

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

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ
ДЕТАЛИ «ВТУЛКА» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ**

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: 349

Екатеринбург 2018

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:
Заведующая кафедрой ТМС
_____ Н.В. Бородина
«_____» _____ 2018 г.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ
ДЕТАЛИ «ВТУЛКА» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ**

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»

Исполнитель:
студент группы КМ-402

А.С. Ноздрачев

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

А.С. Кривоногова

Нормоконтролёр:
канд. пед. наук, доцент,
доцент кафедры ТМС

А.С. Кривоногова

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 70 страницах, содержит 11 рисунков, 5 таблиц, 33 источника литературы, 2 приложения на 7 страницах.

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

Ноздрачев А.С. Разработка технологии входного контроля детали втулка с использованием координатно-измерительной машины: выпускная квалификационная работа / А.С. Ноздрачев; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т инж.-пед. образования, Каф. технологии машиностроения, сертификации и методики проф. обучения. – Екатеринбург, 2018. – 77 с.

В выпускной квалификационной работе произведена разработка технологии входного контроля детали «Втулка» с использованием координатно-измерительной машины DEA Delta Slant 255120.

В технологической части выпускной квалификационной работы приведено назначение и описание конструкции детали «Втулка», технологичность детали и обоснование применения координатно-измерительной машины для контроля детали, которое определяет целесообразность проведения мероприятий, связанное с разработкой технологии входного контроля детали «Втулка» на координатно-измерительной машине.

В методической части разработана программа обучения работников отдела технического контроля измерению на координатно-измерительной машине, разработан план практического занятия на тему «Калибровка измерительных систем и подготовка КИМ к работе при измерении цилиндрических деталей» и инструкция по настройке и калибровке координатно-измерительной машины.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	9
1.1. Деятельность отдела технического контроля.....	9
1.2. Организация технического контроля качества на предприятии.....	14
1.3. Автоматизация проектирования технологий контроля на координатно-измерительных машинах и системах.....	18
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНТРОЛЯ ДЕТАЛИ «ВТУЛКА»..	21
2.1. Технологическое проектирование технического контроля.....	21
2.2. Описание конструкции и назначения детали.....	23
2.3. Описание конструкции измерительной машины «DELTA SLANT 255120».....	24
2.4. Разработка процесса входного контроля и методики измерения детали «Втулка» на координатно-измерительной машине DEA Delta Slant.....	44
3. МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	49
3.1. Повышение квалификации работников на предприятии.....	49
3.2. Анализ профессионального стандарта.....	50
3.3. Занятие по повышению квалификации работников.....	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	65
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	67
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Чертеж детали «Втулка».....	71
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Методика измерения типовой детали Втулки 0390-04-038- 8F на координатно-измерительной машине DEA Delta Slant 255120.....	72

ВВЕДЕНИЕ

В развитых странах некоторые предприятия вкладывают в метрологию до 80% бюджета на развитие новых технологий. И это оправдано. Только безупречная форма деталей гарантирует правильную работу и износостойкость. В современном машиностроительном производстве требования к точности и производительности измерений постоянно возрастают. И чем сложнее, технологичнее производство, тем точнее должны быть измерения. Вместе с данными требованиями возрастает и роль средств измерений в машиностроении.

Ключевую роль в обеспечении конкурентоспособности и качества продукции машиностроительной отрасли промышленности играет контрольно-измерительная техника. В настоящее время наблюдается стремительное внедрение координатно-измерительных машин на предприятия, которые позволяют с высокой точностью определить геометрические параметры, физические характеристики и математическую модель формы изделия.

Впервые КИМ появились на заводах в 50-х годах XX века. Сейчас их число достигает 300 000 экземпляров во всем мире конечной продукции. По статистике, более жёсткие требования к измерениям помогают улучшить качество изделий примерно на 20 %.

В машиностроении много сложнопрофильных деталей, таких как: шатун, поршень, распределительный вал, коленчатый вал двигателя и прочих сложных деталей. Для координатно-измерительных машин (далее КИМ) решение таких задач не представляет труда. Тем самым предприятия, у которых есть КИМ экономят на проектировании, изготовлении, калибровке и поддержании в рабочем состоянии множества различных калибров и универсальных средств измерений. С другой стороны, если весь процесс контроля выпускаемой продукции предприятия будет контролироваться машиной, то её точность измерений

должна быть высокой, а погрешность нужно свести к минимуму. Поэтому, процесс контроля выпускаемых деталей предприятия должен быть задокументирован, что обеспечивается с помощью процедур.

На предприятии ООО «Уральский дизель-моторный завод» (ООО «УДМЗ») в отделе технического контроля (ОТК) имеется участок КИМ, на котором в настоящее время процесс запуска и наладки КИМ модели DEA Delta Slant для входного контроля деталей, которые приобретаются в Китае.

При приобретении КИМ были определены специфика метрологических задач на предприятии, требования к точности измерений, требования к диапазону измерений и преимущества определенного производителя КИМ. На протяжении уже более 40 лет КИМ модели DEA Delta Slant занимают лидирующие позиции на российском рынке порталных 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. Координатно-измерительные машины позволяют контролировать все параметры детали, указанные на чертеже, за исключением резьбы; параметров шероховатости поверхности; маленьких фасок размером меньше 2 мм.

Чаще всего с использованием КИМ контролируются первые детали в партии. И только в том случае, если они соответствуют всем требованиям чертежа, в производство запускаются остальные детали. Это позволяет избежать брака всей партии с высокой вероятностью, гарантируя их качество.

Во время измерений большое значение имеют условия окружающей среды. То, что современные КИМ компактны и предназначены для расположения непосредственно в рабочем цехе предприятия, не означает, что и изделие не зависит от внешних воздействий. Наибольший вред измерениям приносит тепло-

вое расширение контролируемых деталей. Увеличение температуры окружающей среды на один градус Цельсия приводит к увеличению детали длиной один метр на 20 микрометров. Поэтому на предприятии КИМ стоят в отдельном помещении, в котором с помощью системы кондиционирования поддерживается соответствующий требованиям микроклимат. Погрешность измерений в таких условиях для детали размером 300 мм составляет около двух микрометров.

Использование КИМ возможно с помощью управляющей программы и в ручном режиме. Ручной режим характеризуется использованием стойки управления и имеет место при контроле каких-то единичных параметров детали, а также при быстром контроле детали простой конфигурации. Это лишает пользователя необходимости написания управляющей программы, что существенно упрощает и ускоряет процесс взаимодействия человека с КИМ.

Управляющие программы для КИМ пишутся с использованием САД-ориентированных систем. На ООО «УДМЗ» применяется программа «PC-DMIS». Однако могут применяться и другие, например, «Cimatron», «САТІА», «Solid Works». В программе создается требуемая твердотельная модель изделия (причем это может быть как конечное состояние изделия, так и множество промежуточных состояний, например, по операциям). Затем задаются все элементы детали, которые будут использованы в процессе контроля: плоскости и точки. Затем вводятся параметры всех ходов и перемещений щупа. Таким образом, виртуально моделируется «процесс ошупывания» изделия. Следует отметить, что при наличии 3D модели детали мы в памяти компьютера имеются все номинальные размеры изделия. Для завершения написания программы необходимо вручную задать допуск на каждый размер в соответствии с чертежом. После указанных процедур программа запускается и проходит процесс наладки.

Несмотря на сложность процесса создания управляющей программы, процесс измерения с помощью КИМ может уменьшить время выполнения операции контроля со 180 минут до 20 минут. Производительность работы и многократ-

ность использования одной программы для контроля всей партии изделий обуславливают оправданность применения КИМ уже при размере партии в 10 штук.

Объект: процесс контроля качества детали «Втулка».

Предмет: разработка входного контроля и методики измерения детали «Втулка» при помощи координатно-измерительной машины DEA Delta Slant с целью обеспечения точности измерения технологии производства.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка процесса входного контроля детали «Втулка» и методики измерения на координатно-измерительной машине.

Для достижения указанной цели необходимо решение ряда задач:

1. Выбор контролируемых параметров при входном контроле.
2. Разработка процесса входного контроля с использованием КИМ.
3. Разработка методики измерений детали «Втулка» с использованием КИМ DEA Delta Slant.
4. Разработка программы повышения квалификации персонала.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Деятельность отдела технического контроля

Отдел технического контроля (ОТК) является самостоятельным структурным подразделением предприятия и подчиняется непосредственно директору. В его задачи входит предотвращение выпуска (поставки) предприятием продукции, не соответствующей требованиям стандартов и технических условий, утверждённым образцам (эталонам), проектно-конструкторской и технологической документации, условиям поставки и договоров, или некомплектной продукции, а также укрепление производственной дисциплины и повышение ответственности всех звеньев производства за качество выпускаемой продукции.

В состав отдела могут входить: бюро, группы, лаборатории технического контроля внешней приёмки, техническое бюро ОТК, бюро технического контроля в цехах (ВТК), центральная измерительная лаборатория.

Функции ОТК:

1. Контроль за качеством и комплектностью изготавливаемых предприятием деталей, узлов и готовых изделий, за соответствие их стандартам, техническим условиям, эталонам и чертежам, клеймение принятой и забракованной продукции, оформление в установленном порядке документации на принятую и забракованную продукцию, а также контроль за изъятием из производства окончательно забракованных изделий в специально организованные изоляторы брака и сдачей их в отходы.

2. Предъявление принятой продукции представителям заказчика, если это предусмотрено техническими условиями или договором.

3. Анализ и технический учёт брака и дефектов продукции предприятия, отмеченных в рекламациях и протоколах испытаний; участие в разработке и контроль за осуществлением мероприятий, направленных на предупреждение

возникновения брака и устранение дефектов; выявление лиц, виновных в изготовлении недоброкачественных изделий.

4. Организация получения от потребителей и систематизация информации по качеству и надёжности изделий.

5. Контроль за качеством поступающего сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий с заводов поставщиков; составление актов на недоброкачественное сырьё, материалы, полуфабрикаты и готовые изделия для предъявления претензий поставщикам.

6. Контроль за комплектованием, упаковкой и консервацией готовой продукции.

7. Контроль за своевременной подготовкой и проведением мероприятий, связанных с введением новых стандартов и технических условий.

8. Контроль за наличием товарного знака (марки предприятия) на готовых изделиях.

9. Систематический контроль за состоянием контрольно-измерительных средств на предприятии, а также за своевременным представлением их для государственной проверки.

10. Контроль за качеством изготовления изделий и инспектирование состояния находящихся в эксплуатации на предприятии инструмента и производственной оснастки.

11. Составление и предоставление директору предприятия на утверждение и своевременное выполнение графиков периодических (повторных) типовых испытаний серийных изделий в соответствии с требованиями ГОСТов, МРТУ, ТУ, а также проверок соблюдения требований важнейших технологических процессов.

12. Инспекторский контроль за соблюдением условий хранения на складах и в цехах предприятия комплектующих изделий, сырья, материалов и готовой продукции.

13. Осуществление учёта показателей качества выпускаемой продукции по всем подразделениям производства, работающим по системе бездефектного изготовления продукции и сдачи её ОТК и заказчику с первого предъявления.

14. Организация и внедрение прогрессивных методов контроля и оценки качества продукции.

15. Проведение не предусмотренных утверждённым технологическим процессом выборочных проверок качества готовой продукции, сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий, качества выполнения отдельных технологических операций и переходов, качества и состояния технологического оборудования и инструмента, условий производства, хранения и транспортировки продукции.

16. Участие в испытаниях новых и модернизированных образцов продукции, а также в согласованиях технической документации на эту продукцию с целью обеспечения условий для эффективного контроля её качества.

17. Участие в работах по подготовке продукции к аттестации и по техническому обеспечению проведения аттестации, осуществление контроля за соблюдением условий аттестации в процессе производства продукции.

18. Участие в подготовке договоров на поставку предприятию предназначенных для основного производства сырья, материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий и инструмента в части согласования условий приёмки их по качеству.

19. Разработка предложений о повышении требований к качеству изготавливаемой и потребляемой предприятием продукции, о совершенствовании нормативно-технической документации, устанавливающей эти требования, направленных на стимулирование выпуска продукции высокого качества и борьбу с выпуском недоброкачественной продукции [24].

Организация деятельности ОТК на предприятии «УДМЗ»

Проанализировав положения об отделе технического контроля были выявлены общие положения на «УДМЗ»:

1) отдел технического контроля является структурным подразделением Общества с ограниченной ответственностью «Уральский дизель-моторный завод» (ООО УДМЗ) и возглавляется начальником отдела;

2) начальник отдела технического контроля подчиняется непосредственно заместителю генерального директора по качеству;

3) в своей деятельности начальник отдела и персонал ОТК руководствуются:

- конституцией РФ и действующим законодательством РФ, в том числе трудовым;

- действующими нормами и правилами по охране труда, противопожарной безопасности и производственной санитарии;

- документами системы менеджмента качества, действующими на предприятии;

- положениями и другими локальными нормативными актами, издаваемыми Обществом;

- приказами и распоряжениями Генерального директора и заместителя генерального директора по качеству;

- правилами внутреннего распорядка;

- настоящим Положением;

- должностными инструкциями.

Так же была определена *цель технического контроля*:

- предотвращения выпуска и поставки Обществом потребителям и продукции несоответствующей по качеству или комплектации требованиям проектно-конструкторской и технологической документации.

Проанализированы *задачи ОТК*:

- контроль качества изготавливаемых Обществом деталей, узлов, агрегатов и готовых изделий, соответствия их требованиям действующей технической документации и эталонам;

- участие во внедрении системы бездефектного изготовления продукции;

- техническая приемка и испытания готовой продукции, проверка правильности оформления документов, удостоверяющих качество продукции, подписание этих документов, а так же участие в сдаче готовой продукции заказчику;

- контроль качества консервации упаковки и комплектности выпускаемой продукции;

- техническая приемка (контроль качества) поступающих на предприятие и поставщиков материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий для основного производства и оформление документов на их приемку по качеству;

- контроль качества ремонта металлообрабатывающего оборудования;

- технический учет и анализ брака, участие в изучении причин и разработке цехами и отделами мероприятий по ликвидации брака [23].

Была проанализирована структура и подчиненность, в соответствии с утверждённой организационной схемой, а так же учитывая объем и специфику функций ОТК в ее состав входят:

- бюро технического контроля внешней приемки;

- бюро технического контроля цеха Д-1;

- бюро технического контроля цеха Д-2;

- бюро технического контроля литейно-термического цеха (ЛТЦ);

- бюро технического контроля цеха СМ-2.

Начальнику ОТК непосредственно подчиняются:

- начальник БТК внешней приемки;

- начальник БТК цеха Д-1;

- начальник БТК цеха Д-2;

- начальник БТК литейно-термического цеха (ЛТЦ);

- начальник БТК цеха СМ-2.

Начальнику БТК цеха непосредственно подчинены:

- контрольный мастер;

- контролеры.

1.2. Организация технического контроля качества на предприятии

Организация контроля качества – это система технических и административных мероприятий, направленных на обеспечение производства продукции, полностью соответствующей требованиям нормативно-технической документации.

Технический контроль – это проверка соответствия объекта контроля установленным техническим требованиям. Объектом контроля может быть продукция или процесс ее создания, хранения, транспортирования, ремонта и соответствующая техническая документация.

Объект контроля характеризуется отдельными признаками, которые имеют количественную или качественную характеристики свойств объекта и должны контролироваться.

Под методом контроля понимаются правила применения определенных принципов и средств контроля. Организация и проведение технического контроля качества продукции является одним из основных элементов системы управления качеством продукции на стадиях производства и реализации.

Технический контроль – это проверка соответствия продукции или процесса, от которого зависит качество продукции, установленным стандартам или техническим требованиям.

Технический контроль является неотъемлемой частью производственного процесса, он выполняется различными службами предприятия в зависимости от объекта контроля. Например, контроль за правильным использованием стандартов, технических условий, руководящих материалов и другой нормативно-технической документации в процессе технической подготовки производства осуществляет служба нормоконтроля.

Контроль качества готовой продукции и полуфабрикатов своего производства осуществляет отдел технического контроля (ОТК).

Основной задачей технического контроля на предприятии является своевременное получение полной и достоверной информации о качестве продукции, состоянии оборудования и технологического процесса с целью предупреждения неполадок и отклонений, которые могут привести к нарушениям стандартов и технических условий.

Функции технического контроля определяются во многом задачами и объектами производства. Это – контроль за качеством и комплектностью выпускаемых изделий, учет и анализ возвратов продукции, дефектов, брака, рекламаций и др.

Главными задачами ОТК являются предотвращение выпуска продукции, не соответствующей требованиям стандартов. Технических условий, эталонов, технической документации, договорным условиям, а также укрепление производственной дисциплины, т.е. повышение ответственности всех звеньев производства за качество выпускаемой продукции.

В соответствии с указанными задачами ОТК выполняет следующие функции: планирование и разработку методов обеспечения качества продукции, контроль и стимулирование качества.

Совершенствование деятельности отделов и управлений технического контроля предприятий должно предусматривать в первую очередь создание, развитие и укрепление в рамках контрольных служб тех подразделений, которые способны эффективно решать следующие задачи:

- разработка и реализация мероприятий по профилактике брака в производстве, предотвращению возникновению отклонений от утвержденных технологических процессов, предупреждению сбоев в работе, приводящих к ухудшению качества выпускаемой продукции;

- разработка и внедрение прогрессивных методов и средств технического контроля, способствующих росту производительности и фонд вооружённости труда контролеров ОТК;

- объективный учет и комплексная дифференцированная оценка труда различных категорий персонала контрольной службы, определение достоверности результатов контроля;

- подготовка необходимых данных для последующей централизованной обработки информации о физическом состоянии и изменении основных условий и предпосылок производства высококачественной продукции, а также информации о достигнутом уровне качества выпускаемой продукции;

- проведение работ по расширению внедрения самоконтроля основных производственных рабочих (в частности, формирование перечня технологических операций, передаваемых на самоконтроль качества, оснащение рабочих мест необходимыми контрольно-измерительными приборами, инструментом, оснасткой и документацией, специальное обучение рабочих, выборочный контроль и т.д.);

- проведение специальных исследований динамики качества изделий в процессе их эксплуатации, предполагающих организацию эффективной информационной взаимосвязи между поставщиками и потребителями по вопросам качества продукции;

- планирование и технико-экономический анализ различных аспектов деятельности службы контроля качества продукции;

- координация работы всех структурных подразделений отделов и управлений технического контроля предприятия;

- периодическое определение абсолютной величины и динамики затрат на контроль качества продукции, влияния профилактичности, достоверности и экономичности технического контроля на качество изделий и основные 24 показатели деятельности предприятия, оценка эффективности работы контрольной службы. Организация технического контроля заключается:

- в проектировании и осуществлении процесса контроля качества; – в определении организационных форм контроля;

- в выборе и технико-экономическом обосновании средств и методов контроля;

- в разработке методов и систематическом проведении анализа брака и дефектов.

В зависимости от характера дефектов брак может быть исправимым или неисправимым (окончательным).

В первом случае изделия после исправления могут быть использованы по назначению, во втором – исправление технически производить невозможно или экономически не целесообразно. Устанавливаются виновники брака и намечаются мероприятия по его предупреждению.

Изготовление продукции стабильного высокого качества возможна только в условиях производства, построенного на прогрессивной технологии. Поэтому система управления качеством труда и продукции на предприятии требует выполнения нижеследующих мероприятий и условий:

а) тщательной обработки и корректировки технической документации, гарантирующей выпуск изделий высокого качества;

б) разработки и освоения технологических процессов, при выполнении которых обеспечивается производство продукции в строгом соответствии с конструкторской документацией (технологический процесс должен быть составлен так (кратко и однозначно), чтобы рабочий, мастер или контролёр могли обеспечить его выполнение, затратив на его изучение минимальное время, как правило, не прибегая к другим технологическим процессам и нормативным документам);

в) разработки и внедрения сопроводительной технологической документации, в которой должны фиксироваться данные о проверке качества мастерами и контролёрами в соответствии с требованиями чертежей и технологических процессов (операционный, окончательный контроль);

г) обеспечение систематической поверки точности используемого измерительного инструмента и контрольно-измерительных приборов, инструмента, оснастки и приспособлений и в случае их неисправности немедленного изъятия из производства;

д) обеспечения высокой культуры и надлежащего порядка на производственных участках, в цехах, в складских помещениях;

е) обеспечение производства соответствующими материалами и комплектующими изделиями, предусмотренными технической документацией (замена материалов и комплектующих на аналогичные может производиться только при условии, если она не приведёт к ухудшению качества продукции;

ж) ритмичной работы производства;

з) соответствия квалификации производственного персонала уровню требований, предъявляемых к данному труду, к данной продукции [23].

1.3. Автоматизация проектирования технологий контроля на координатно-измерительных машинах и системах

В настоящее время предприятия переходят на автоматизированное проектирование технологий контроля на координатно-измерительных машинах и системах.

Анализ тенденций развития машиностроительного комплекса показал, что обеспечение качества выпускаемой продукции в современном многономенклатурном производстве невозможно без гибких систем автоматизированного контроля. На машиностроительных предприятиях необходимо внедрять новые методы и средства контроля, в том числе наиболее эффективные на сегодняшний день координатные измерительные машины (КИМ), приборы и системы (КИС) различных компоновок и типоразмеров. Положенный в основу работы КИМ и КИС координатный метод измерения является наиболее универсальным и может эффективно применяться для автоматизированного контроля практи-

чески всех требуемых геометрических параметров широкой номенклатуры прецизионных деталей и инструментов (в том числе со сложнопрофильными поверхностями) [4].

Принципы координатных измерений

Принципиальная основа координатного метода измерения заключается в том, что любую поверхность или профиль можно представить состоящей из бесконечного числа отдельных точек и если известно положение в пространстве какого-то ограниченного числа этих точек (массив точек), т. е. определены их координаты, то по соответствующим формулам (алгоритмам) можно рассчитать размеры этих поверхностей (профилей) и отклонения формы, а также определить расположение поверхностей (профилей) в пространстве и между собой (координатные размеры и отклонения расположения) [2]. Можно выделить два взаимосвязанных технических комплекса, необходимых для выполнения координатных измерений и оказывающих влияние на их точность:

1. Аппаратная часть – это комплекс из оборудования, на основе интегрированных мехатронных модулей (механические узлы, электронные компоненты, программное обеспечение низшего уровня), измерительных устройств, калибровочной и вспомогательной оснастки, которые обеспечивают получение массивов значений координат отдельных точек, принадлежащих контролируемым поверхностям детали. В машиностроении широко используют КИМ и КИС различных типов с контактными и/или оптическими головками, а также контактные и лазерные измерительные головки для решения технологических задач при обработке на станках с ЧПУ. Качество проектных решений, точность изготовления и сборки измерительного оборудования напрямую влияет на величину погрешности определения координат измеряемых точек.

2. Программно-методическая часть – это базовый комплекс информационно-методических материалов (стандарты, технические условия, эксплуатационная документация, методики выполнения измерений), интеллектуальных ресурсов (уровень подготовки, практический опыт и навыки инженеров-

метрологов и операторов КИМ и КИС), специализированного метрологического программного обеспечения (ПО) для координатных измерений. Современное ПО для координатных измерений является многофункциональным, объединяет возможности САИ (computer-aided inspecting (автоматизированный контроль размеров) – обеспечивает режим управления измерительным оборудованием в «реальном» времени, функции получения и анализа измеренных данных, расчета заданных линейно-угловых параметров) и САИР (computer-aided inspection planning (автоматизированное планирование (проектирование процессов) контроля) – выполняется разработка и отладка технологий контроля) систем. Очевидно, что эффективность и достоверность процессов координатных измерений в равной степени зависит от технических и метрологических характеристик базовой аппаратной части КИМ и КИС и функциональности специализированного ПО.

2.ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНТРОЛЯ ДЕТАЛИ «ВТУЛКА»

2.1. Технологическое проектирование технического контроля

Технический контроль является неотъемлемой составной частью технологического изготовления, испытания и ремонта изделия. Технологическое проектирование технического контроля осуществляется в виде: систем технического контроля; процесса технического контроля; операции технического контроля.

Операции технического контроля разрабатывает для совокупности изделий и технологических процессов и устанавливают в технологической документации на процессы и операции технического контроля Систему технического контроля для гибких производственных систем, автоматических (автоматизированных) производств, автоматизированных систем управления технологическими процессами следует разрабатывать в виде системы автоматического (автоматизированного) контроля (САК).

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. При необходимости разрабатывают процесс технического контроля для отдельных исполнителей контроля и заказчика.

Операцию технического контроля разрабатывают для входного, операционного и приемочного контроля отдельных объектов контроля или контролируемых признаков (параметров): а также для операционного контроля технологического процесса получения материала, заготовки, полуфабрикатов, детали, сборочной единицы после завершения определенной технологической операции обработки (сборки).

Степень детализации системы, процессов, операции технического контроля в технологической документации устанавливают предприятия в зависимости от сложности объектов контроля, типа, вида и условий производства.

Технологическую документацию на системы, процессы, операции технического контроля согласовывают с отделом технического контроля предприятия изготовителя.

Технологическое проектирование технического контроля должно обеспечивать заданные показатели процесса контроля с учетом затрат на его реализацию и потерь от брака в производстве и при использовании продукции вследствие ошибок контроля или его отсутствия.

Устанавливаются обязательные показатели процесса контроля: производительность или трудоемкость контроля; характеристики достоверности контроля; комплексный экономический показатель. В зависимости от специфики производства и видов объектов контроля допускается использовать другие показатели процессов контроля (стоимость, объем, полнота, периодичность, продолжительность контроля и т.д.).

Методику расчета показателей процессов контроля и порядок их учета устанавливает предприятие-разработчик.

При анализе затрат на реализацию процесса контроля необходимо учитывать: объем выпуска и сроки изготовления продукции; технические требования к продукции; технические возможности средств контроля; затраты на приобретение средств контроля и поверочного оборудования и их эксплуатацию.

При анализе потерь от брака вследствие ошибок контроля или его отсутствия необходимо учитывать: уровень дефектности (долю брака) продукции, подвергающейся контролю; значимость дефектов по контролируемым признакам (критические, значительные и малозначительные); 5 потери от ложного брака вследствие ошибок контроля первого рода, возникающие в производстве; потери в производстве от пропуска брака вследствие ошибок контроля второго рода, а также потери у потребителя от пропуска брака вследствие ошибок кон-

троля второго рода; ущерб от поставки продукции не соответствующей установленным требованиям.

2.2. Описание конструкции и назначения детали

Деталь «Втулка» изготавливается из стали 38Х2МЮА. Детали подвергаются процессу ионно-плазменного азотирования, вследствие чего повышается износостойкость втулки и ресурс работы двигателя.

Сталь 38Х2МЮА применяется для изготовления штоков клапанов паровых турбин, работающих при температуре до +450 °С, гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания, игл форсунок, тарелок букс, распылителей, пальцев, плунжеров, распределительных валиков, шестерней, валов, втулок и других деталей, деталей ракетных и авиационных двигателей, деталей трубопроводов с закалкой в масло и отпуском в масле или в воде, азотируемых деталей авиастроения, цельнокатаных колец различного назначения. Сталь конструкционная высококачественная хромоалюминиевая с молибденом.

Расшифровка марки металла 38Х2МЮА: означает, что в стали содержится 0,38% углерода, Х2 – что содержится до 2% хрома, а что количество магния и алюминия не превышает 1%, буква А в конце свидетельствует о качестве стали и минимальном содержании вредной серы и фосфора не более 0,025% каждого.

Деталь имеет совокупность поверхностей, которые могут быть использованы в качестве технологических баз. Особых требований к точности размеров не предъявляется, за исключением нескольких диаметральных ров: $\varnothing 272f7_{-0.108}^{-0.056}$, $\varnothing 237g6_{-0.044}^{-0.015}$, $\varnothing 218H9_{-0.115}$, $\varnothing 238H13_{-0.720}$, $\varnothing 210H7^{+0.046}$, $\varnothing 236,5h13_{-0.720}$, $\varnothing 240g6_{-0.044}^{-0.015}$

Шероховатость наружных поверхностей имеет параметр Ra 1.25, но ряд поверхностей должен иметь параметр Ra 2.5.

С учетом выше сказанного конструкция детали является технологичной.

Назначение детали «Втулка». Втулка является направляющей движущегося поршня и образует вместе с головкой цилиндра полость, в которой осуществляется рабочий цикл.

Это одна из наиболее нагруженных деталей двигателя – втулка испытывает высокие температурные нагрузки, и колоссальное давление со стороны сгорающей смеси топлива и газов, и воздействие изнашивающих сил трения, а так же противостоит интенсивным коррозионным воздействиям. Поршень, перемещаясь внутри гильзы возвратно-поступательно, оказывает на ее рабочую поверхность значительное давление. В верхней части гильзы из-за изменения направления движения поршня происходит разрыв масляной пленки и возникает граничное трение. Кроме того, верхний пояс гильзы в результате воздействия продуктов сгорания высокой температуры подвергается электрохимической коррозии. В результате переменного давления со стороны рабочей полости цилиндра стенки гильзы, особенно при недостаточной толщине, могут совершать колебания в радиальном направлении. Это сопровождается изнашиванием и даже разрушением, как самой гильзы, так и стенок блока.

2.3. Описание конструкции измерительной машины «DELTA SLANT 255120»

Универсальные измерительные инструменты для контроля деталей чаще применяют в мелкосерийном и единичном производстве. Недостатком способа измерения является то, что точность измерений зависит от квалификации работников, то есть умения использовать измерительный инструмент и постоянный износ (истирание) рабочих поверхностей измерительного инструмента. Точность измерения обуславливается погрешностью выбранного инструмента, классом чистоты обработки измеряемой поверхности, степенью точности их формы и деформациями, происходящими при контакте измеряемой детали с измерительным инструментом.

В настоящее время на машиностроительных предприятиях крупносерийного производства, большую популярность получил контактный способ измерения геометрических параметров деталей с помощью соприкосновения ошупывающего элемента, сферического измерительного наконечника датчика касания, по координатам положения которого получают числовую модель детали или отдельных поверхностей, ограничивающих ее. Такие измерения проводятся на координатно-измерительной машине DEA Delta Slant.



Рисунок 1 – Координатно-измерительная машина «DELTA SLANT 255120»

Таблица 1 – Технические характеристики

Диапазон измерений (в мм)		
X	Y	Z
2500 – 3000 – 3500 – 4000	3300 – 5100 – 6300 – 8000	2000 – 2500 – 3000
Погрешность (μm): $\text{MPE}_E = \text{от } 3.8 + 3.5 L/1000$		

Машины модели DEA Delta Slant – это машины серии порталных КИМ.

Портальная архитектура машины является идеальным техническим решением для всех измерительных приложений при измерениях параметров крупногабаритных корпусных деталей, узлов и целых изделий, применяемых в

машиностроительном производстве. Простота загрузки и совместимость с системами транспортировки деталей упрощают доступ к измерительной зоне, а высокие эксплуатационные параметры и параметры точности мирового уровня являются только некоторыми из наиболее отмечаемых способностей порталных машин серии DEA.

Средства конструктивной температурной компенсации, кожухи для термоизоляции, а также встроенная система принудительной циркуляции воздуха в станине машины обеспечивают возможность применения и достижение высоких эксплуатационных показателей в условиях эксплуатации при изменении температуры окружающей среды в диапазоне от 18 °С до 22 °С .

Основным преимуществом современных КИМ является возможность полной автоматизации как на этапе реализации координатного метода измерений, так и на этапе обработки результатов этих измерений.

Типы элементов, которые можно измерить на координатно-измерительной машине:

- точка;
- прямая;
- окружность;
- цилиндр;
- конус;
- сфера.

Типы размеров, которые измеряет КИМ:

а) Положение – с его помощью можно определить координаты центра; для тел вращения можно определить диаметр или радиус, а для конуса – угол при вершине.

б) Позиционное отклонение – отклонение реального расположения элемента от его номинального расположения.

в) Расстояние – позволяет определить расстояние между объектами.

г) Угол – позволяет вычислить угол между двумя элементами, либо между элементом и осью координат.

д) Отклонение от концентричности – расстояние смещения профилей в форме окружностей лежащих на контрольной плоскости.

е) Отклонение от соосности – расстояние между осями элементов, которые в номинале должны совпадать.

ж) Отклонение от параллельности – разность наибольшего и наименьшего расстояний между осью (прямой) и плоскостью на длине нормируемого участка.

з) Отклонение от перпендикулярности – это отклонение угла между плоскостями, плоскостью и прямой, плоскостью и прямой в заданном направлении, оси или прямой относительно плоскости от угла 90 градусов.

и) Отклонение наклона – это отклонение угла между осью поверхности вращения или базовой плоскости от номинального угла, выраженного в линейных единицах измерения на длине нормированного участка.

к) Радиальное биение – биение окружности (контролируемый элемент) относительно базы (прямая, цилиндр или конус).

л) Полное биение – биение, в котором контролируемый элемент может быть плоскостью, цилиндром, конусом, сферой, а базовые элементы – прямая, цилиндр, конус.

Измерение отклонений формы:

а) Отклонение от круглости – геометрическая величина, численно равная наибольшему расстоянию от точек реального профиля до прилегающей окружности.

б) Отклонение от цилиндричности – наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка.

в) Отклонение от прямолинейности:

1) отклонение от прямолинейности в плоскости – наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей прямой в пределах нормируемого участка;

2) отклонение от прямолинейности оси (или линии) в пространстве-наименьшее значение диаметра цилиндра, внутри которого располагается реальная ось поверхности вращения (линия) в пределах нормируемого участка;

3) отклонение от прямолинейности оси (или линии) в заданном направлении- наименьшее расстояние между двумя параллельными плоскостями, перпендикулярными к плоскости заданного направления, в пространстве между которыми располагается реальная ось поверхности вращения (линия) в пределах нормируемого участка.

г) Отклонение от плоскостности – наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка .

д) Отклонение от симметричности – наибольшее расстояние между плоскостью (осью) рассматриваемого элемента (или элементов) и плоскостью симметрии базового элемента (или общей плоскостью симметрии двух или нескольких элементов) в пределах нормируемого участка .

Назначение КИМ

Машины трехкоординатные измерительные DEA Delta (далее КИМ) представляют собой стационарные машины порталной конструкции и предназначены для измерений геометрических размеров деталей сложной формы средних и крупных размеров, отклонения формы и расположения поверхностей элементов деталей.

Описание

Машины координатно-измерительные DEA Delta выпускаются двух модификаций Classic и PERFORMANCE, каждая из которых имеет несколько типоразмеров, отличающихся друг от друга диапазоном измерений и точностными характеристиками.

Неподвижная часть измерительной машины состоит из двух рядов опор (в каждом ряду две или более колонны, в зависимости от длины хода оси Y). Два ряда опор поддерживают стальные продольные балки, по которым ходит портал (главная каретка). Стальные опоры монтируются в железобетонный фундамент, устроенный в полу помещения на месте установки.

Подвижная часть измерительной машины состоит из портала, центральной каретки и пиноли: Портал, представляющий собой балку, скользит вперед и назад по продольным балкам, образуя, таким образом, ось Y машины.

Центральная каретка движется вдоль балки портала, образуя, таким образом, ось X . Колонна, с узлом крепления внутри центральной каретки, движется перпендикулярно траверсе, образуя ось Z .

Три оси машины перемещаются независимо друг от друга, что позволяет щупу свободно перемещаться в любом направлении в пределах диапазона измерений. Диапазон измерений представляет собой параллелепипед, стороны которого направлены так же, как и оси измерительной машины и имеют ту же самую длину, что и ход осей машины (величина хода оси Y определяет также количество используемых опор).

Система координат машины состоит из трех осей X , Y и Z прямоугольной системы координат, начало отсчета которой находится в заднем верхнем левом углу зоны измерения.

Все оси машины снабжены двигателями; оси всегда перемещаются под контролем системы управления и могут управляться программным обеспечением или оператором с портативного терминала, подключенного к системе управления. Оси X и Z приводятся в движение ременной передачей, управляемой двигателем постоянного тока. Ось Y приводится в движение механизмом реечной передачи.

Измерительная машина DEA Delta имеет стандартную функцию линейной термокомпенсации. На каждой из осей X и Z установлено по два температурных датчика. Ось Y имеет четыре датчика (по два на каждой продольной

балке). Кроме того, в силу конструктивных особенностей, Delta поглощает удлинение осей X и Y, вызываемое градиентом температуры.

Модификации машины DEA Delta являются системами двойного считывания (DUAL READ), т.е. имеют оптическую шкалу и считывающее устройство на каждой из двух продольных балок оси Y.

Крестообразная траверса измерительной машины может оснащаться разными типами головок, например, 5-ходовой головкой, запястьем (робота) с непрерывным перемещением CW43L, механизированной головкой TESA или PH10xx. Измеряемые детали могут располагаться на опорах, паллетах или непосредственно на полу.

Обе модификации машины CLASSIC и PERFORMANCE механически и функционально идентичны, за исключением материала, из которого изготовлена пиноль (алюминий для модификации CLASSIC и металлокерамика для PERFORMANCE).

Более высокая точность модификации PERFORMANCE достигается как за счет более плавного разгона, так и за счет керамической пиноли. Любая модификация может поставляться в цеховом исполнении (опция SF), что обеспечивает измерительные характеристики машины в более широком диапазоне температур.

Перемещение портала и траверсы осуществляется на воздушных подшипниках. Система воздушных подшипников обеспечивает поддержку и перемещение подвижных частей осей (портала, центральной каретки и траверсы) без трения. Подвижные части поддерживаются потоком сжатого воздуха, подающегося от блока управления пневматикой и направляемого в воздушные подшипники. Блок управления пневматикой измеряет минимальное давление на входе в контур питания воздушных подшипников и активирует приводные двигатели осей только в том случае, если давление воздуха достаточно.

Оси X и Z оснащены линейными оптическими преобразователями, состоящими из оптической шкалы и датчика положения, который с микрометриче-

ской точностью определяет координату оси и считывает перемещение. Ось Y имеет два преобразователя, каждый из которых состоит из оптической шкалы, прикрепленной к продольной балке, и оптического считывающего устройства, установленного на соответствующем фланце (функция DUAL READ).

Измерения проводятся в ручном и автоматическом режимах. Ручной режим управления перемещением головки осуществляется при помощи пульта управления. В режиме ЧПУ управление осуществляется с помощью компьютера. В процессе работы КИМ на экран монитора выводится трехмерная САД модель, положение щупа в реальный момент времени, расположение измеряемых точек и величина отклонений расположения от заданных величин.

Условия проведения измерений на КИМ и подготовка к ним

При проведении измерений должны быть соблюдены следующие условия:

- 1) температура воздуха – (20 ± 2) °С;
- 2) относительная влажность воздуха от 60 до 80 %;
- 3) атмосферное давление (100 ± 4) кПа, (750 ± 30) мм. рт. ст.

Параметры окружающей среды должны вноситься в журнал.

Цех (отдел) предоставляющий детали для проведения измерений должен предварительно провести обезжиривание поверхностей детали с целью удаления имеющихся масляных и иных загрязнений. Детали на измерения представляются в чистом виде, без наличия заусенцев, надиров, наплывов и вмятин.

Перед проведением измерений должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- 1) поверхность детали должна быть протерта салфеткой из мягкой ткани, смоченной ректифицированным этиловым спиртом по ГОСТ 17299-77 марка А;
- 2) для удаления загрязнения перед началом работы протрите следующие поверхности КИМ мягкой тканевой салфеткой смоченной в спирте:
 - а) поверхность гранитной плиты;
 - б) поверхность измерительного щупа;

в) поверхность калибровочных сфер.

для выравнивания температуры окружающей среды и температуры детали, она должна быть выдержана в помещении КИМ не менее 2 часов.

Детали, предоставляемые на измерения от цехов принимать строго по заявкам. Заявки вносятся в журнал регистрации.

Детали, прошедшие контроль на КИМ и соответствующие требованиям КД помечаются зеленым ярлыком с указанием на ярлыке номера протокола измерений, детали не соответствующие требованиям КД помечаются красным ярлыком с указанием на ярлыке номера протокола измерений.

Все протоколы измерений должны храниться в базе в электронном виде, а также в бумажном виде в КИП.

Все щупы, измерительные датчики, и прочий инструмент должны храниться в специальных футлярах.

Порядок включения координатно-измерительной машины

1. Убедитесь, что на пути перемещения КИМ отсутствуют какие-либо препятствия, способные вызвать столкновение щупа или пиноли с деталью или другим препятствием.

2. Убедитесь в правильном подсоединении пневмо- и электропитания КИМ.

3. Включите компрессор.

4. Откройте вентиль подачи воздуха из заводской системы на КИМ.

5. Убедитесь в наличии достаточного давления (не менее 4 бар) для работы КИМ на манометре блока воздушного фильтра/регулятора.

6. Проверьте состояние, в котором находятся кнопка аварийной остановки расположенная на пульте дистанционного управления. При её нахождении в нажатом состоянии необходимо произвести её разблокировку путем поворота кнопки по часовой стрелке.

7. Включите все источники электропитания.

8. Включите контроллер ВЗС-ЛС, находящийся с тыльной стороны компьютерного стола, нажатием кнопки питания, расположенной с правого торца контроллера в положении «I» (ВКЛ), после чего начинается загрузка данных контроллера, которая завершается после прекращения свечения светодиода кнопки «Machine start» пульта дистанционного управления КИМ.

9. Включите монитор нажатием кнопки расположенной в нижнем правом углу панели, включите принтер.

10. Включите системный блок кнопкой — **O**

11. После загрузки заставки управляющей программы PC-DMIS на экране появляется запрос о текущем файле щупа. Нажимаем «ОК».

12. Далее выводится окно PC-DMIS с командой «Нажмите» «Machine start», (если нужно) и затем нажмите ОК для аннулирования», после появления которого следует запустить КИМ путем нажатия и недлительного удержания кнопки «Machine start» в правом нижнем углу пульта дистанционного управления до появления свечения светодиода «Machine start», после чего необходимо нажать кнопку «ОК» запроса компьютера. КИМ начнет движение в свое нулевое положение.

После выполнения описанных действий КИМ готова к выполнению измерений.

Порядок выключения координатно-измерительной машины

1. После закрытия текущего файла программы и самой программы PC-DMIS производим выключение принтера, системного блока, а затем монитора.

2. Выключаем контроллер ВЗС-ЛС нажатием кнопки «O» (ВЫКЛ), находящийся с правого торца котроллера.

3. Открыть поплавковые клапаны для сброса давления и их очистки от загрязнения накопившегося в процессе работы, которые находятся в левом нижнем углу КИМ с тыльной стороны.

4. Произвести общее отключение электропитания.

5. Перекрыть подачу воздуха из заводской системы на КИМ.

б. Спустить с компрессора воду, выключить компрессор [18].

Порядок организации и проведения измерений

После запуска программного обеспечения PC-DMIS необходимо создать новую измерительную программу либо вызвать сохраненную программу для аналогичных деталей. Для создания новой измерительной программы необходимо войти в меню «ФАЙЛ», находящееся в левом верхнем углу панели управления и выбрать строку «новый». В запросе компьютера, появившемся после этого указать имя программы (ИМЯ ФАЙЛА) и нажать кнопку «ОК». Далее необходимо выбрать конфигурацию измерительного щупа с проведением последующей калибровки посредством калибровочных сфер либо загрузить имеющийся файл щупов для использования в измерительной программе. Для вызова имеющейся измерительной программы необходимо войти в меню «ФАЙЛ» и вызвать функцию «ОТКРЫТЬ», после чего из имеющегося списка файлов выбрать необходимый и открыть его нажатием кнопки «OPEN». Дальнейшие действия по организации, редактированию, запуску новой измерительной программы выполняются в соответствии с руководством пользователя PC-DMIS CAD ++ 2015.

Щупы для КИМ

В отличие от многих приборов для линейных измерений у всех КИМ только один элемент контактирует с измеряемой поверхностью – сферический наконечник (шарик) щупа. Поэтому выпускают много вариантов щупов примерно одинаковой конструкции, которые позволяют контролировать различные наружные и внутренние поверхности, зубчатые колеса, блоки двигателей внутреннего сгорания и т.п. В конструкции щупа много ограничений. Щуп крепится на чувствительном элементе датчика касания. Поэтому он не может быть тяжелым. Кроме того, если щуп будет тяжелым, то при быстрых перемещениях пиноли КИМ он может отрывать чувствительный элемент датчика касания от опор и вносить дополнительную погрешность.

Большинство щупов имеют аналогичную и довольно слабую конструкцию (рисунок 2).

Щуп состоит из стержня, на одном конце которого крепежная резьба М2, М3, М4 или М5, на другом измерительный наконечник (сферический шарик). Шарик выполняют из стали, искусственного (синтетического) рубина или нитрида кремния. Отклонение шарика от сферической формы до 0,13 мкм.

Рубин относится к материалам, имеющим самую высокую твердость, и является оптимальным материалом для изготовления шарика щупов для обширного ряда измерительных задач. Рубиновые измерительные наконечники применяют и в других измерительных приборах.

Синтетический рубин представляет собой 99%-ную окись алюминия, кристаллы которого выращиваются при 2000°С с использованием метода Вернейля. Затем кристаллы режутся и обрабатывают до достижения ими точной сферической формы. Рубиновые шарики имеют исключительно гладкую поверхность, большую прочность на сжатие и высокую стойкость к механической коррозии.

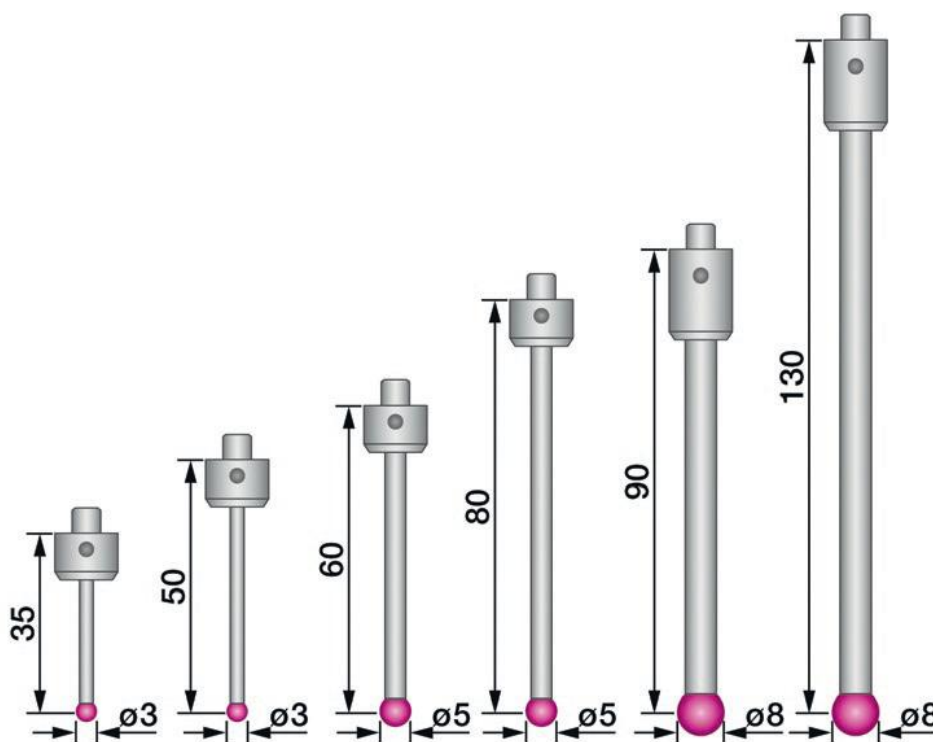


Рисунок 2 – Щупы

Рубин является наилучшим материалом для шарика, однако существует два случая, в которых рекомендуется использовать шарики из других материалов.

Первый случай относится к сканированию по алюминию. Из-за притяжения материалов может возникать адгезионный износ, при котором на шарике происходит нарастание алюминия, переходящего с контролируемой поверхности. В этих случаях лучшим материалом для изготовления шарика является нитрид кремния.

Второй случай относится к сканированию по чугуноу. Взаимодействие между двумя материалами может привести к «абразивному износу» поверхности рубинового шарика. Для таких задач рекомендуется использовать шарики из циркония.

Многие свойства нитрида кремния сходны со свойствами рубина. Это очень твердый и износостойкий керамический материал, из которого при обработке можно получать сферы высокой точности. Поверхность шарика может быть дополнительно отполирована. Нитрид кремния не притягивает частицы алюминия, в связи с чем, в отличие от рубина, не подвержен адгезионному износу. Однако нитрид кремния имеет значительный абразивный износ при сканировании по стальным поверхностям, поэтому область его применения ограничивается, главным образом, алюминием.

Цирконий представляет собой исключительно прочный керамический материал, по твердости и износу мало уступающий рубину. Благодаря своим поверхностным свойствам этот материал идеально подходит для выполнения сканирования в жестких условиях на деталях из чугуна.

Стержни щупов изготавливают из нержавеющей стали, керамики, углеклестика. Более толстые стержни изготавливают полыми.

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 длин стержня, 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 датчика касания от повреждения при столкновении с препятствием, поскольку при этом происходит разрушение стержня.

Углеродное волокно обладает оптимальными характеристиками жесткости как в продольном направлении, так и при кручении (что важно для конструкций стержня по схеме звезда) при исключительно малом весе. Углеродное волокно идеально для получения максимальной жесткости в сочетании с очень малым весом щупов длиной более 50 мм. Это оптимальный материал для стержня в случае прецизионных датчиков, использующих технологию тензометров. Он отличается превосходными характеристиками, определяющими демпфирование колебаний, и пренебрежимо малым коэффициентом термического расширения.

Точность измерений КИМ во многом зависит от длины щупа. Чем короче щуп, тем выше точность измерения. Калибровку КИМ и погрешности, указанные в спецификации определяют со щупами длиной 10 или 30 мм. С увеличением длины щупа погрешность измерения увеличивается. Поэтому при выборе длины щупа всегда следует брать щуп наименьшей длины, пригодный для из-

мерения данной детали. Шарик щупа следует выбирать наибольшего диаметра. При большем размере шарика увеличивается зазор между шариком и стержнем и, тем самым, снижается вероятность ложных срабатываний датчика касания, вызванных случайным касанием измеряемой поверхности стержнем. Шарик большего размера снижает влияние качества обработки поверхности исследуемого компонента (уменьшает влияние шероховатости поверхности).

На многих КИМ при измерении сложных деталей, например, блока цилиндров) применяют автоматическую смену разных щупов. Для этого на столе КИМ устанавливают устройство, на котором висят щупы.

Эти щупы имеют особую конструкцию (рисунок 3). Состенно щуп закрепляется на пластинке, на которой установлены три шара, расположенные под углом 120° . На датчике касания установлены три призмы тоже под углом 120° и постоянные магниты. Магниты фиксируют шары в призмах на головке с небольшим усилием, но большим контактного усилия щупа. Это позволяет легко менять щупы без применения инструмента, в том числе автоматически в процессе измерения, а также предохраняет щуп от поломки при случайном столкновении с измеряемой деталью.

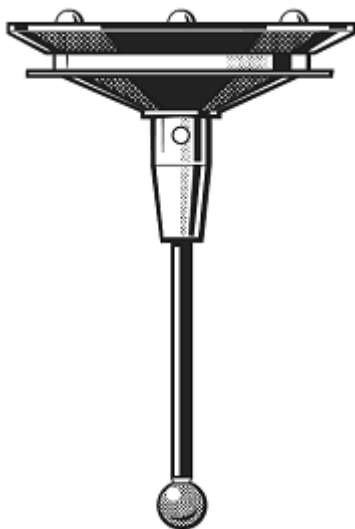


Рисунок 3 – Сменный щуп с фиксирующими шарами

Применяют много сменных щупов различной конфигурации и длины (до 500-800 мм).

При применении щупов небольшой длины датчик касания снабжен механической пружиной, создающей небольшое контактное усилие, при использовании длинных и тяжелых щупов (до 500-800 мм) датчик касания снабжают «электронной пружиной» в виде линейного электродвигателя, обеспечивающего практически постоянное контактное усилие при любом размере и весе щупа.

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.

Порядок создания сканирования по сечению:

- 1) Убедитесь в том, что контактный или аналоговый щуп включен;
- 2) Переведите PC-DMIS в режим КИМ;
- 3) Выберите вставить → сканирование → сегмент в подменю. Появится диалоговое окно сканирование сегмента;
- 4) Введите имя сканирования в окне ИД, если вы сами хотите задать имя;
- 5) Выберите подходящий тип сечения для первого направления из списка «метод направление 1» и, в зависимости от выбранного метода, введите соответствующие значения приращения и угла в имеющиеся окна максимальное и минимальное приращение, максимальный и минимальный углы;
 - 6) Если сканирование пересекает несколько поверхностей, попробуйте выбирать поверхности с помощью флажка «выбрать»;
 - 7) Добавьте точку 1 (начальная точка), точку D (направление для сканирования) и точку 2 (конечная точка) для выполнения сканирования по сечению. При этом будет выбрана линия, сканирование которой вы хотите выполнить. Выберите данные точки в соответствии с подходящей процедурой, описываемой в теме «область граничные точки»;
 - 8) Воспользуйтесь кнопкой «разрезать CAD». При этом сканирование будет разрезано на сегменты и будут показаны места, которые PC-DMIS пропустит из-за препятствий (таких как отверстия) на поверхности. Для повторного просмотра граничных точек можно нажать кнопку «показать грань»;
 - 9) Выполните следующее в области положение сегмента:
 - в списке «ось» выберите ось, по которой будет осуществляться приращение последующих сканирований по сечению;
 - введите желаемое значение положения для этой оси, которое вы хотите использовать для всех граничных точек;

– введите значение приращения в окне приращение. Это значение используется PC-DMIS для смещения сканирования после щелчка по кнопке «создать»;

10) Выберите подходящий тип точечных измерений из списка «тип точки» в области «управление точками»;

11) Выполните необходимые изменения векторов в области «начальные векторы». Это можно сделать, щелкнув два раза по вектору и выполнив изменения в диалоговом окне «редактирование объекта сканирования»; после этого нажмите ОК для возврата к диалоговому окну «сканирование сегмента»;

12) Выберите подходящий режим номиналов из списка «номиналы в области метод номиналов»;

13) Введите значение допуска, которое компенсирует радиус щупа, в окне «допуск области метод номиналов»;

14) Выберите подходящий режим выполнения из списка «выполнить в области» → «элементы управления выполнением»;

15) При использовании тонкой детали введите толщину детали в окне «толщина» во вкладке «графика»;

16) При необходимости установите флажки в областях вкладки «выполнение»;

17) При использовании аналогового щупа рекомендуется использовать вкладку «контрольные точки» для оптимального выполнения сканирования;

18) Нажмите кнопку «создать» в области «теоретическая траектория», вкладка «определения траектории» для создания предварительного просмотра сканирования на модели CAD в графическом окне. При создании сканирования сегмента PC-DMIS начнет сканирование в начальной точке и будет следовать выбранному направлению, пропуская отверстия, до тех пор, пока не достигнет граничной точки;

19) При необходимости вы можете удалить отдельные точки, выбрав их по одной в области «теоретическая траектория» и нажав клавишу «DELETE»;

20) При желании можно использовать область «траектория сплайна» в той же вкладке для подгонки теоретической траектории к траектории сплайна;

21) Выполните дополнительную модификацию сканирования по мере необходимости;

22) Щелкните на кнопку «создать». PC-DMIS вставляет сканирование в окно редактора;

23) После того, как сканирование было создано, PC-DMIS сместит граничные точки по выбранной оси на заданную величину приращения. В окне графического дисплея будут отображены новые границы, и диалоговое окно «сканирование по сечению» станет снова доступным для создания другого сканирования по сечению.

Фрагмент управляющей программы для сканирования представлен на рисунке 4.

В результате, получается готовая программа обмера детали, по которой производится процесс измерения в соответствии с требуемыми параметрами, заданными чертежом, все элементы, которые строит машина, отображаются в графическом окне, любые корректировки, связанные с измерением можно производить в окне управляющей программы.

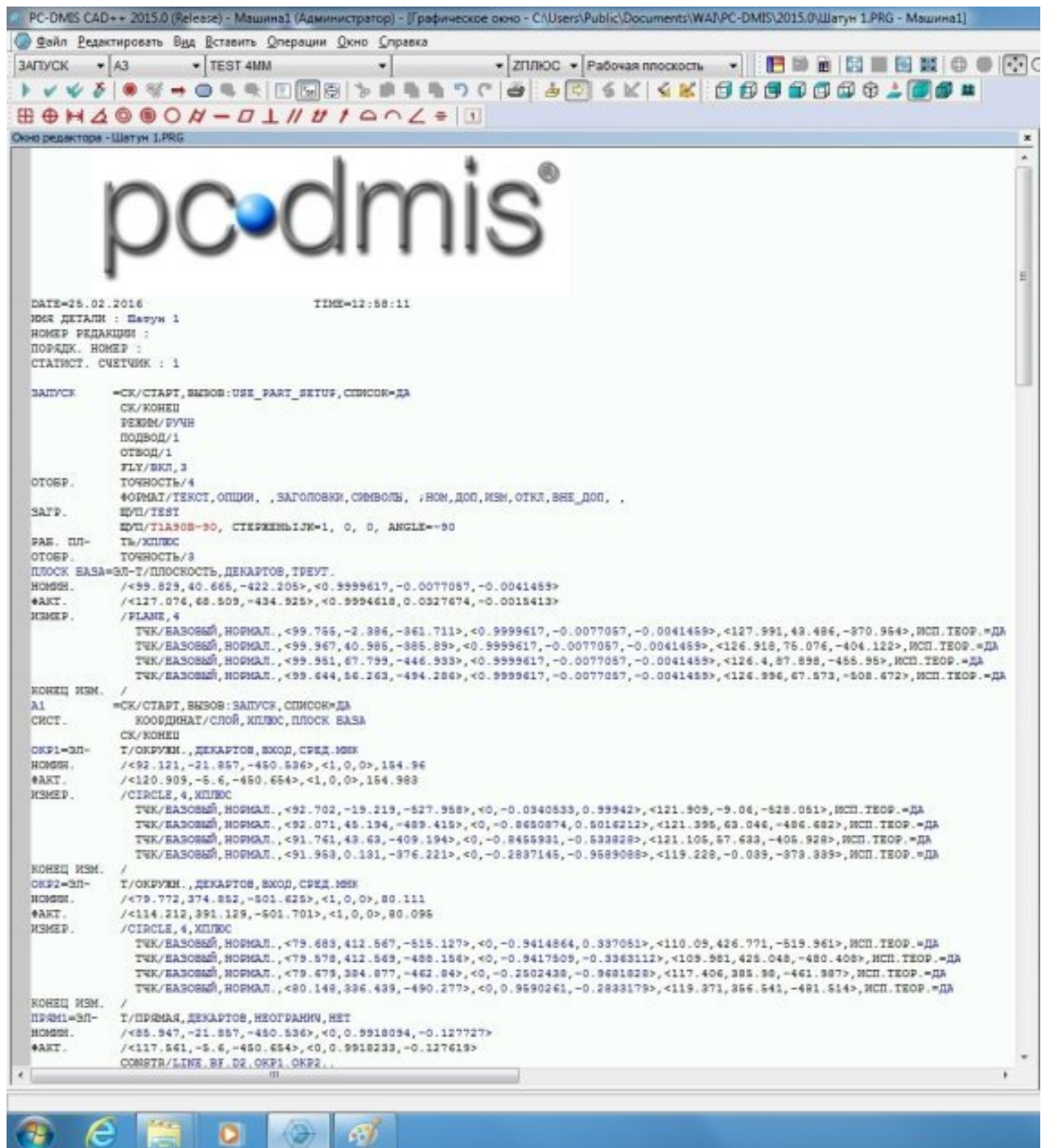


Рисунок 4 – Фрагмент управляющей программы

2.4. Разработка процесса входного контроля и методики измерения детали «Втулка» на координатно-измерительной машине DEA Delta Slant

Разработаем процесс входного контроля детали «Втулка». Определим контролируемые параметры, выберем средства измерения и контроля.

Процесс входного контроля детали «Втулка» состоит из следующих операций:

1. Проверка внешнего вида детали (визуально).
2. Проверка марки материала (по документации).
3. Проверка шероховатости. Средство контроля – образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.
4. Проверка фасок – $1,6 \times 45^\circ$; радиусов скруглений R6. Средства контроля – шаблоны ГОСТ 10948-64.
5. Измерение контролируемых параметров детали. Средство измерения – координатно-измерительная машина DEA Delta Slant 255120.

В процессе работы были определены типовые детали, которые изготавливаются на предприятии или приобретаются в качестве комплектующих и используются при сборке узлов и машин, был установлен, исходя из их геометрических параметров, подлежащих измерению на КИМ.

Перечень типовых деталей и узлов для измерения геометрических параметров на координатно-измерительной машине

Перечень типовых деталей и узлов для измерения геометрических параметров на КИМ представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень типовых деталей для измерения на КИМ

Название детали	Номер по чертежу
1	2
Головка	0330-05-001-1
Головка в сборе	0330-05-010-7

Окончание таблицы 2

1	2
Головка в сборе	0330-05-010-9
Корпус маслофильтра	0330-36-002-5/030-6
Корпус маслофильтра	0330-36-002-5/040-6
Агрегатная коробка	0390-21-001-1
Крышка агрегатной коробки	0390-21-002-1
Крышка агрегатной коробки	0390-21-020-8
Втулка	0390-04-038-8F
Корпус	0390-22-001-5
Крышка	0360-22-020
Крышка	0360-33-002
Крышка	0390-27-071-1
Крышка	0360-34-002
Корпус	0330-33-001-5/020-5

Условия проведения измерений и подготовка к ним

Согласно инструкции ТИ-002-2016 при проведении измерений должны быть соблюдены следующие условия:

- температура воздуха – (20 ± 2) °С;
- относительная влажность воздуха от 60 до 80 %;
- перед началом работы протереть поверхность измерительного щупа и калибровочной сферы салфеткой из мягкой ткани, смоченной этиловым спиртом по ГОСТ 17299-77 марка А.

- измерительные поверхности детали протирают сухой салфеткой из мягкой ткани.

Цех (отдел) предоставляющий детали для проведения измерений должен предварительно провести обезжиривание поверхностей детали, с целью удаления имеющихся масляных и иных загрязнений. Детали на измерения представляются в чистом виде, без наличия заусенцев, надиров, наплывов и вмятин.

Перед проведением измерений деталь выдерживают до начала измерений в помещении, где проводят испытания КИМ, в рабочем положении в течение 2 часов.

Алгоритм методики измерения Втулки 0390-04-038-8F на координатно-измерительной машине DEA Delta Slant 255120 (рисунок 5)

В работе была разработана методика измерения втулки на координатно-измерительной машине, которая включает последовательность следующих операций:

– подготовить втулку для измерения согласно пункту 2 и установить деталь на рабочую плиту для измерения;

– откалибровать измерительный щуп согласно краткому руководству пользователя ким DEA Delta Slant. если результаты калибровки не превышают пределов допустимой погрешности, то продолжаем программу измерения втулки, если результаты – превышают пределов допустимой погрешности, то измерительный щуп калибруем снова;

– после калибровки щупа нужно базировать деталь в ручную, что бы машина запомнила нахождение детали в пространстве и в автоматическом режиме выполнила программу измерений;

– запустить программу измерения детали по алгоритму программы измерительной машины согласно программе обмера и эскизу детали «Втулка»;

– сформировать протокол измерения и установить соответствие детали требованиям конструкторской документации;

– предоставить протокол измерения заказчику.

Программа обмера втулок 0390-04-038-8F (рисунок 6) на трехкоординатной измерительной машине DEA Delta Slant 255120.

Для разработки программы обмера втулки, был проанализирован чертеж детали и выбраны наиболее ответственные размеры, а именно:

Внутренний диаметр $\varnothing 210$, необходимо проконтролировать данный размер на высоте – 365, 230 и 100 мм;

Диаметры посадочных поясков: $\varnothing 237$, $\varnothing 240$, необходимо проконтролировать на высоте – 30 и 153 мм;

Размеры верхнего бурта: $\varnothing 218$ и 4,85, необходимо проконтролировать на высоте – 398 мм;

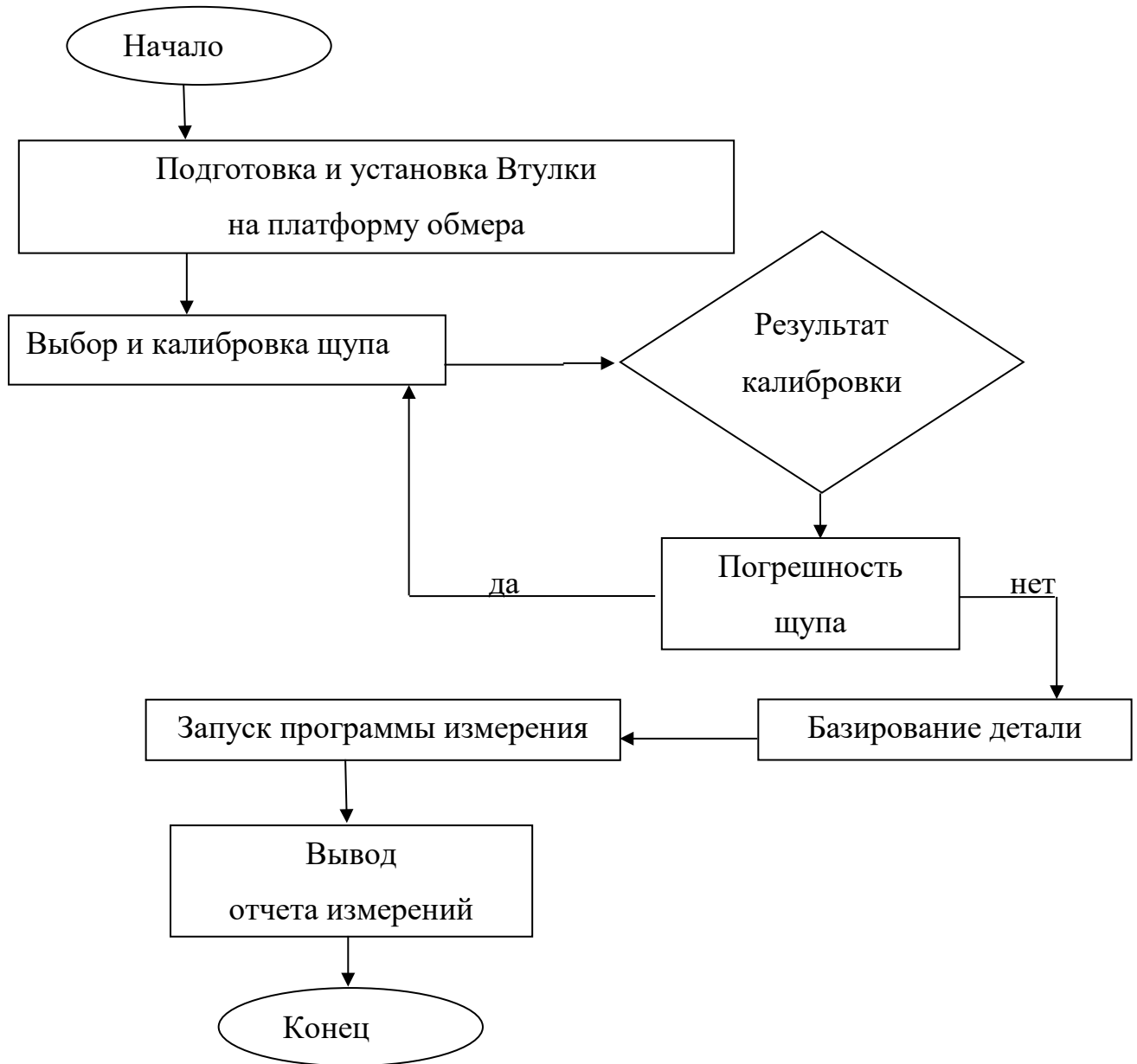


Рисунок 5 – Алгоритм измерения на КИМ

Размеры опорного бурта: $\varnothing 272$ и 125, необходимо проконтролировать на высоте – 385 мм;

Размеры верхних канавок: $\varnothing 232$ и 6, необходимо проконтролировать на высоте – 158,2 и 148,2 мм;

Размеры нижней канавки: $\varnothing 229$ и 6, необходимо проконтролировать на высоте – 38,2 мм.

Так же для каждого размера было выбрано определенное количество точек, по которым будет проводиться обмер данной детали.

Программа обмера детали «Втулка» приведена в приложении Б.

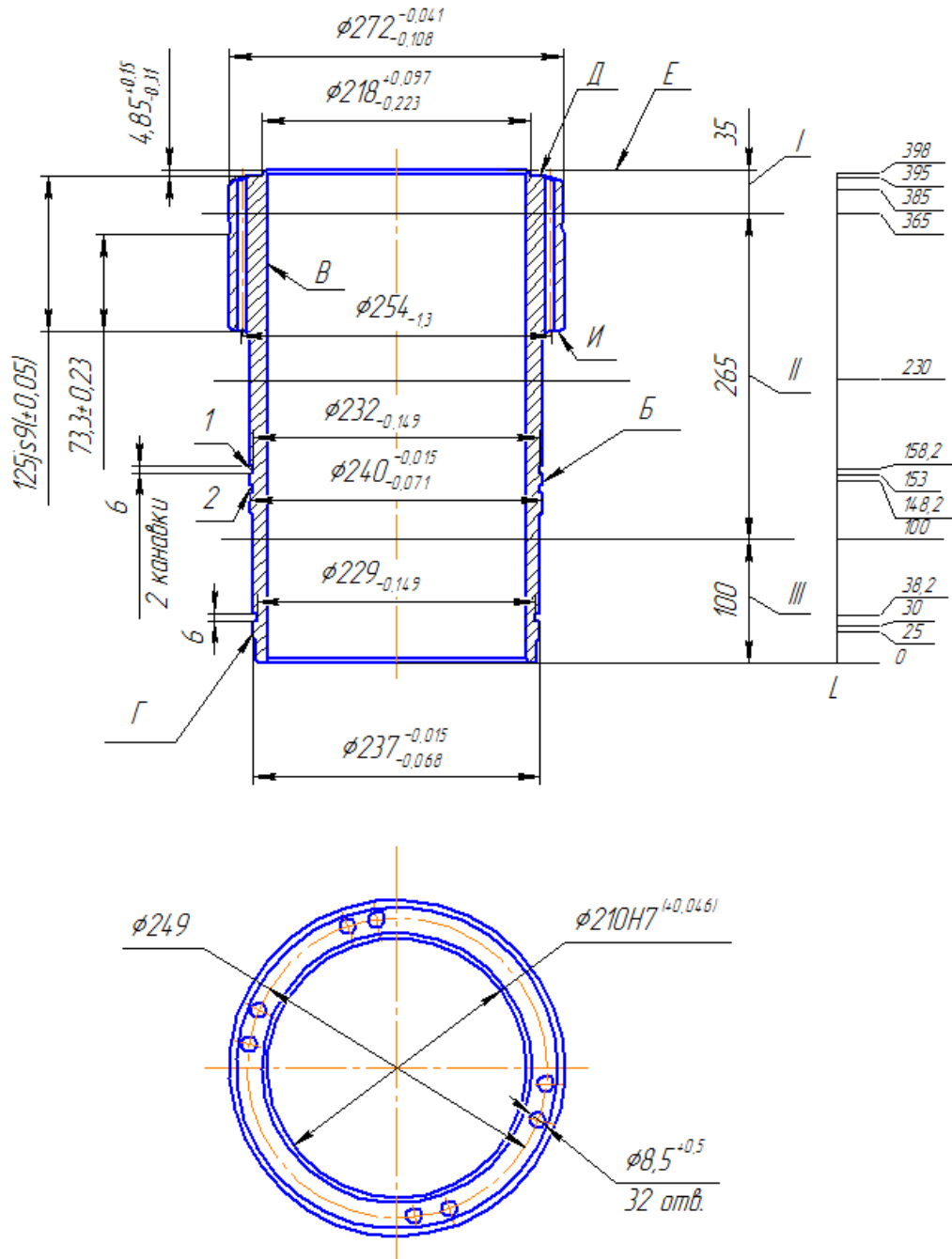


Рисунок 6 – Эскиз детали «Втулка»

3. МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1. Повышение квалификации работников на предприятии

На производстве «ООО Уральский дизель-моторный завод» наблюдается дефицит квалифицированных специалистов, так как на предприятии нет учебно-го центра, отдел по работе с персоналом, вынужден находить организации оказывающие услуги по подготовки, либо переподготовки специалистов в области метрологии. Чаще всего в роле таких организаций выступают компании, выпускающие КИМ, которые напрямую сразу обучают работе на своих машинах.

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

Профессиональное обучение направлено на приобретение лицами различного возраста профессиональной компетенции, в том числе для работы с конкретным оборудованием, технологиями, аппаратно-программными и иными профессиональными средствами, получение указанными лицами квалификационных разрядов, классов, категорий по профессии рабочего или должности служащего без изменения уровня образования.

Под профессиональным обучением по программам повышения квалификации рабочих и служащих понимается профессиональное обучение лиц, уже имеющих профессию рабочего, профессии рабочих или должность служащего, должности служащих, в целях последовательного совершенствования профессиональных знаний, умений и навыков по имеющейся профессии рабочего или имеющейся должности служащего без повышения образовательного уровня.

Профессиональное обучение осуществляется в организациях, осуществляющих образовательную деятельность, в том числе в учебных центрах профессиональной квалификации и на производстве, а также в форме самообразо-

вания. Учебные центры профессиональной квалификации могут создаваться в различных организационно-правовых формах юридических лиц, предусмотренных гражданским законодательством, или в качестве структурных подразделений юридических лиц.

3.2. Анализ профессионального стандарта

В работе для понятия вида профессиональной деятельности был взят профессиональный стандарт «Специалиста по контролю качества механосборочного производства».

Основной целью вида профессиональной деятельности является обеспечение качества изделий механосборочного производства.

Обобщенной трудовой функцией является контроль качества заготовок и изделий в механосборочном производстве.

Были выявлены *трудовые действия*, а именно:

- контроль поступающих материалов на соответствие требованиям нормативной документации;
- контроль поступающих заготовок на соответствие требованиям конструкторской и технологической документации;
- контроль поступающих комплектующих изделий на соответствие требованиям конструкторской и технологической документации;
- подготовка заключений о соответствии качества поступающих в организацию материалов, заготовок и комплектующих изделий требованиям нормативной документации;
- оформление документов для предъявления претензий поставщикам материалов, заготовок и комплектующих изделий;

Были определены *требования к опыту практической работы*:

- анализировать нормативную, конструкторскую и технологическую документацию;

- использовать методики измерений, контроля и испытаний материалов, заготовок и комплектующих изделий;
- выбирать методы и средства контроля характеристик поступающих материалов, заготовок и комплектующих изделий;
- использовать средства измерения для проведения контроля характеристик поступающих материалов, заготовок и комплектующих изделий;
- выполнять статистическую обработку результатов контроля и измерений;
- определять соответствие характеристик поступающих материалов, заготовок и комплектующих изделий нормативным, конструкторским и технологическим документам;
- оформлять производственно-техническую документацию
- оформлять претензионные документы;

Рассмотренная трудовая функция стала основой для формирования перспективно тематического плана повышения квалификации по профессии оператор контрольно-измерительной машины.

Согласно профессиональному стандарту определены требования к трудовой функции «Контроль качества заготовок и изделий в механосборочном производстве» (таблица 3) [24].

Таблица 3 – Требования к трудовой функции

Параметр	Требования
1	2
Трудовые действия	Контроль поступающих материалов на соответствие требованиям нормативной документации
	Контроль поступающих заготовок на соответствие требованиям конструкторской и технологической документации
	Контроль поступающих комплектующих изделий на соответствие требованиям конструкторской и технологической документации
	Учет и систематизация данных о фактическом уровне качества поступающих материалов, заготовок и комплектующих изделий
	Подготовка заключений о соответствии качества поступающих в организацию материалов, заготовок и комплектующих изделий требованиям нормативной документации

Окончание таблицы 3

1	2
	Оформление документов для предъявления претензий поставщикам материалов, заготовок и комплектующих изделий
Необходимые умения	<p>Анализировать нормативную, конструкторскую и технологическую документацию</p> <p>Использовать методики измерений, контроля и испытаний материалов, заготовок и комплектующих изделий</p> <p>Выбирать методы и средства контроля характеристик поступающих материалов, заготовок и комплектующих изделий</p> <p>Использовать средства измерения для проведения контроля характеристик поступающих материалов, заготовок и комплектующих изделий</p> <p>Выполнять статистическую обработку результатов контроля и измерений</p> <p>Определять соответствие характеристик поступающих материалов, заготовок и комплектующих изделий нормативным, конструкторским и технологическим документам</p> <p>Оформлять производственно-техническую документацию</p> <p>Оформлять претензионные документы</p>
Необходимые знания	<p>Сортамент используемых в производстве материалов</p> <p>Стандарты, технические условия на используемые материалы</p> <p>Требования к качеству используемых в производстве материалов</p> <p>Номенклатура используемых в производстве заготовок</p> <p>Требования к качеству используемых в производстве заготовок</p> <p>Номенклатура используемых в производстве комплектующих изделий</p> <p>Требования к качеству используемых в производстве комплектующих изделий</p> <p>Методики измерения и контроля характеристик материалов, заготовок и комплектующих изделий</p> <p>Методики статистической обработки результатов измерений и контроля</p> <p>Нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы качества изготавливаемых изделий</p> <p>Правила приемки материалов, заготовок и комплектующих изделий</p> <p>Порядок предъявления рекламаций по качеству материалов, заготовок и комплектующих изделий</p> <p>Нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы делопроизводства</p>

Проанализировав рабочую инструкцию оператора координатно-измерительной машины контрольно-измерительного пункта, был выявлен ряд знаний, которыми должен обладать оператор.

Знания:

- законодательных и нормативных правовых актов, методических и нормативных материалов, локальных нормативных актов общества, других руководящих материалов по контролю и измерению геометрических параметров продукции;
- организационно-технологической структуры, профиля, специализации предприятия;
- основ метрологии, методов и средств измерения геометрических параметров изделий;
- нормативных и руководящих документов, эксплуатационно-технической документации на применяемые СИ;
- порядка и организации арбитражных измерений;
- правил пользования КИМ;
- отечественного и зарубежного опыта в области метрологического контроля геометрических величин;
- правил и методов обмера геометрических размеров при разработке, производстве и испытания продукции;
- устройства и правил пользования контрольно-измерительными инструментами и приборами;
- основных способов подготовки программы к эксплуатации;
- правил чтения чертежей контролируемых деталей;
- систем, средств и методов технологического контроля, видов брака, способов его предупреждения и устранения, правила приемки продукции;
- основ трудового законодательства;
- оператор ким должен иметь средне специальное техническое образование и стаж работы по направлению деятельности не менее 1 года.

- Так же были определены *основные обязанности оператора КИМ*, а именно:
- измерение геометрических параметров изделий на КИМ как в ручном так и в автономном режиме;
 - запуск отложенных программ для проведения замеров продукции, выпускаемой обществом;
 - своевременная выдача объективных и достоверных результатов обмера и арбитражных измерений продукции, выпускаемой обществом;
 - анализ и оформление результатов измерения;
 - проведение профилактического обслуживания КИМ, подготовка оборудования перед проведением измерений согласно требованиям эксплуатационной документации;
 - предоставление плановой отчетности руководства в соответствии с утвержденным порядком.

3.3. Занятие по повышению квалификации работников

В связи с необходимостью обучения работников отдела технического контроля ОАО «УДМЗ» разработаем программу профессионального обучения. За основу по разработке программы обучения возьмем программу повышения квалификации Пермского национального исследовательского политехнического университета (таблица 4).

Таблица 4 – Учебный план программы повышения квалификации «Основы координатных измерений»

№ п/п	Наименование модулей	Всего часов	В том числе, час		Форма контроля
1	Основы координатных измерений с применением современных координатно-измерительных машин	34	8	26	
2	Итоговая аттестация	2	-	-	Зачет
	Итого	36	8	26	2

Содержание программы

Предмет: «Основы координатных измерений»

Цель программы: дать представление о процессе калибровки координатно-измерительной машины в программе PS-DMIS.

Категория слушателей: специалисты с высшим образованием, выполняющие трудовые функции инженера технолога, оператора КИМ, специалисты бюро точных измерений ОТК.

Рассмотрим тему «Калибровка измерительных систем и подготовка КИМ к работе» (таблица 5). Поскольку обучение проходит для работников, которым необходимо освоить технологию измерения и работу на конкретном оборудовании, то их профессиональное обучение направлено на приобретение соответствующей профессиональной компетенции без изменения уровня образования. Для этого целесообразно формой профессионального обучения выбрать практическое занятие, осуществляемое без отрыва от производства.

Таблица 5 – Учебно-тематический план программы повышения квалификации «Основы координатных измерений»

№ п/п	Наименование модулей и тем	Всего часов	В том числе, час		Форма контроля
			лекции	практические занятия	
1	Основы координатных измерений	34	8	26	
1.1	Виды КИМ. Основы координатных измерений	8	8	-	
1.2	Изучение программного обеспечения PC-DMIS	10	-	10	
1.3	Калибровка измерительных систем и подготовка КИМ к работе	16	-	16	
2	Итоговая аттестация	2	-	-	Зачет
	Итого	36	8	26	2

Количество часов, отводимых на изучение темы «Калибровка измерительных систем и подготовка КИМ к работе» – 16 академических часов.

В рамках данной темы слушатели изучают алгоритм калибровки измерительной системы, порядок подготовки КИМ к работе, а затем особенности измерения цилиндрических, конических поверхностей, а также зубчатых колес. Поэтому для первого практического занятия разработаем план и методическое обеспечение занятия.

Тема: «Калибровка измерительных систем и подготовка КИМ к работе при измерении цилиндрических деталей» рассчитана на 4 часа.

Обучение будут проводить ведущие специалисты в области технических измерений и контроля с привлечением сотрудников организации-поставщика координатно-измерительной машины.

Цель занятия: научить выполнять настройку и калибровку измерительных систем координатно-измерительной машины.

В ходе прохождения данной темы обучающийся должен:

знать:

- алгоритм выполнения калибровки;

уметь:

- запускать рабочую программу;
- настраивать и калибровать измерительные системы;

Средства обучения: раздаточный материал (инструкция), компьютеры.

Ход занятия:

1. Организационная часть (5 мин.)

- контроль присутствующих и готовность обучающихся к занятию.

2. Подготовительный этап (20 мин.)

- сообщение темы и цели занятия;
- выдача задания;
- выдача раздаточного материала.

3. Проведение практического занятия (120 мин.)

- изучение обучающимися нового материала по инструкции;
- работа обучающихся за компьютером;

- выполнение настройки и калибровки КИМ по инструкции;
- закрепление умений по настройке и калибровке КИМ различных цилиндрических деталей (самостоятельное выполнение задания).

4. Контроль выполнения работы и подведение итогов (35 мин.)

- проверка правильности выполнения настройки и калибровки КИМ;
- обсуждение выводов о проделанной работе;
- выдача вопросов для закрепления материала.
- оценка ответов слушателей на вопросы.

Вопросы для закрепления пройденного материала

1. Назовите параметры калибровки?
2. Назовите причины проблем, связанные со щупом
3. Что такое «подвод-отвод»?
4. Каким должно быть расстояние подвода-отвода при калибровке, при измерении?
5. Что необходимо сделать после задания имени файла щупа?
6. Каким образом определяется число сечений?
7. Что необходимо сделать, если произошло смещение сферы?
8. Каким образом можно обнаружить ошибки при калибровке?

Инструкция на тему «Калибровка измерительных систем и подготовка КИМ к работе при измерении цилиндрических деталей»

1. Задать имя файла щупа в поле «Файл щупа». При задании имени файла происходит его сохранение после паузы между нажатиями клавиш для ввода символов протяженностью более 3 секунд. Поэтому клавишу «Enter» нажимать не следует. Параметры щупа и результаты калибровки будут храниться в специальном файле с расширением «.prb».

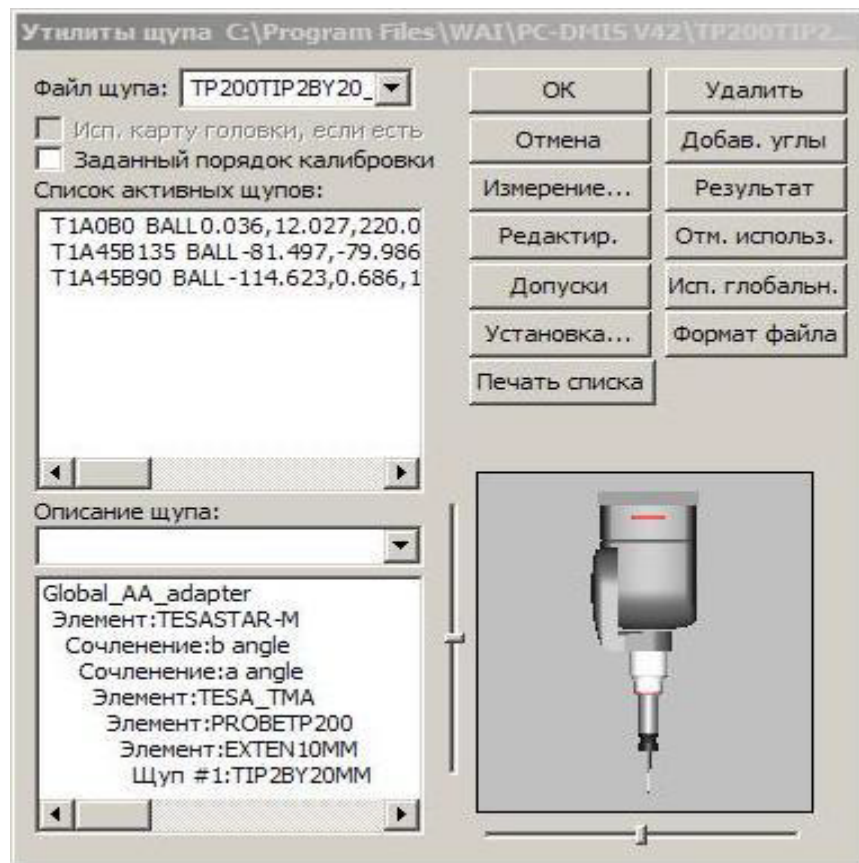


Рисунок 7 – Окно выбора и калибровки щупа

2. После задания имени файла щупа необходимо поочередно выбрать компоненты измерительной головки в поле «Описание щупа».

- 1) TESASTAR-M – поворотная головка (добавляется автоматически);
- 2) TESA-TMA – переходник от поворотной головки к щупу;
- 3) PROBETP200 – щуп (щуп касания);
- 4) EXTEND10 – удлинитель (если используется, 10 – длина удлинителя (возможны разные варианты длины));
- 5) Наконечник. Наконечники не имеют маркировки. Они идентифицируются по диаметру шарика и длине стержня. Например: TIP4BY10MM. Здесь 4 – диаметр шарика в мм, 10 длина стержня наконечника в мм.

3. В поле «Список активных щупов» появляется программа для калибровки после выбора файла щупа.

Положение A0B0 – щуп направлен вертикально вниз.

Если около положения щупа стоит «*», значит, он не откалиброван.

Углы поворота головки:

Угол качания (угол А). Нулевое положение – когда щуп направлен вниз.

Диапазон: $-90^{\circ} \div +115^{\circ}$ с шагом 5° ;

Угол поворота (угол В). Нулевое положение – щуп направлен вниз. Диапазон: $-180^{\circ} \div +115^{\circ}$ с шагом 5° .

Для добавления дополнительных углов калибровки щупа выбираем:

1) «Добавить углы» в диалоговом окне «Утилиты щупа».

2) В появившемся диалоговом окне «Добавление новых углов» (рис.8)

вводим углы А и В. В правой части диалогового окна расположено графическое поле, на котором показаны все возможные варианты наклона и поворота щупа.

Нужный угол также можно выбрать на графической сетке, нажав левой кнопкой мыши на клетку, расположенную на пересечении требуемых углов А и В.

Таким образом, были выбраны необходимые углы для калибровки.

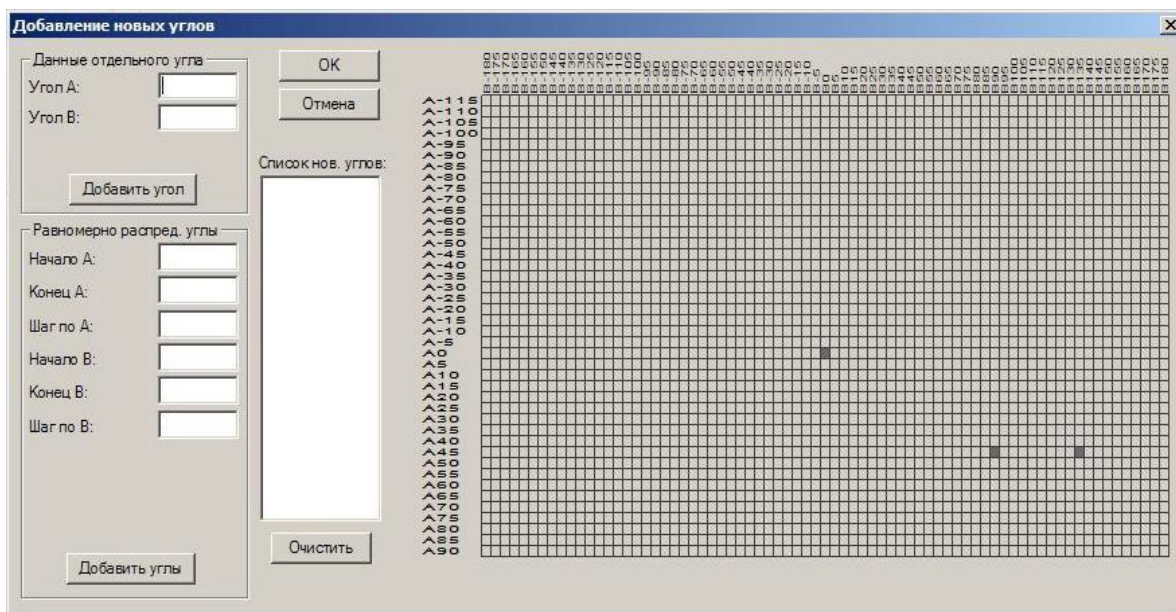


Рисунок 8 – Окно выбора и добавления углов калибровки щупа

4. Теперь необходимо задать остальные параметры калибровки. Для этого:

Нажимаем кнопку «Измерения». После этого откроется диалог «Измерение щупа» (рисунок 9).

Рисунок 9 – Окно задания параметров калибровки щупа

Параметры калибровки:

Число точек (для сферы минимум 5 точек) – позволит определить параметры сферы и определить отклонение от сферичности. Чем больше точек бу-

дет выбрано для калибровки – тем больше будет получено информации о накопнике щупа;

Число сечений – параметр, показывающий, как точки будут упорядочены. Число сечений связано с числом точек. При пяти точках число сечений всегда будет равно двум;

Подвод-отвод – расстояние от измеряемого объекта, при котором машина перейдет от скорости позиционирования (большая скорость) на скорость измерения (маленькая скорость) и обратно.

Расстояние подвода-отвода:

- а) При калибровке: $2 \div 3$ мм;
- б) При измерениях: в зависимости от точности изготовления деталей.

Скорость позиционирования (указывается в процентах от максимальной скорости машины);

Скорость измерения – выставлять НЕ БОЛЬШЕ $1 \div 3$ %

Режим калибровки – автоматический;

Список имеющихся калибров – туда вводятся параметры калибровки сферы. Выбираем «Добавить калибр», после чего на экране появится диалоговое окно «Добавление калибра» (рисунок 10).

Характеристики калибровочной сферы:

- а) Диаметр сферы (выгравирован на ножке сферы);
- б) Положение на машине (вектор ножки сферы).

Описание сферы (см. рисунок 10):

а) Диаметр. Десятичные знаки вводятся с помощью «.»; Например: 15.856;

б) Вектор ножки i (cos по оси x), вектор ножки j (cos по оси y), вектор ножки k (cos по оси z).

с) Идентификатор – не обязательно. Таким образом, описание калибра будет иметь следующую структуру: «идентификатор_значения i j k _диаметр»;

d) После завершения описания сферы нажимаем кнопку ОК в диалоговом окне «Добавление калибра».

Рисунок 10 – Окно добавления калибра

Для выполнения калибровки нажимаем кнопку «Измерения» в диалоговом окне «Измерение щупа».

Чтобы машина «поняла», где находится сфера, если она была смещена, то нужно один раз коснуться верхушки сферы. После чего машина в автоматическом режиме выполнит измерения ещё в трёх точках, для уточнения положения сферы и, затем, начнёт выполнять калибровку.

Для просмотра результатов калибровки необходимо в диалоговом окне «Утилиты щупа» нажать кнопку «Результат». В открывшемся диалоговом окне будет выведена таблица. В первой строке этой таблицы будут отображены теоретические (THEOR) значения параметров: диаметра шарика (D) и отклонение от сферичности калибра (StdDev). Во второй строке будут отображены измеренные (MES) значения параметров.

Примечание:

1. Скорость при калибровке и при измерениях должна быть одинаковой, чтобы избежать систематической погрешности.

2. Если измеренное (MES) значение параметра превышает теоретическое (THEOR), то это ГРУБАЯ ОШИБКА!

3. Если значение StdDev не равно нулю, то, вероятнее всего, проблема связана со щупом. Причиной возникновения проблем может служить:

Проблемы с затяжкой щупа (подтягивать его следует только специальным ключом!);

Наличие грязи на калибре или на наконечнике щупа;

Вибрации;

Дефект наконечника щупа.

$E=1,7\pm 333$ – погрешность для наконечника длиной 10 мм. Это значение можно взять пороговым для StdDev. При превышении этого значения следует попробовать использовать другой наконечник щупа.

Если результаты калибровки являются удовлетворительными, то в диалоговом окне «Утилиты щупа» нажимаем кнопку «Ок».

После этого все откалиброванные положения щупа будут присутствовать в программе. Рабочее окно программы представлено на рисунке 11. Оно разделено на окно редактора программы, куда записывается код программы измерений, и графическое окно, где отображаются измеренные элементы. Так же в графическом окне отображается САД-модель детали, если она была импортирована в программу. Кроме того, в окне программы может быть отражено окно протокола измерений.

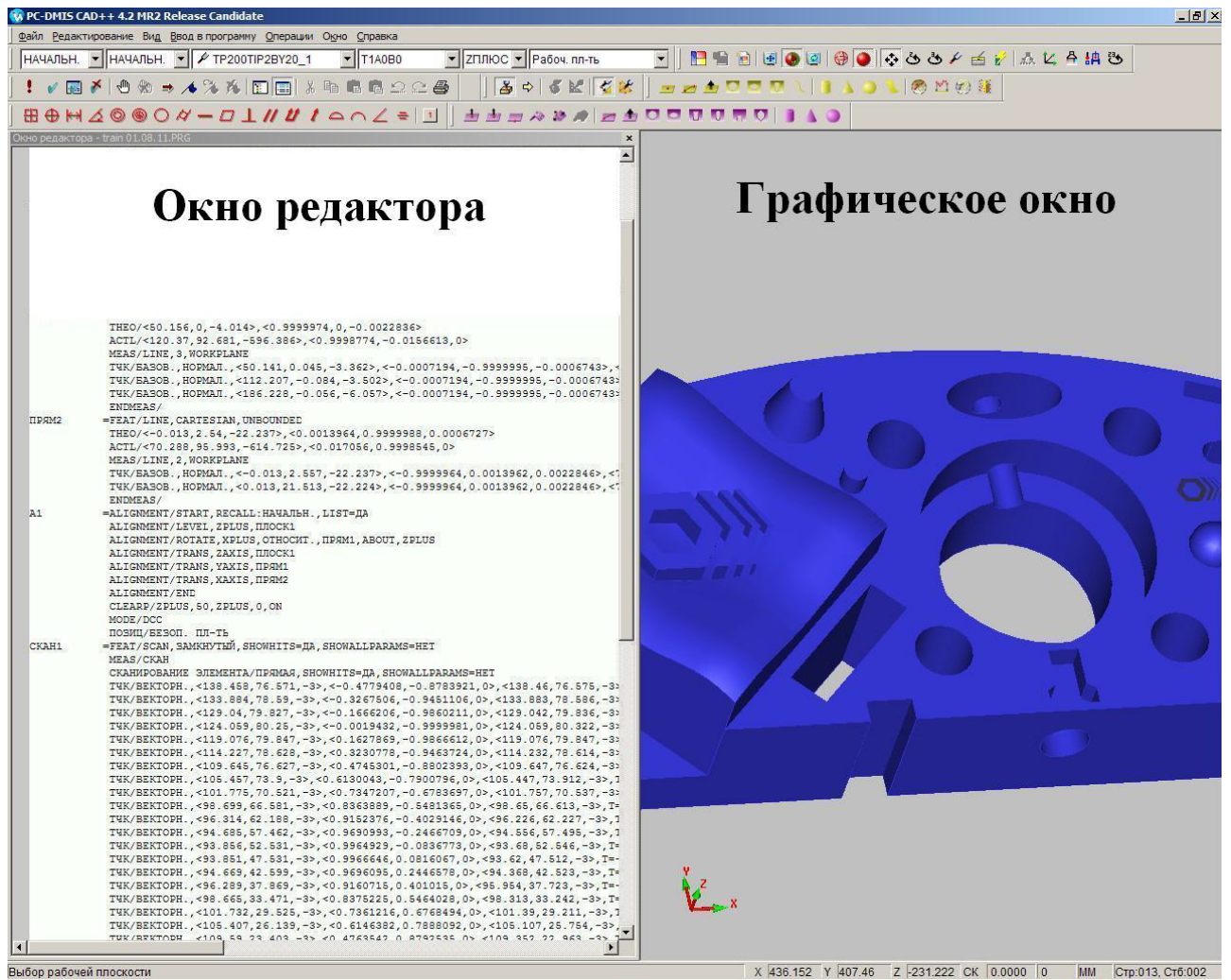


Рисунок 11 – Рабочее окно программы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам выполнения выпускной квалификационной работы разработана технология входного контроля детали «Втулка», а также методика измерения на контрольно-измерительной машине.

Для выполнения входного контроля детали «Втулка» были определены контролируемые параметры, которые могут быть измерены на координатно-измерительной машине DEA Delta Slant и составлена программа обмера.

Разработанный процесс входного контроля детали «Втулка» включает проверку внешнего вида детали, отсутствие дефектов, проверку марки материала по документации, контроль шероховатости, фасок и радиусов скруглений, измерение контролируемых параметров с помощью КИМ.

Также был разработан алгоритм измерения на координатно-измерительной машине, который является общим для типовых деталей. Перечень таких типовых деталей, которые изготавливаются на предприятии или приобретаются в качестве комплектующих и используются при сборке узлов и машин, был установлен, исходя из их геометрических параметров, подлежащих измерению на КИМ.

Разработана методика измерения детали «Втулка» с использованием КИМ DEA Delta Slant, которая включает условия измерения, алгоритм измерения, программу обмера, информацию о применяемом контрольно-измерительном оборудовании, указание метода измерения, форму протокола измерений.

В методической части проанализирован профессиональный стандарт «Специалист по контролю качества механосборочного производства». Установлены требования к выполнению трудовой функции «Контроль поступающих заготовок на соответствие требованиям конструкторской и технологической документации». Также проанализирована рабочая инструкция оператора координатно-измерительной машины контрольно-измерительного пункта. Выявлены знания и обязанности оператора КИМ. Для профессионального обуче-

ния персонала предприятия – будущих операторов КИМ разработано практическое занятие в рамках курса повышения квалификации работников на тему: «Калибровка измерительных систем и подготовка КИМ к работе при измерении цилиндрических деталей». Для проведения занятия и изучения процедуры настройки и калибровки координатно-измерительной машины подготовлена инструкция. Освоение данного курса позволит работникам предприятия освоить новые компетенции для выполнения своих трудовых функций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 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.
2. Бородина Н.В. Дипломное проектирование: учебное пособие / Н. В. Бородина, Г. Ф. Бушков. – Екатеринбург: Издательство РГППУ, 2011. – 90 с.
3. 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. – Москва: Миттель Пресс, 2014. – 149 с.
4. 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.
5. Бражкин Б.С. Координатно-измерительные машины для контроля тел вращения / Б. С. Бражкин, Н. И. Исаев, А. А. Кудинов, В. С. Миротворский. – Москва: Миттель Пресс, 2012. – 207 с.
6. Братухин А.Г. Координатно-измерительные машины и комплексы // Наука и технологии в промышленности. – 2011. – №3. – С. 36-48.
7. Буланова Е.А. Координатная измерительная машина с ЧПУ: учеб. пособие. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т имени академика С.П. Королева, 2008. – 54 с.
8. Валетов В.А., Кузьмин Ю.П., Орлова А.А., Третьяков С.Д., Технология приборостроения: учеб. пособие. – Санкт-Петербург: СПбГУ ИТМО, 2008. – 336 с.

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

10. ГОСТ 8.051-81. Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм [Электронный ресурс]. – Введ. 1982-01-01. – Москва: Издательство стандартов, 1987. – 11 с. // ГОСТ Эксперт: единая база ГОСТов РФ. – Режим доступа: <http://gostexpert.ru/gost/gost-8.051-81>.

11. 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.

12. Зайцев С.А. Контрольно-измерительные приборы и инструменты: учебник / С.А. Зайцев, Д.Д. Грибанов, А.Н. Толстова, Р.В. Меркулов. – Москва: Академия, 2002. – 464 с.

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

14. Инструкция ТИ-002-2016 по организации работ на координатно-измерительных машинах «DEA Delta Slant 255120» [Текст]-2016г.-19с.

15. КИМ GLOBAL Performance [Электронный ресурс] // Hexagon Manufacturing Intelligence. – Режим доступа: http://www.hexagon metrology.ru/GLOBAL-Performance_120.htm.

16. 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.

17. 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. – Москва: Машиностроение, 1993. – 416 с.

18. Методические указания по работе с КИМ DEA GLOBAL.

19. Мурачёв 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. 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.

21. Осипова И.В. Методика профессионального обучения. Схемы, таблицы, комментарии: учеб. пособие для вузов / И.В. Осипова, О.В. Тарасюк, Ю.В. Осколкова, В.С. Локтина. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.- пед. ун-та, 2010. – 148 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. Положение «Об отделе технического контроля». – Введено 2015-04-15. Екатеринбург: УДМЗ, 2015. – 7 с.

24. Профессиональный стандарт 40.090 «Специалист по контролю качества механосборочного производства» [Электронный ресурс] // КлассИнформ. – Режим доступа: <http://classinform.ru/profstandarty/40.090-spetcialist-po-kontroliu-kachestva-mehanosborochnogo-proizvodstva.html>.

25. Р 50-609-40-01. Рекомендации. Технологическое проектирование технического контроля [Электронный ресурс] / ОАО «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» [приняты и введены в действие приказом ОАО «НИЦ КД» от 25.12.12 г.] // Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/464689181>.

26. Рабочая инструкция «Оператор координатно-измерительной машины контрольно-измерительного пункта». – Введен 2016-05-30. – Екатеринбург: УДМЗ, 2016. – 7 с.
27. РД 50-98-86. Методические указания. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм [Электронный ресурс]. – Введен 1987-07-01. – Москва: Издательство стандартов, 1987. – 80 с. // Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200043341>.
28. 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. – Москва: МГУПИ, 2008. – 95 с.
29. Спецификация Координатно-измерительной машины модели DELTA Slant 255120 HEXAGON Metrology. – Введен 2015-27-02. – Екатеринбург: УДМЗ, 2016. – 11 с.
30. 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. – Москва: Миттель Пресс, 2014. – 149 с.
31. Чапала О.В. Координатно-измерительные машины и их применение [Электронный ресурс] // Новаинфо. – 2016. – № 57. – Режим па: <http://novainfo.ru/article/10054>.
32. Чупырин В.Н. Технический контроль в машиностроении: справочник проектировщика / под общ. ред. В.Н. Чупырина, А.Д. Никифорова. – Москва: Машиностроение, 1987. – 512 с.
33. Эрганова Н.Е. Методика профессионального обучения: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – 2-е изд., стер. – Москва: Академия, 2008. – 160 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Чертеж детали «Втулка»

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

**Методика измерения типовой детали Втулки 0390-04-038-8F
на координатно-измерительной машине DEA Delta Slant 255120**

ПРОЕКТ

УТВЕРЖДАЮ

Начальник БТИ

личная подпись

А.В. Соколова
инициалы, фамилия

«__» _____ 20__ г.

**МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ
типовой детали «Втулка 0390-04-038-8F»
на координатно-измерительной машине
DEA Delta Slant 255120**

РАЗРАБОТАЛ

Оператор КИМ

личная подпись

инициалы, фамилия

«__» _____ 20__ г.

Методика измерения типовой детали необходима для сокращения времени проводимых измерений, для увеличения проходимости деталей на координатно-измерительной машине.

1. Область применения

1.1. Настоящая методика разработана для применения персоналом контрольно-измерительного пункта для детали «Втулка».

1.2. Настоящий документ определяет методику измерения, порядок и правила определения значений контролируемых параметров.

1.3. Цель измерения – проверка соответствия заданных параметров детали.

2. Объект измерения

Технические характеристики детали «Втулка».

3. Средство измерения

3.1. Координатно-измерительная машина DEA Delta Slant 255120.

Технические характеристики КИМ:

Диапазон измерений (в мм):

X 2500-3000-3500-4000

Y 3300-5100-6300-8000

Z 2000-2500-3000

Погрешность (мкм) = от 3,8 + 3,5 L/1000

4. Метод измерения

Измерение детали «Втулка» выполняют методом прямых измерений.

5. Условия для выполнения измерений

Согласно Инструкции ТИ-002-2016 при проведении измерений должны быть соблюдены следующие условия:

- температура воздуха - (20 ± 2) °С;
- относительная влажность воздуха от 60 до 80 %;
- перед началом работы протереть поверхность измерительного щупа и калибровочной сферы салфеткой из мягкой ткани, смоченной этиловым спиртом по ГОСТ 17299-77 марка А.

– измерительные поверхности детали протирают сухой салфеткой из мягкой ткани.

Цех (отдел) предоставляющий детали для проведения измерений должен предварительно провести обезжиривание поверхностей детали, с целью удаления имеющихся масляных и иных загрязнений. Детали на измерения представляются в чистом виде, без наличия заусенцев, надиров, наплывов и вмятин.

Перед проведением измерений деталь выдерживают до начала измерений в помещении, где проводят испытания КИМ, в рабочем положении в течение двух часов.

6. Методика измерения Втулки 0390-04-038-8 на координатно-измерительной машине DEA Delta Slant 255120

6.1. Подготовить втулку для измерения согласно пункту 1, установить и закрепить деталь на рабочую плиту для измерения.

6.2. Включить персональный компьютер КИМ, запустить программу PS-DMIS.

6.3. Калибровать измерительный щуп. Если результаты калибровки не превышают пределы допустимой погрешности, то продолжить программу измерения втулки. Если результаты превышают пределы допустимой погрешности, то измерительный щуп калибровать снова.

6.4. Базировать деталь в ручную, чтобы машина запомнила нахождение детали в пространстве и в автоматическом режиме выполнила программу измерений.

6.5. Запустить программу измерения детали по алгоритму программы измерительной машины согласно программе обмера и эскизу детали «Втулка», представленных ниже.

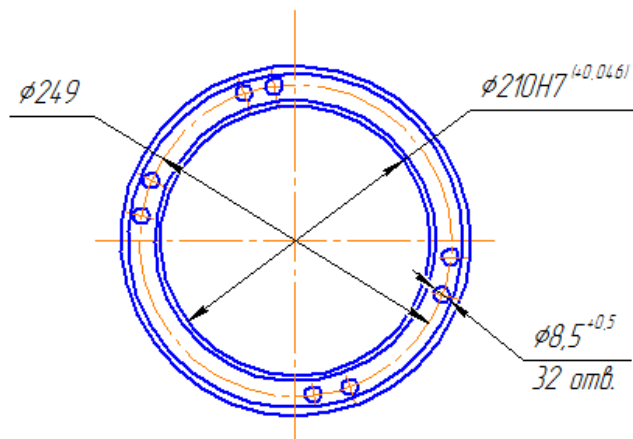
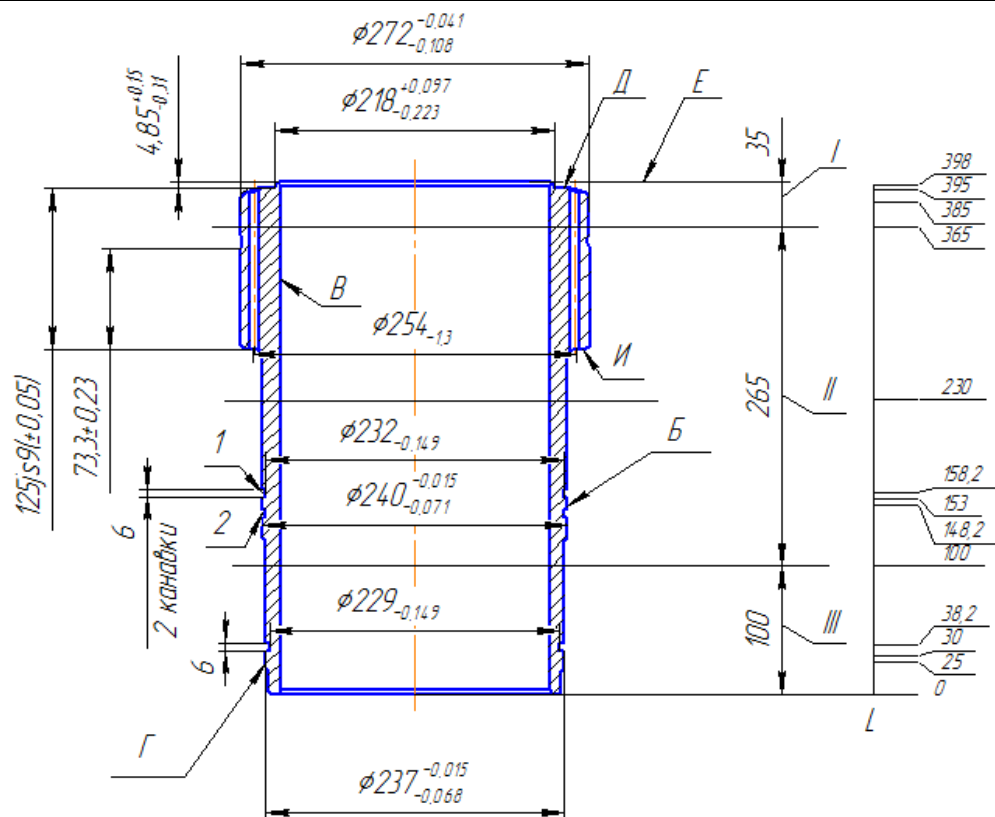
6.6. Сформировать протокол измерения и установить соответствие детали требованиям конструкторской документации.

6.7. Предоставить протокол измерения заказчику.

Таблица – Программа измерения

Паспорт втулки		Ход измерения		Высота замера L, мм
Внутренний диаметр	Размер по чертежу			
	210 ^{+0,046}	Зона I	Измеряется по 34 точкам Указывается средний диаметр, построенный по 34 точкам	365
		Зона II	Измеряется по 34 точкам Указывается средний, максимальный и минимальный диаметры	230
		Зона III	Измеряется по 34 точкам Указывается средний диаметр, построенный по 34 точкам	100
Диаметры посадочных поясков	237 ^{-0,015} _{-0,068}	Измеряется по 16 точкам Указывается средний диаметр, построенный по 16 точкам	30	
	240 ^{-0,015} _{-0,071}	Измеряется по 16 точкам Указывается средний диаметр, построенный по 16 точкам	153	
Размеры верхнего бурта	218 ^{+0,097} _{-0,223}	Измеряется по 12 точкам Указывается средний диаметр, построенный по 12 точкам	398	
	4,85 ^{+0,15} _{-0,31}	Измеряется от плоскости А до плоскости Е		
Размеры опорного бурта	272 ^{-0,041} _{-0,108}	Измеряется по 20 точкам Указывается средний диаметр, построенный по 20 точкам	385	
	125±0,05	Измеряется от плоскости В до плоскости А		
Размеры верхних канавок	232 _{-0,149}	Измеряется по 12 точкам Указывается средний диаметр, построенный по 12 точкам	158,2	
	6 ^{+0,162}	Измеряется с двух сторон		
	232 _{-0,149}	Измеряется по 12 точкам Указывается средний диаметр, построенный по 12 точкам	148,2	
	6 ^{+0,162}	Измеряется с двух сторон		
Размеры нижней канавки	229 _{-0,149}	Измеряется по 12 точкам Указывается средний диаметр, построенный по 12 точкам		
	6 ^{+0,162}	Измеряется с двух сторон		
Допуск круглости, допуск формы	0,024	Зона I	Измеряется цилиндричность. Цилиндр строится по двум окружностям на высоте 395 мм и 365 мм	

	0,024	Зона II	Измеряется цилиндричность. Цилиндр строится по трем окружностям на высоте 365 мм, 230 мм и 100 мм	
	0,035	Зона III	Измеряется цилиндричность. Цилиндр строится по двум окружностям на высоте 100 мм и 25 мм	
Допуск торцевого биения поверхности В относительно поверхностей Г и Д	0,040		Измеряется биение поверхности В относительно поверхностей Г и Д	



Эскиз детали «Втулка»

Протокол измерений

	ИМЯ ДЕТАЛИ :						
	НОМЕР РЕДАКЦИИ :	ПОРЯДК. НОМЕР :					
ОСЬ	НОМИНАЛ	+ В.О.	- Н.О.	ИЗМЕР.	ОТКЛ	ВНЕ ДОП	
ОСЬ	НОМИНАЛ	+ В.О.	- Н.О.	ИЗМЕР.	ОТКЛ	ВНЕ ДОП	
ОСЬ	НОМИНАЛ	+ В.О.	- Н.О.	ИЗМЕР.	ОТКЛ	ВНЕ ДОП	
ОСЬ	НОМИНАЛ	+ В.О.	- Н.О.	ИЗМЕР.	ОТКЛ	ВНЕ ДОП	