспечить точность в заданном поле допуска.

## 7. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 7.1. Анализ целей повышения квалификации работников

На комбинате «Электрохимприбор» уделяется много внимания профессиональному обучению сотрудников, которое проводится в соответствии с политикой службы по управлению персоналом предприятия.

Основная цель – достижение и поддержание необходимого уровня квалификации персонала, способного обеспечить безопасную, надёжную и эффективную работу комбината.

Определение потребности и целей обучения персонала осуществляют руководители подразделений с учётом существующих и ожидаемых потребностей производства. На каждый вид обучения разрабатываются программы, формируемые специалистами отдела оценки и развития с участием ведущих специалистов предприятия.

Отдел оценки и развития располагает оснащёнными учебными помещениями: классами для теоретического и специального обучения, компьютерными классами, тренажерным классом. Также в подразделениях комбината имеются учебно-технические кабинеты.

*Корпоративное обучение* - организация выездных семинаров (на базе санаториев-профилакториев, пансионатов и т.п.) для команды участников с использованием тренинговой формы занятий, применением различных упражнений.

*Внутрифирменное обучение* – обучение на базе комбината с привлечением высококвалифицированных преподавателей ведущих вузов и образовательных центров страны. Позволяет проводить повышение квалификации непосредственно на комбинате, увеличить количество обучаемых, адаптировать учебные программы к специфике конкретных задач предприятия. Отдел оценки и развития взаимодействует с более 40 учебными заведениями и образовательными центрами Москвы, Обнинска, Санкт-Петербурга, Пензы, Самары, Екате-

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



ринбурга, Нижнего Тагила и др. К проведению профессионального обучения в качестве преподавателей также привлекаются руководители, специалисты и высококвалифицированные рабочие.

Также отдел оценки и развития организует информационно-консультационные семинары для руководителей подразделений, на которых рассматриваются актуальные вопросы финансово-экономического характера, разясняются вопросы расстановки приоритетов и новых подходов в кадровой политике, освещаются вопросы системы менеджмента качества по всем сферам управления предприятием и другим вопросам.

На комбинате «Электрохимприбор» ежегодно проходят конкурсы профессионального мастерства по наиболее массовым профессиям: токарь, фрезеровщик, слесарь механосборочных работ, сварщик, электромонтажник.

Цели конкурсов – развитие творческой инициативы рабочих, популяризация рабочих профессий, поднятие их престижа среди молодёжи, повышение производительности труда и качества выпускаемой продукции за счёт роста профессионального мастерства и другие.

## 7.2. Анализ профессионального стандарта

Профессиональный стандарт «Специалист по техническому контролю качества продукции» применяется работодателями при формировании кадровой политики и в управлении персоналом, при организации обучения и аттестации работников, заключении трудовых договоров, разработке должностных инструкций и установлении систем оплаты труда. Утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 123н. Регистрационный номер 31.

Основная цель вида профессиональной деятельности: обеспечение выпуска (поставки) продукции, соответствующей требованиям нормативных документов и технических условий, утвержденным образцам (эталонам), проектно-конструкторской и технологической документации

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Обобщенная трудовая функция: контроль качества продукции на всех стадиях производственного процесса.

Уровень (подуровень) квалификации: 5.

Трудовые функции:

- анализ качества сырья и материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий;
- инспекционный контроль производства;
- проведение испытаний новых и модернизированных образцов продукции.

### 7.3. Анализ существующего плана подготовки персонала

Повышение квалификации работников на ФГУП «Комбинат «Электрохимприбор» проходит установленным порядком департаментов.

Повышение квалификации проходит в два этапа:

1 этап – курсы в «Учебном центре подготовки рабочих» город Лесной, ФГУП «Комбинат «Электрохимприбор»

2 этап – комиссия на заводе.

Целью профессиональной переподготовки персонала является развитие профессионального мастерства работников в условиях постоянно расширяющейся номенклатуры изделий, использование новых технических решений, внедрение прогрессивных технологий и т. д.

Согласно учебному плану (табл. 7) на курс повышения квалификации сотрудников отведено 103 часа.

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Таблица 7 – Учебный план повышения квалификации специалистов по техническому контролю качества продукции

№ п/п	Наименование модуля	Количество часов
1	Технические измерения	34
2	Чтение чертежей	12
3	Спецтехнология контроля	12
4	Допуски и посадки	12
5	Материаловедение	10
6	Безопасность труда	10
7	Охрана труда и техника безопасности	13
8	Аттестационный экзамен	6
ВСЕГО		109

Учебный план рассмотрим на примере повышения квалификации специалистов по техническому контролю качества продукции.

Повышение квалификации обусловлено изменением характера и содержания труда специалистов на занимаемой должности, моральным устареванием знаний. Так как на производстве обновляются и внедряются новые средства измерения и методы контроля, работником просто необходимо профессиональное обучение. При этом профессиональное обучение работников, имеет цель повысить уровень их теоретических знаний, а также совершенствовать практические навыки и умения в соответствии с требованиями профессионального стандарта.

В учебном центре ФГУП «Комбинат «Электрохимприбор» разработан тематический план теоретического обучения для специалистов технического контроля качества продукции. В план внесена дополнительная тема 7 «Методы и средства измерений с помощью координатно-измерительной машины». План обучения составлен на 30 часов.

Таблица 8 – Тематический план теоретического обучения

№ п/п	Наименование темы	Количество часов
1.	Общие сведения об измерениях, понятие погрешности	2
2.	Методы и средства контроля линейных размеров	6
3.	Методы и средства контроля угловых размеров	2
4.	Методы и средства контроля допусков формы и расположения	6
5.	Методы и средства контроля резьбы	4
6.	Методы и средства контроля шероховатости	2
7.	Методы и средства измерений с помощью координатно-измерительной машины	6
8.	Консультация	2
9.	Экзамен	4
ИТОГО		34

#### 7.4. Разработка занятия по повышению квалификации контролеров

Из представленного тематического плана (таблица 7) рассмотрим тему «Методы и средства измерений с помощью координатно-измерительной машины».

Так как повышение квалификации работников проходит, у которых уже имеется базовый уровень знаний, рациональнее формой для обучения выбрать семинар.

Семинары - эффективная форма подготовки инженерных и научно-педагогических кадров.

Семинар (от лат. Seminarium - рассадник, теплица) - форма учебно-практических занятий, при которой обучающиеся обсуждают сообщения, доклады и рефераты, выполненные ими по результатам учебных или научных исследований под руководством преподавателя. Преподаватель в этом случае является координатором обсуждений темы семинара, подготовка к которому является обязательной. Поэтому тема семинара и основные источники обсуждения предъявляются

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

до обсуждения для детального ознакомления, изучения. Цели обсуждений направлены на формирование навыков профессиональной полемики и закрепление обсуждаемого материала.

*Тема семинара:* Новые технологии, оборудование и программное обеспечение в области линейно-угловых измерений на предприятии.

*Категория слушателей:* контролеры и специалисты отдела технического контроля предприятия.

*Количество часов,* отводимых на занятие: 2 часа (90 минут).

*Краткое описание:* семинар проводят ведущие специалисты в области управления качеством продукции.

*Цель семинара:*

Дать представление слушателям о координатно-измерительной машине её назначении в современных условиях производства; особенностях проведения технического контроля качества на машиностроительных предприятиях.

*План семинара:*

- 1) Общие сведения о координатно-измерительных машинах;
- 2) Конструкции функциональных узлов.
- 3) Программное обеспечение;
- 4) Измерение на координатно-измерительной машине;
- 5) Составляющие погрешности измерения на координатно-измерительных машинах.

*Содержание:*

- 1) Общие сведения о координатно-измерительных машинах.  
Координатно-измерительные устройства - приборы для измерения положения точек на поверхности элементов деталей в системе плоских или пространственных координат. Такие машины называют трехкоординатными измерительными машинами или координатными измерительными машинами.

Принципиальная основа измерения на КИМ заключается в том, что любую поверхность или профиль можно представить состоящей из бесконечного числа отдельных точек и если известно положение в пространстве их координат

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

нат, то по соответствующим формулам программное обеспечение может рассчитать размеры этих поверхностей, а также расположение поверхностей в пространстве и между собой. Например, если на окружности измерить три точки, то она определит диаметр окружности, поскольку из геометрии известно, что через три точки может быть проведена окружность и притом только одна [34].

Принципиальная схема всех КИМ одинакова. Она состоит из трех взаимно перпендикулярных устройств для измерения линейных величин и датчика контакта, который может перемещаться в пространстве с отсчетом этих перемещений одновременно по трем линейным измерительным устройствам. При касании (контакте) щупа с точкой на измеряемой поверхности датчик выдает команду для считывания значений координат  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  в момент касания. Иногда КИМ снабжаются съемными или постоянными круговыми столами.

Конструктивная схема КИМ состоит из механической части, осуществляющей измерительные перемещения, и электронно-вычислительной части с программным обеспечением.

Конструктивная схема механической части всех КИМ построена таким образом, что деталь, например, в виде параллелепипеда, находящаяся на измерительной позиции машины, может быть измерена по всем поверхностям, кроме поверхности, на которой она установлена. А если установить эту деталь на специальную подставку, чтобы она не располагалась всей плоскостью на столе, то можно будет измерить элементы этой детали на всех поверхностях без перестановки, за исключением частей поверхности, на которых деталь установлена. Измерения на КИМ осуществляются при относительных перемещениях детали и датчика контакта.

## 2) Конструкции функциональных узлов [14].

В координатно-измерительной машине можно выделить следующие конструктивные узлы: станина, стол, направляющие, измерительная система, датчик контакта, устройство для цилиндрических координат поворотный стол. Коротко рассмотрим особенности этих функциональных узлов.

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

Станина. Несет на себе все остальные функциональные узлы и должна обеспечивать требуемую жесткость для ограничения величины деформации во всех положениях подвижных частей при измерении деталей.

Станину обычно устанавливают на три (и более) точки на специальный фундамент или демпфирующие опоры в виде резинометаллических элементов или пневматики.

Стол. Предназначен для установки измеряемой детали, и каких-либо специфических элементов. Во многих случаях деталь при измерении должна закрепляться, поэтому столы снабжаются либо пазами, в которых можно разместить специальные державки, либо имеются резьбовые гнезда. Обычно жесткие требования к плоскостности стола не предъявляются, поскольку у большинства машин поверхность стола не является базой и в процессе измерения за базу может быть принята любая поверхность детали, т. е. осуществлено так называемое программно-математическое базирование.

Направляющие. Точность перемещения по всем трем координатам обеспечивается в значительной мере точностью используемых направляющих. Основное требование, предъявляемое к направляющим, заключается в обеспечении прямолинейности перемещения подвижных частей в требуемых пределах.

В направляющих применяют три вида подшипников: скольжения, качения и аэростатические.

Привод. От привода требуется, чтобы движения от двигателя к подвижным узлам передавались с небольшим усилием и не было повреждений при непредвиденных столкновениях подвижных узлов с каким-либо препятствием.

Измерительная система. Как было сказано ранее, принципиальная схема КИМ состоит из систем для отсчета линейных перемещений, расположенных по трем координатным осям, т. е. устройств, с помощью которых можно определить величину перемещения по каждой оси, что в общем виде дает возможность определить положение точки в пространстве [14].

В принципе, любая измерительная система должна состоять из двух частей многозначной меры (в частном случае линейной шкалы), воспроизводящей

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

длину в определенном диапазоне, и устройства для считывания значения перемещений по этой мере. Одна из этих частей устанавливается на подвижных узлах, а другая - на неподвижных. При расположении считывающих устройств на неподвижных узлах облегчается передача информации от измерительной системы, поэтому шкалы устанавливают на подвижных узлах. Все измерительные системы дискретного типа, т. е. выдают сигналы в виде отдельных (дискретных) импульсов, причем значение одного импульса (дискретность) соответствует определенной величине линейного перемещения подвижного узла.

К измерительным системам КИМ предъявляют следующие требования:

- защищенности от загрязнения, например от пыли и масла;
- высокой износостойкости;
- защищенности от внешней среды (температуры, давления воздуха, влажности);
- точности измерения, особенно в отношении равномерности дискретных значений, поскольку накопленные погрешности могут быть скорректированы программным обеспечением;

Датчик контакта (касания). Прежде чем рассматривать этот функциональный узел, который имеется во всех КИМ, еще раз рассмотрим принцип измерения на машинах. С помощью КИМ измеряют положение точек, принадлежащих данной поверхности в пространстве, т. е. определяют значения трех координат – X, Y, Z. Следовательно, при измерении на КИМ, особенно в автоматическом режиме, необходимо с помощью какого-то устройства зафиксировать (нащупать) точку, положение которой измеряется. При работе датчик контакта чаще всего устанавливается на пиноли, перемещающейся в вертикальном направлении. Конструкций датчиков касания разработано очень много, но по принципу работы их разделяют на жесткие (механические), электронные и оптические [34].

Измерительные наконечники. Все контактные датчики снабжаются большим набором измерительных наконечников. Во всех видах датчиков предусмотрена возможность установки нескольких наконечников (до 5 штук), обра-

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



зую щуповую конфигурацию. Делается это для того, чтобы имелась возможность проникнуть к закрытым поверхностям детали сложной формы и упростить такой доступ, а также сократить расстояния при переходе от одной поверхности к другой, что повышает производительность измерения. В большинстве случаев используют сферические измерительные наконечники, изготавливаемые из твердого сплава или синтетического рубина. Из-за относительно небольших измерительных усилий износ наконечников практически не происходит. В комплект наконечников иногда включаются и диски нескольких диаметров. Они нужны для того, чтобы измерять диаметры цилиндров на определенной глубине.

### 3) Программное обеспечение.

Определение различных размеров и нормируемых геометрических параметров (отклонение расположения, отклонение формы и т. д.) получается не измерением, а расчетом при использовании данных о координатах определенного числа координат измеренных точек.

Расчеты различных геометрических показателей и размеров осуществляются с помощью программного обеспечения PC - DMIS, без которой не может работать КИМ.

Библиотека программ по измерениям, находящаяся в программном обеспечении КИМ, включает в себя: стандартные программы для определения параметров элементов правильной геометрической формы, программы для статистической обработки результатов измерения и специальные программы, например, при измерении зубчатых колес, кулачков и др.

4) На КИМ измеряются только координаты в пространстве отдельных точек измеряемой поверхности, а значения размеров отдельных элементов и других нормируемых параметров геометрической точности рассчитываются по этим измеренным координатам. Измерения на КИМ могут проводиться в трех режимах: в ручном, полуавтоматическом и автоматическом.

В ручном режиме перемещение датчика контакта к измеряемой точке осуществляется оператором перемещением непосредственно за крепление дат-

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

чика на пиноли. У некоторых машин с ручным управлением имеется пульт, переключателями которого оператор управляет перемещением датчика.

При полуавтоматическом режиме управление перемещениями датчика контакта осуществляется оператором при помощи переключателей, расположенных на пульте. Измерение осуществляется в диалоговом режиме программы. Вызов программ, сравнение рассчитанных значений с допускаемыми выполняется автоматически по заданным программам оператором с пульта машины. Управление перемещением датчика контакта осуществляется оператором также с пульта.

Автоматический режим - режим измерения, когда все действия, необходимые для измерения детали, осуществляются по заданной программе и управление перемещением датчика контакта также выполняется с помощью программы без участия оператора.

При любом режиме измерения должна быть предварительно разработана методика проведения измерений или, как часто говорят, составлен план контроля измерения конкретной детали. При ручном режиме измерения эта программа составляется и практически одновременно реализуется оператором.

План контроля для измерения включает в себя решение о последовательности измерения отдельных точек, отдельных элементов детали, о числе точек, которые должны быть измерены, а также параметры геометрической точности, которые необходимо рассчитать, данные, выводимые на протокол в результате измерения, и т.д. Программы не связаны с конкретными размерами измеряемой поверхности, а только зависят от параметров, которые необходимо выяснить, например, диаметр окружности или отклонения расположения.

5) Составляющие погрешности измерения на координатно-измерительных машинах.

На погрешность измерения при использовании КИМ влияют следующие погрешности:

- от механической части;
- от измерительных (отсчетных) систем;

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- от контактирования;
- от воздействия окружающей среды;
- методические погрешности.

Погрешность от механической части. Погрешность от механической части машины связана с тем, что перемещение по координатным осям осуществляется в действительности не по прямым линиям и не перпендикулярно друг к другу. Эта погрешность зависит от точности изготовления направляющих, от точности монтажа, трения в направляющих, наличия люфтов, прогиба под действием собственного веса подвижных частей, инерционности движущихся масс и некоторых других причин. Погрешность эта носит систематический и случайный характер.

Погрешность от измерительных систем. Эта погрешность зависит от погрешности используемых масштабов (шкал), от преобразований для получения дискретных более мелких значений, чем на шкале, с помощью дополнительных устройств, от отклонения от параллельности расположения отсчетных систем относительно координатных осей. Погрешности, зависящие от измерительных систем, являются в основном систематическими и в значительной мере компенсируются введением соответствующих поправок с помощью программы.

Погрешность от контактирования. Возникает эта погрешность от погрешности датчика контакта, от динамических условий измерения, т. е. измерений в процессе движения.

Погрешность от влияния окружающей среды. Эта погрешность возникает от деформаций элементов машины и измеряемой детали под действием температуры, от влажности воздуха и вибраций в месте установки машины. Погрешность от температурных деформаций, как и при использовании других средств измерения, возникает при отклонениях температуры от 20° С и колебаний температуры в процессе измерения, от разности температур измеряемой детали и деталей КИМ. Влажность воздуха влияет на деформации узлов машины, изготовленных из гранита. Вибрации машины приводят к смещению измеритель-

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ных систем и, прежде всего, шкал, которые чаще всего расположены неподвижно относительно наконечника датчика контакта [34].

Учесть влияние окружающей среды на погрешность измерения практически невозможно, поэтому КИМ должны всегда устанавливаться на виброизолирующем фундаменте или опорах в специальных помещениях, где поддерживается постоянная температура, а детали перед измерениями необходимо выдерживать на машине, с тем чтобы их температуры выровнялись.

К внешним источникам составляющих погрешности измерения можно отнести и неправильное закрепление детали, например, с деформацией ее.

Методическая погрешность измерения. Этот вид погрешности связан с тем, что на КИМ измеряются координаты положения отдельных точек в пространстве. Вполне естественно, что измерить все точки на поверхности измеряемого элемента невозможно, а следовательно, всегда возможно положение, при котором предельные выступающие точки этой поверхности не будут измерены. Под методической составляющей погрешности измерения понимают погрешность, связанную с используемой методикой измерения, в результате которой не выявляется размер, «действующий» при сборке измеренного элемента. В связи с этим при измерении предусмотрена возможность измерять большое число точек на одной поверхности.

Другая часть методической погрешности связана с алгоритмом обработки результатов измерения координат точек, расположенных на реальной поверхности, т.е. имеющей отклонения формы. После измерения большого числа точек во всех КИМ рассчитывается средний размер измеряемого элемента (средний диаметр окружности, средний диаметр цилиндра, средняя прямая и т. д.).

Для КИМ, где методика измерений в большинстве случаев запрограммирована, а процесс измерения относится только к отдельным точкам, методическая составляющая погрешности измерения является специфичной и часто доминирующей погрешностью.

Таким образом, использование КИМ является оптимальным для контроля деталей сложной формы.

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Основное преимущество современных КИМ – возможность полной автоматизации как на этапе реализации метода измерений, так и на этапе обработки результатов этих измерений. Кроме того, мы получаем возможность осуществлять контроль качества крупных корпусных деталей сложных поверхностей с повышенной точностью и достоверностью результатов измерений. Координатно-измерительные машины позволяют контролировать абсолютно все параметры детали, указанные на чертеже, за исключением резьбы и фасок.

Использование КИМ и методы её контроля на предприятии позволяет:

- сократить временные затраты;
- повысить точность измерения (т.е. снизить влияние субъективных и случайных погрешностей);
- отказаться от большого количества средств измерения.

Семинар проходит в форме вопрос – ответ и используется для обобщения пройденного материала. Для контроля знаний используется простая процедура. Преподаватель задает аудитории вопросы, отвечают желающие, а преподаватель комментирует. Таким образом, материал актуализируется слушателями и контролируется преподавателем.

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам выполнения выпускной квалификационной работы разрабатывали процесс приёмочного контроля детали «Корпус редуктора».

В соответствии с целью выпускной квалификационной работы выполнено следующее:

- проанализирован выбор датчиков, щупов и контрольно-измерительных головок;
- проанализировано служебное назначение и конструкция детали «Корпус редуктора»;
- разработана управляющая программа приёмочного контроля детали «Корпус редуктора» с использованием координатно-измерительной машины;
- разработана методика измерений с использованием КИМ;
- в методической части разработано занятие на тему: «Новые технологии, оборудование и программное обеспечение в области линейно – угловых измерений на предприятии» в программе повышения квалификации для специалистов по техническому контролю качества продукции.

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 24297-2013. Верификация закупленной продукции. Организация проведения и методы контроля [Электронный ресурс]. – Введ. 2014-01-01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 13 с. // ГОСТ Эксперт: единая база ГОСТов РФ. – Режим доступа: <http://gostexpert.ru/gost/gost-24297-2013>.
2. ГОСТ 8.051-81. Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм [Электронный ресурс]. – Введ. 1982-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 11 с. // ГОСТ Эксперт: единая база ГОСТов РФ. – Режим доступа: <http://gostexpert.ru/gost/gost-8.051-81>.
3. РД 50-98-86. Методические указания. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм [Электронный ресурс]. – Введ. 1987-07-01. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 80 с. // Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200043341>.
4. Бородина Н.В. Дипломное проектирование: учебное пособие / Н. В. Бородина, Г. Ф. Бушков. – Екатеринбург: Издательство РГППУ, 2011. – 90 с.
5. Бородина Н. В. Подготовка педагогов профессионального обучения к перспективно-тематическому планированию: модульный подход: учеб. пособие для вузов / Н. В. Бородина, М. В. Горонович, М. И. Фейгина; Рос. гос. проф.-пед. ун-т; Урал. отд-ние Рос. акад. образования. – Екатеринбург: Издательство РГППУ, 2002. – 259 с.
6. Гузанов Б.Н. Дипломное проектирование в профессионально-педагогическом вузе: учеб.-метод. пособие / Б.Н. Гузанов, И.В. Осипова, О.В. Тарасюк, М.А. Черепанов. – Изд. 2-е, исправ. – Екатеринбург: Изд-во ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2012. – 182 с.
7. Осипова И.В. Методика профессионального обучения. Схемы, таблицы, комментарии: учеб. пособие для вузов / И.В. Осипова, О.В. Тарасюк,

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Ю.В. Осколкова, В.С. Локтина. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.- пед. ун-та, 2010. – 148 с.

8. Чупырин В.Н. Технический контроль в машиностроении: справочник проектировщика / под общ. ред. В.Н. Чупырина, А.Д. Никифорова. – М.: Машиностроение, 1987. – 512 с.

9. Юдин Е.Я. Охрана труда в машиностроении: учебник для машиностроительных вузов / Е.Я. Юдин, С.В. Белов, С.К. Баланцев / под ред. Е.Я. Юдина. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 432 с.

10. Эрганова Н.Е. Методика профессионального обучения: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия». 2008. – 160 с.

11. Черпаков Б. И. Технологическое оборудование машиностроительного производства: учебник / Б. И. Черпаков, Л. И. Вереина. – 3-е изд., испр. – М.: Академия, 2010. – 413 с.

12. Куклин Н.Г. Детали машин: учеб. для машиностроит. спец. техникумов / Н.Г. Куклин, Г.С. Куклина – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2010. – 383 с.

13. Кривоногова А.С., Мигачева Г.Н. Задания и методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Технический контроль в машиностроении». – Екатеринбург: ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2013. – 36 с.

14. Марков Н. Н. Конструкция, расчет и эксплуатация контрольно-измерительных инструментов и приборов: учебник для машиностроительных техникумов / Н. Н. Марков, Г. М. Ганевский; ред. Н. Н. Марков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1993. – 416 с.

15. Братухин А.Г. Координатно-измерительные машины и комплексы // Наука и технологии в промышленности. – 2011. – №3. – С. 36-48.

16. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – 12-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 496 с.

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64



17. Зайцев С.А. Контрольно – измерительные приборы и инструменты: учебник / С.А. Зайцев, Д.Д. Грибанов, А.Н. Толстова, Р.В. Меркулов. – М.: Издательский центр «Академия»; ПрофОбрИздат, 2002. – 464 с.

18. КИМ GLOBAL Performance [Электронный ресурс] // HEXAGON MANUFACTURING INTELLIGENCE. – Режим доступа: [http://www.hexagonmetrology.ru/GLOBAL-Performance\\_120.htm](http://www.hexagonmetrology.ru/GLOBAL-Performance_120.htm).

19. Мурачѳв Д. А., Черепанов М. А. Методика измерения параметров на координатно-измерительной машине GLOBAL CLASSIC 05.05.05 // Молодой ученый. – 2016. – №12.3. – С. 53-58.

20. Буланова Е.А. Координатная измерительная машина с ЧПУ: учеб. Пособие. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т имени академика С.П. Королева, 2008. – 54 с.

21. Гапшис А.А. Координатные измерительные машины и их применение. – А. А. Гапшис, А. Ю. Каспарайтис, М. Б. Модестов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.

22. Основы конструирования приборов контроля геометрических величин: учеб. пособие / В.А. Аношин, В. Я. Волков, В. И. Глухов, В. И. Сурков. – Омск: Изд. ОмПИ, 1987. – 77 с.

23. Глухов В. И. Методология достоверных измерений размеров деталей // Измерительная техника. – 1998. – № 5. – С. 9-13.

24. Глухов В. И. Координирующие размеры деталей и их измерение // Измерит, техн. – 1998. – № 7. – С. 18-22.

25. Валетов В.А., Бобцова С.В., Новые технологии в приборостроении. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2004. – 120 с.

26. Валетов В.А., Кузьмин Ю.П., Орлова А.А., Третьяков С.Д., Технология приборостроения: учеб. Пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 336 с.

27. Зубарев Ю. М., Косаревский С. В., Ревин Н. Н. Автоматизация координатных измерений: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во ПИМаш, 2011. – 160 с.

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

28. Бражкин Б.С. Координатно-измерительные машины для контроля тел вращения / Б. С. Бражкин, Н. И. Исаев, А. А. Кудинов, В. С. Миротворский. – М.: Миттель Пресс, 2012. - 207 с.

29. Технологические основы контроля на координатно-измерительных машинах / Б. С. Бражкин, Н. И. Исаев, А. А. Кудинов, В. С. Миротворский; под общ. ред. А. А. Кудинова. – М.: Миттель Пресс, 2014. - 149 с.

30. Бражкин Б.С. Автоматизированная машина для координатных измерений отклонений от круглости и диаметра тел вращения. / Б. С. Бражкин, В. А. Карамышев, А. А. Кудинов, В. С. Миротворский, П. Г. Пилюгин, К. А. Приказчиков, Ю. А. Тараторин. – Измерительная техника. – 1996. – №2. – С. 25-27.

31. Нагинявичене Л. С. Применения координатных измерительных машин: учеб. пособие / Л. С. Нагинявичене; Каунас. политехн. ин-т им. Антанаса Снечкуса. - Вильнюс: Минвуз ЛитССР, 1987. - 47 с.

32. Слепцов В. В. Информационно-измерительные и управляющие системы координатно-измерительных машин и измерительных роботов. Концепция проектирования: монография / В. В. Слепцов, А. В. Тихонравов, Р. Ю. Курдюков; под ред. Слепцова В. В. – М.: МГУПИ, 2008. - 95 с.

33. Бражкин Б. С. Технологические основы контроля на координатно-измерительных машинах / Б. С. Бражкин, Н. И. Исаев, А. А. Кудинов, В. С. Миротворский; под общ. ред. А. А. Кудинова. – М.: Миттель Пресс, 2014. - 149 с.

34. Чапала О.В. Координатно-измерительные машины и их применение [Электронный ресурс] // Новаинфо. – 2016. – № 57. – Режим доступа: <http://novainfo.ru/article/10054>.

					ДП 44.03.04.317 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

## **ПРИЛОЖЕНИЕ Б**