

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и
металлургии

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой ИММ
_____ Б.Н.Гузанов
«__» _____ 2019г.

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕТАЛИ «ГОЛОВКА
БЛОКА ЦИЛИНДРА» НА КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ
МАШИНЕ DEA DELTA CLASSIC 25.51.20**

Выпускная квалификационная работа

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

Исполнитель:

студентка группы КМ-401п

Т.В. Шафоростова

Руководитель:

доцент, канд. пед. наук,
доцент кафедры ИММ

Т.Б. Соколова

Нормоконтролер:

доцент, канд.тех.наук,
доцент кафедры ИММ

Ю.И. Категоренко

Екатеринбург 2019

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 80 страницах, содержит 6 таблиц, 33 рисунка, 30 источников литературы, а также 1 приложение на 2 страницах.

Ключевые слова: ПРОГРАММА ИЗМЕРЕНИЯ, КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ МАШИНА

Шафоростова Т.В. Разработка программы измерения детали «Головка блока цилиндра» на координатно-измерительной машине DEA DELTA CLASSIC 25.51.20 / Т.В. Шафоростова; Рос. гос. проф.-пед. ун-т; Институт инж. пед. образования, каф. инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и металлургии. – Екатеринбург, 2019 – 80 с.

Цель выпускной квалификационной работы: выявить требования к контролируемым параметрам детали «Головка блока цилиндра» на входном контроле и разработать программу их измерения с использованием программного обеспечения PC-DMIS на контрольно-измерительной машине DEA DELTACLASSIC 25.51.20.

Результатами работы являются: программа для измерения значений 11 контролируемых параметров детали «Головка блока цилиндра» при входном контроле на координатно-измерительной машине DEA DELTA CLASSIC 25.51.20 через программное обеспечение PC-DMIS; методические материалы для подготовки оператора бюро точных измерений «Уральского дизель-моторного завода» к применению координатно-измерительной машины.

Работа выполнена на базе предприятия ООО «Уральский дизель-моторный завод».

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОБЗОР ТИПОВ И ПРИНЦИПА РАБОТЫ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИН КОМПАНИИ «HEXAGON METROLOGY»	7
1.1 Преимущества использования координатно-измерительных машин при контроле продукции.....	7
1.2 Классификация координатно-измерительных машин	12
1.3. Программное обеспечение PC-DMIS	19
1.4 Принцип работы координатно-измерительных машин	22
2. КОНТРОЛЬ ДЕТАЛИ «ГОЛОВКА БЛОКА ЦИЛИНДРА» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ МОДЕЛИ DEA DELTA CLASSIC 25.51.20 НА ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ PC-DMIS В УСЛОВИЯХ «УРАЛЬСКОГО ДИЗЕЛЬ-МОТОРНОГО ЗАВОДА»	26
2.1 Характеристика «Уральского дизель-моторного завода».....	26
2.2 Анализ требований к контролируемым параметрам детали «Головка блока цилиндра» при входном контроле	34
2.3 Процесс измерения детали «Головка блока цилиндра» при входном контроле	40
3. ПОДГОТОВКА ОПЕРАТОРА БЮРО ТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ «УРАЛЬСКОГО ДИЗЕЛЬ-МОТОРНОГО ЗАВОДА» К ПРИМЕНЕНИЮ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ DEA DELTA CLASSIC 25.51.20.....	52
3.1. Требования к знаниям и умениям нового сотрудника – оператора координатно-измерительной машины.....	52
3.2. Разработка методики и методических материалов для подготовки оператора координатно-измерительных машин в условиях «Уральского дизель-моторного завода»	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	71
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	73
ПРИЛОЖЕНИЕ А Протокол измерения детали «Головка блока цилиндра»	77

ВВЕДЕНИЕ

В России около 13-ти моторных заводов и производителей дизелей и дизель-генераторов. Среди отечественных предприятий одну из лидерских позиций занимает «Уральский дизель-моторный завод». Для того, чтобы занять передовые позиции на рынке высокооборотных дизельных двигателей и для повышения конкурентоспособности в РФ и странах СНГ, на УДМЗ должен обеспечиваться выпуск наиболее качественной продукции.

Для решения этой задачи предприятием используется изготовление и закупка деталей высокой точности. Контроль параметров таких деталей осуществляет бюро точных измерений (далее – «БТИ»). Техническим оснащением БТИ является две контрольно-измерительных машины серии DEADELTA, которые сокращают время на измерение параметров контролируемых деталей, помогают исключить ошибки, связанные с человеческим фактором, и гарантируют высокую точность измерений.

Объект: процесс входного контроля детали «Головка блока цилиндра».

Предмет: программа измерения детали «Головка блока цилиндра» с помощью программного обеспечения PC-DMIS контрольно-измерительной машины DEA DELTA CLASSIC 25.51.20.

Цель выпускной квалификационной работы: выявить требования к контролируемым параметрам детали «Головка блока цилиндра» на входном контроле и разработать программу их измерения с использованием программного обеспечения PC-DMIS на контрольно-измерительной машине DEA DELTA CLASSIC 25.51.20.

Задачи выпускной квалификационной работы:

- выполнить обзор типов и принципа работы координатно-измерительных машин компании «Hexagon Metrology»;
- выявить требования к контролируемым параметрам детали «Головка блока цилиндра» на входном контроле;

– спроектировать процесс измерения детали «Головка блока цилиндра» при входном контроле на координатно-измерительной машине модели DEA DELTAClassic 25.51.20 на программном обеспечении PC-DMIS в условиях «Уральского дизель-моторного завода»;

– разработать методические материалы для подготовки оператора бюро точных измерений «Уральского дизель-моторного завода» к применению координатно-измерительной машины DEA DELTA CLASSIC 25.51.20.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

БТИ – бюро точных измерений;

ВКР – выпускная квалификационная работа;

ГБЦ – головка блока цилиндра

ГОСТ – межгосударственный стандарт;

ГОСТ Р – национальный стандарт;

ЗУ – знания и умения;

КИМ – координатно-измерительная машина;

САПР – система автоматизированного проектирования;

ТК – технический контроль;

УДМЗ – уральский дизель-моторный завод;

ЭВМ – электронно-вычислительная машина;

CAD – система автоматизированного проектирования.

1. ОБЗОР ТИПОВ И ПРИНЦИПА РАБОТЫ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИН КОМПАНИИ «HEXAGON METROLOGY»

1.1 Преимущества использования координатно-измерительных машин при контроле продукции

В условиях современного рынка, жесткой конкуренции и постоянного совершенствования технологий на предприятиях различных областей промышленности остро встает проблема быстрого и всестороннего контроля деталей, оснастки, заготовок, а также прототипов будущих изделий.

Одним из современных технических средств обеспечения качества на любом высокотехнологичном производстве являются координатно-измерительные машины (КИМ). С их помощью автоматизируются процессы измерения и наладки в автоматизированных комплексах машиностроения [1].

Координатно-измерительная машина – это автоматическое средство высокоточных измерений, обладающее универсальной техникой и способное надежно и эффективно работать в цеховых условиях в реальном масштабе времени.

Организация контроля с применением КИМ целесообразна при обработке резанием сложных профильных заготовок. Они могут не только измерять типовые поверхности, но и определять систему координат положения специальных поверхностей относительно базовых. КИМ позволяют контролировать параметры корпусных деталей, валов, рычагов, втулок и других изделий, поверхности которых образуют плоскости, цилиндры, конусы, сферы, линии пересечения различных поверхностей. Результаты измерений представляются в виде отпечатанных протоколов или оперативных сообщений, отображающих информацию. Одновременно эти данные могут накапливаться в

электронно-вычислительных машинах (далее – «ЭВМ») для последующей статистической обработки [2].



Рисунок 1 – Координатно-измерительная машина мостового типа

В основу работы КИМ положен расчет параметров поверхностей по результатам измерения положения отдельных точек на этих поверхностях. Для отсчета положения отдельных точек используется координатная система, относительно которой положение измеряемого объекта фиксировано.

Исполнительным органом КИМ являются щуповые измерительные головки (датчики касания) высокой чувствительности (механические, оптические, электрические точечные, электрические непрерывные).

Координаты измерений детали с помощью системы ощупывания измеряются в декартовой системе координат. Начало координат выбирается свободно оператором, а направление осей должно совпадать с направлением перемещения подвижных узлов базовой части КИМ. Они несут измерительные головки или измерительную деталь.

Вся обработка результатов измерения осуществляется управляющим вычислительным комплексом (УВК), в состав которого кроме ЭВМ, стандартных периферийных устройств и блока управления электроприводами входят нормирующие и другие виды преобразователей [2].

Нормируемыми документами, которые регулируют работу на координатно-измерительных машин, являются:

Федеральный закон "Об обеспечении единства измерений" от 26.06.2008 N 102-ФЗ (последняя редакция).

Федеральный закон регулирует отношения, возникающие при выполнении измерений, установлении и соблюдении требований к измерениям, единицам величин, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений, применению стандартных образцов, средств измерений, методик (методов) измерений, а также при осуществлении деятельности по обеспечению единства измерений, предусмотренной законодательством Российской Федерации об обеспечении единства измерений, в том числе при выполнении работ и оказании услуг по обеспечению единства измерений [3].

В данной выпускной квалификационной работе использованы следующие статьи федерального закона: статья 5. Требования к измерениям; статья 6. Требования к единицам величин; статья 9. Требования к средствам измерений; статья 12. Утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений; статья 13. Поверка средств измерений и другие.

ГОСТ Р ИСО 10360-2-2017 Характеристики изделий геометрические. Приемочные и перепроверочные испытания координатно-измерительных машин. Координатно-измерительные машины, применяемые для измерения линейных размеров.

Настоящий стандарт распространяется на координатно-измерительные машины (КИМ), применяемые для измерения линейных размеров, и устанавливает порядок проведения их приемочных (предназначенных для проверки соответствия характеристик КИМ установленным производителем нормам) и перепроверочных (дающих возможность пользователю периодически перепроверять характеристики КИМ) испытаний [4].

Данный национальный стандарт содержит в себе такие разделы, как: область применения, нормативные ссылки, термины и определения,

обозначения, условия проведения испытаний, приемочные и перепроверочные испытания.

ГОСТ Р ИСО 10360-4-2017 Характеристики изделий геометрические. Приемочные и перепроверочные испытания координатно-измерительных машин. Координатно-измерительные машины, применяемые в режиме сканирования.

Настоящий стандарт распространяется на координатно-измерительные машины (КИМ), используемые в режиме сканирования, и устанавливает порядок проведения их приемочных (предназначенных для проверки соответствия характеристик КИМ установленным производителем нормам) и перепроверочных (предназначенных для периодической перепроверки характеристик КИМ пользователем) испытаний [5].

Стандарт содержит информацию о требованиях к метрологическим характеристикам, к приемочным и перепроверочным испытаниям.

ГОСТ Р ИСО 10360-5-2017 Характеристики изделий геометрические. Приемочные и перепроверочные испытания координатно-измерительных машин. Координатно-измерительные машины, использующие одно- и многотуповые контактные зондирующие системы.

Область применения ГОСТ Р ИСО 10360-5-2017: установление порядка проведения приемочных и периодических перепроверочных испытаний координатно-измерительных машин (КИМ) с контактными зондирующими системами и распространяется только на КИМ, использующие: контактную зондирующую систему любого типа, режим дискретного зондирования, сферические или полусферические наконечники щупов [6].

МИ 2569-99 Рекомендация. ГСИ. Машины координатно-измерительные портального типа. Методика поверки.

Данная рекомендация распространяется на машины КИМ портального типа с системой ЧПУ и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Документ содержит следующие разделы: операции поверки, средства поверки, требования к квалификации поверки, требования безопасности, условия поверки, проведение поверки, оформление результатов поверки [7].

Координатно-измерительная машина — устройство для измерения геометрических характеристик объекта и может управляться вручную оператором или автоматизировано компьютером [8].

К этим машинам предъявляются следующие требования:

- простота обслуживания;
- оптимальная доступность;
- высокая точность измерений и воспроизведения;
- непродолжительность измерения;
- автоматизированный метод измерения;
- управление процессом измерения при помощи вычислительного устройства.

Технические и экономические преимущества КИМ:

- сокращение времени, трудоемкости и ошибок измерений;
- возможность комплексного контроля качества и автоматизация получения результатов замеров;
- повышение эксплуатационной гибкости системы;
- работа в режиме ограниченного обслуживания и т.д.;
- универсальность: контрольно-измерительные операции можно осуществлять как на этапе освоения, так и при серийном выпуске деталей, а также позволяет за одну установку проконтролировать практически все нормируемые параметры, и в лаборатории, и в цеховых условиях.

Исходя из совокупности технических и экономических преимуществ координатно-измерительных машин, нельзя не отметить, что у каждого типа существуют дополнительные индивидуальные конструктивные и эксплуатационные особенности.

1.2 Классификация координатно-измерительных машин

Всю совокупность конструктивных решений КИМ можно разделить на три группы в зависимости от расположения и конструкции узла, на котором находится датчик касания: машины консольного, порталного и мостового (на колоннах) типов. Определенному виду присущи собственные особенности, которые полностью зависят от области применения.

На рынке представлен широкий спектр КИМов различной конфигурации и конструкции. Мировыми производителями таких машин являются такие компании, как «Romer», «Nikon Metrology», «Aberlink», «Лапик», Galika, «Hexagon Metrology».

Перед тем как приступить к выбору оптимальной измерительной системы, следует четко понять круг задач, для решения которых предназначена ваша координатно-измерительная машина (КИМ).

Стационарные КИМ применяются в различных отраслях промышленности для начального и конечного контроля изделий. Ассортимент машин включает в себя различные модели стационарных КИМ: от малых до крупногабаритных, с диапазоном измерений до 10x7x4 м, а также высокоточные КИМ с точностью измерений до $(0,7 + L/600)$ мкм, подходящие для использования в метрологической лаборатории [9].

Большинство компаний по разработке решений для промышленной метрологии использует стандартную классификацию координатно-измерительных машин в практике. Но некоторые корпорации имеют свою уникальную типологию. Таким образом компания, входящая в шведскую группу «Hexagon AB» и специализирующаяся на разработке решений для промышленной метрологии для автомобильной, аэрокосмической, энергетической и медицинской отраслей, «Hexagon Metrology» имеет следующую классификацию КИМ.

Мостовые КИМ – это приборы, в которых подвижный элемент располагается на колоннах (стойках) и при измерении датчик касания перемещается по всем координатам [10].

Движение щупа осуществляется по трем осям (X, Y и Z). Эти три оси ортогональны друг к другу, как и в обычной трех осевой системе координат. Каждая ось содержит масштабную линейку, с помощью которой определяется местоположение щупа по оси. Режим считывания данных со щупа определяется оператором или программой. Как правило, машины считывают координаты каждой точки с микронной точностью.

К мостовым координатно-измерительным машинам относятся КИМ начального уровня, КИМ с увеличенной производительностью, КИМ повышенной точности.

- КИМ начального уровня – это специализированные системы с координатно-измерительными машинами начального уровня для экономных производителей, которым требуется измерение базовых качественных параметров.



Рисунок 2 – КИМ начального уровня

- КИМ с увеличенной производительностью – это машины, которые сочетают в себе различные технологии, направленные на решение производственных задач, начиная от повышения производительности измерений и заканчивая расширением возможностей измерительных процессов.



Рисунок 3 – КИМ с увеличенной производительностью

- КИМ повышенной точности – это сверхточные координатно-измерительные машины (КИМ) обеспечивают точность, необходимую для работы с деталями сложной геометрии в приложениях, требующих предельной точности [11].



Рисунок 4 – КИМ повышенной точности

Крупногабаритные КИМ портально-мостового типа – приборы, в которых датчик касания расположен на верхней части портала, т. е. балки, и перемещается с суппортом вдоль портала (по оси Y или X) вместе с пинолью (ось Z). По конструктивным решениям порталные машины можно разделить на машины с подвижным и неподвижным порталами [12].



Рисунок 5 – Крупногабаритная КИМ портально-мостового типа

Крупногабаритные стационарные координатно-измерительные машины портального и/или мостового типа для 3D-измерений от «Hexagon Metrology»

обеспечивают достижение колоссальных по значимости эксплуатационных качеств. Они отличаются не только гигантской вместимостью в мире координатно-измерительных систем, которые затмевают своими параметрами все другие системы, а также впечатляют применением в них особо прочных материалов, стабильных конструкций и высокой точностью при размещении таких машин в производственном цехе, а также в технологической, или в измерительной камере.

КИМ стоечные. Преимущества координатно-измерительных машин (КИМ) с горизонтальными измерительными руками от «Hexagon Metrology» особенно проявляются при обеспечении контроля качества деталей из листовой стали в автомобильной промышленности или при контроле качества изготовления других крупногабаритных деталей в аэрокосмической промышленности, судостроении, оборонной промышленности, при производстве бытовой техники, в машиностроении и железнодорожной промышленности. Открытые конструкции, применяемые в этих машинах, обеспечивают возможность прямого доступа к обмеряемой детали и поэтому значительно упрощаются операции ее загрузки и выгрузки. Стоечные КИМ с горизонтальной измерительной рукой можно также встраивать в виде элемента системы автоматизированного поточного производства, например, для измерения параметров неокрашенных кузовов автомобилей [11].



Рисунок 6 – Стоечная КИМ

Цеховые КИМ. Можно предполагать, что в условиях цехов основного производственного цикла невозможно добиться точности измерений, которая обеспечивается при измерениях в специально подготовленных производственных помещениях. Однако при использовании координатно-измерительных машин компании «Hexagon» производство разведки, специально подготовленных к условиям эксплуатации в цехах основного производства, точность измерений уже не зависит от условий эксплуатации этих машин [11].



Рисунок 7 – Цеховая КИМ

Мультисенсорные и оптические КИМ. Технологическая гибкость или универсальность являются ключевыми отличиями мультисенсорной технологии. Универсальность в мире метрологии означает обеспечение свободы выбора средств для контактных и бесконтактных, оптических измерений с применением единственной адаптированной измерительной системы. При этом использование единственной системы является достаточным для обеспечения контактных и бесконтактных, оптических измерений всех контролируемых параметров обрабатываемой детали [11].



Рисунок 8 –Мультисенсорная КИМ

Вне зависимости от типа, любая координатно-измерительная машина не может работать без программного управления (ПУ). В ПУ входит компьютер (ЭВМ) и программное обеспечение. Таким образом, компания «Hexagon Metrology» при сотрудничестве с компаниями-партнерами разработала для своих КИМ уникальную программную оболочку, которая применяется на большинстве машин.

1.3. Программное обеспечение PC-DMIS

Программное обеспечение – та часть контрольно-измерительных комплексов, которая за последние 10-15 лет претерпела наибольшие изменения. Такой бурный прогресс связан в первую очередь с существенным приростом производительности персональных ЭВМ, на которых оно установлено и появлением новых концепций программирования. Все это выразилось в активном использовании методов компьютерной графики в программном обеспечении КИМ. На сегодняшний день существует достаточно большое количество измерительных программ. Некоторые из них разрабатываются компаниями-производителями КИМ.

Программное обеспечение (ПО) — программа или множество программ, используемых для управления компьютером [13].

PC-DMIS – это программное обеспечение, разработанное «Hexagon Metrology». Данная программа помогает улучшить рабочий процесс за счет более быстрой разработки измерительных процедур и мощных алгоритмов стратегии измерения.

Программное обеспечение PC-DMIS является наиболее широко используемым в мире, работающим более чем на 60 000 рабочих мест по всему земному шару. Его мощные функции позволяют выполнять любые измерения: от простейших призматических деталей до наиболее сложных компонентов аэрокосмической и автомобильной промышленности.

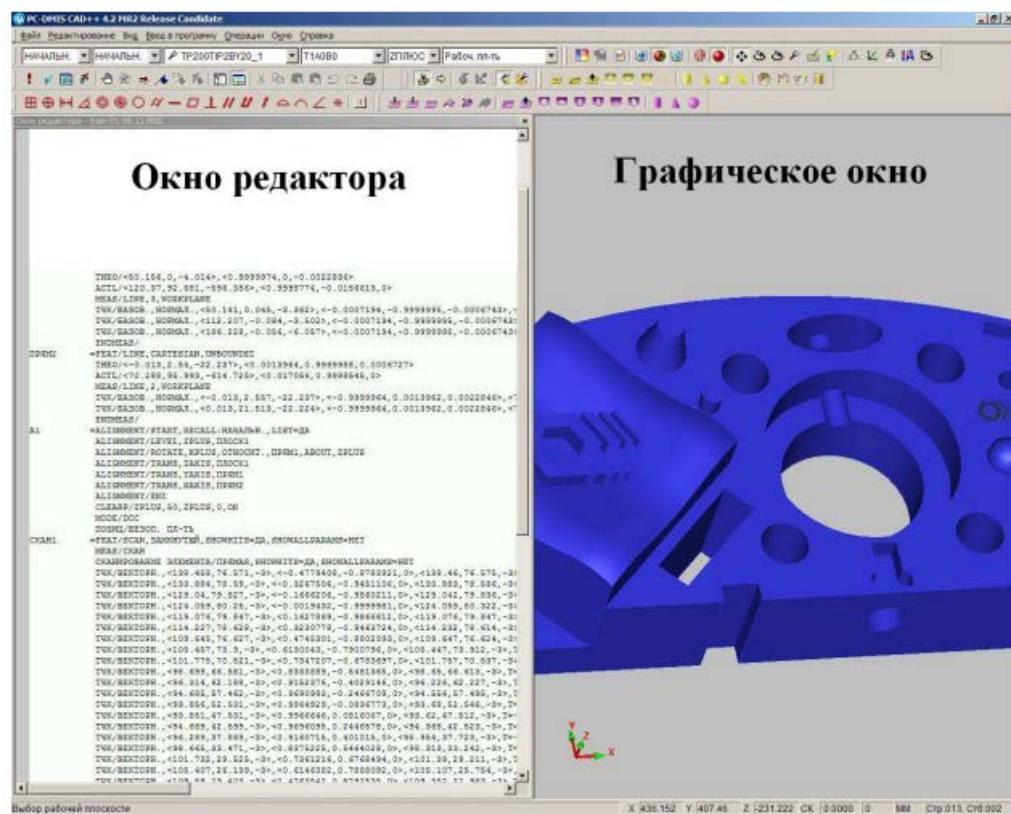


Рисунок 9 – Рабочее окно программы PC-DMIS

PC-DMIS представляет собой интерактивное графическое программное обеспечение, способное работать практически с любыми КИМ и системами CAD. Программное обеспечение специально разработано компанией «Hexagon Metrology» для использования цеховым персоналом с минимальной подготовкой.

PC-DMIS революционизирует процессы измерения, будучи основателем таких технологий, как:

- использование моделей САПР в методиках контроля;
- прямая связь систем САПР с измерительным программным обеспечением с помощью технологии Direct CAD Interface (DCI);
- реализация полного комплекта процедур работы со стальным листовым материалом, предназначенных для автомобильной промышленности;
- измерение цифровых моделей в автономной системе виртуальной КИМ;

- простое выравнивание деталей сложного профиля с помощью революционной интерактивной технологии выравнивания.

PC-DMIS является стандартным программным обеспечением измерительных устройств «Hexagon Metrology»; оно также используется для интеграции измерительных устройств большинства других производителей, давая возможность пользователям оборудования, не производимого компанией «Hexagon Metrology», пользоваться преимуществами технологии PC-DMIS[14].

PC-DMIS выпускается в трех основных конфигурациях: Pro, CAD и CAD++, с дополнительными модулями, предназначенными для точной подгонки под конкретные нужды. Также имеется автономная версия для виртуального программирования.

Программное обеспечение PC-DMIS CAD++ предназначено для измерения деталей, состоящих как из стандартных геометрических элементов, так и сложных поверхностей, и профилей с использованием CAD моделей деталей (в стандартных CAD форматах). PC-DMIS CAD++ включает в себя поддержку мощных функций сканирования для эффективного контроля сложных геометрических форм таких как отливки, модели, турбинные лопатки, детали из листа и т.д. Программа PC-DMIS CAD++ позволяет импортировать из CAD модели поверхности детали номинальные значения координат измеряемой точки и ее вектор нормали. PC-DMIS CAD++ также помогает создавать математические модели неизвестных деталей, состоящих из стандартных геометрических элементов, для целей обратного инжиниринга.

Данная конфигурация программного обеспечения имеет встроенный алгоритм автоматического распознавания типа измеренного геометрического элемента, в процессе измерения автоматически создается интерактивное графическое изображение геометрических элементов измеряемой детали на экране [14].

Таким образом, программное обеспечение PC-DMIS CAD++ в полной мере обеспечивает совместную работу ЭВМ и координатно-измерительных машин, и позволяет автоматизировать процесс измерений.

1.4 Принцип работы координатно-измерительных машин

Координатно-измерительная машина модели DEA DELTA представлена на рисунке 10. Она предназначена для контроля:

- линейно-угловых размеров;
- формы измеряемых объектов;
- взаимного положения геометрических объектов.

Координатно-измерительная машина состоит из трёх частей:

1. Механическая часть;
2. Система ЧПУ (контроллер);
3. Вычислительная система с программным обеспечением.

Технические характеристики.

Тип машины: DEA DELTA является координатно-измерительной машиной мостового типа с опорными колоннами. Мостовая структура обеспечивает наилучший доступ оператора к детали, минимизирует инерцию подвижных масс машины, обеспечивая максимальную структурную жесткость.

- считыватели высокой точности (0,1 мкм);
- подвижные части;
- каретка повышенной жесткости по патентованной технологии «SlantBridge» изготовлена из алюминиевого сплава;
- пиноль изготовлена из керамики;
- приводы осей X и Z с помощью зубчатого ремня;
- безлюфтовая зубчатоременная передача оси Y;
- линейки высокой точности METALLUR (с золотым покрытием), с официально сертифицированным РТВ коэффициентом линейного расширения;
- электродвигатели привода постоянного тока;
- математическая компенсация геометрических погрешностей машины по 21 параметру [15].



Рисунок 10 – Контрольно-измерительная машина модели DEB DELTA CLASSIC 25.51.20 «HEXAGON Metrology»

Метрологические характеристики.

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

Принято подразделять метрологические характеристики средств измерений на 4 группы: номинальные характеристики, характеристики погрешности СИ, характеристики чувствительности СИ к влияющим величинам и неинформативные параметры выходного сигнала, динамические характеристики СИ.

Номинальные характеристики КИМ DEA DELTA CLASSIC 25.51.20:

Диапазон перемещений (мм): X=2500

Y=5100

Z=2000

Максимальная масса детали (кг): 16000

Габаритные размеры (мм): LX=2500

LY=5100

LZ=2000

Разрешающая способность: 0,1 мкм

Характеристики погрешности:

Точность: $E = 4,8 + 4,8L/1000$ (мкм), где

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

L – измеряемая длина в миллиметрах.

Характеристики чувствительности СИ к влияющим величинам:

Точность гарантируется при следующих условиях:

- Общие колебания $T=20\pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Пространственные изменения: 1°C в пространстве.
- Скорость изменения: 1°C в час, 1°C в сутки.
- Щуп TP20 (с наконечником длиной 10 мм, диаметром 4 мм).

Динамические характеристики.

Максимальная 3D скорость позиционирования: 665 мм/сек.

Характеристики управления.

Для управления подвижной частью в КИМ установлен электронный контроллер ВЗС-ЛС. Контроллер установлен внутри вентилируемого корпуса. Контроллер имеет функцию Fly, обеспечивающую непрерывную интерполяцию перемещения осей для оптимизации времени измерительного цикла. Контроллер оснащен выносным портативным пультом управления и джойстиком.



Рисунок 11 – Портативный пульт управления с джойстиком

Портативный пульт управления, представленный на рисунке 11, используется для управления перемещениями машины в ручном режиме, он позволяет оператору изменять скорость перемещения машины, выполнять ряд функций, предусмотренных программой измерения, а также производить аварийную остановку машины [14].

Измерительный инструмент.

- автоматическая поворотная головка TESASTAR-m 2.5 HD;
- измерительный щуп Renishaw TP20;
- набор наконечников «Kit 7».

Тем самым, на координатно-измерительной машине DEA DELTA CLASSIC 25.51.20 можно измерить практически любые параметры крупногабаритных деталей. Именно такие детали закупает «Уральский моторно-дизельный завод» для изготовления продукции.

2. КОНТРОЛЬ ДЕТАЛИ «ГОЛОВКА БЛОКА ЦИЛИНДРА» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ МОДЕЛИ DEA DELTA CLASSIC 25.51.20 НА ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ PC-DMIS В УСЛОВИЯХ «УРАЛЬСКОГО ДИЗЕЛЬ-МОТОРНОГО ЗАВОДА»

2.1 Характеристика «Уральского дизель-моторного завода»

ООО «Уральский дизель-моторный завод» («УДМЗ») — ведущее российское машиностроительное предприятие по выпуску дизелей и дизель-генераторов различных типов для судостроения, тепловозостроения, в малой энергетике (логотип ООО «УДМЗ» представлен на рисунке 12). Предприятие образовано в 2003 году при разделении производственного комплекса ОАО «Турбомоторный завод» (г. Екатеринбург). В Группу «Синара» завод вошел в 2008 году. В состав машиностроительного холдинга «Синара-Транспортные Машины» Группы Синара — в феврале 2010 года [17].

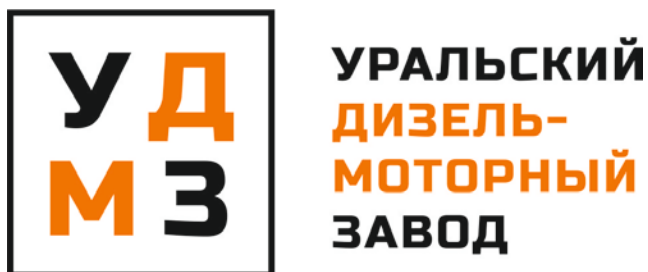


Рисунок 12 – Логотип ООО «УДМЗ»

В настоящее время Уральский дизель-моторный завод занимается разработкой, созданием, реализацией и дальнейшим совершенствованием:

- дизелей ДМ-21 мощностью от 1050 до 2600 л.с.;
- автоматизированных дизель-генераторов мощностью от 630 до 1600 кВт для судов с неограниченным районом плавания;
- электроагрегатов и блочно-транспортабельных электростанций мощностью от 630 до 1600 кВт;

- модернизированных дизелей 8ДМ-21Л для маневровых тепловозов ТГМ-6Д и ТЭМ9;
- дизелей ДМ-185 мощностью от 750 до 3 800 кВт (с потенциалом модернизации до 6 000 кВт).

Ключевой продукцией завода является семейство дизельных двигателей ДМ-21, которое включают модификации:

- 6-цилиндровый дизель ДМ-21 мощностью 1050-1500 л.с.;
- 8-цилиндровый дизель ДМ-21 мощностью 1300-2000 л.с.;
- 12-цилиндровый дизель ДМ-21 мощностью 2000-3000 л.с.

В 2015 году завод представил дизельный двигатель нового поколения — ДМ-185 [17].

ООО «УДМЗ», как и любое предприятие, имеет свою организационную структуру (рисунок 13).

Организационная структура— документ, схематически отражающий состав и иерархию подразделений предприятия. Организационная структура устанавливается исходя из целей деятельности и необходимых для достижения этих целей подразделений, выполняющих функции, составляющие бизнес-процессы организации [18].

Организационная структура определяет распределение ответственности и полномочий внутри организации. Как правило, она отображается в виде органиграммы — графической схемы, элементами которой являются иерархически упорядоченные организационные единицы (подразделения, должностные позиции).

ООО «Уральский дизель-моторный завод» использует функциональный подход в формировании структуры организации.

Функциональный подход состоит в том, что группировка рабочих заданий и профильных специалистов в отделы осуществляется в соответствии с видами деятельности и квалификации [19].

Организационная структура управления
Общества с ограниченной ответственностью «Уральский дизель-моторный завод»
с 1 июля 2018 года



Рисунок 13 – Организационная структура управления ООО «УДМЗ»

На ООО «УДМЗ» к таким группировкам относятся: Опытное производство; Юридический отдел; Коммерческий отдел; Департамент разработки нового семейства дизелей; Отдел главного технолога; Служба главного конструктора; Дирекция по производству; Дирекция гарантийного обслуживания; Департамент закупок; Служба главного инженера; Дирекция по качеству; Служба управления заказами; Департамент по экономике, финансам и информационным технологиям; Департамент по управлению персоналом; Заместитель главного директора по экономической безопасности и режиму.

Руководство каждого отдела напрямую подчиняется генеральному директору ООО «УДМЗ» - Скворцову Петру Петровичу.

В связи с созданием, проведением испытаниями и постоянной необходимостью контролем готовой продукции на предприятии ООО «УДМЗ» проводят большое количество измерений геометрических параметров деталей, как на межоперационном контроле, так и на контроле готовой продукции. По результатам измерений выносят решение о годности детали или продукции. Контрольно-измерительные задачи на данном предприятии выполняет бюро точных измерений (БТИ), которое относится к отделу технического контроля (ОТК), который, в свою очередь, подчиняется дирекции по качеству. Организационная структура управления дирекции по качеству представлена на рисунке 14.

Организационная структура управления
Дирекция по качеству
с 01 ноября 2018 г.

Приложение №3
К приказу № 167-1 от 29 октября 2018 г.
Введена в действие с 01 ноября 2018 г.



Рисунок 14 – Организационная структура дирекции по качеству

Таким образом, организационная структура бюро точных измерений выглядит следующим образом (схема 1).

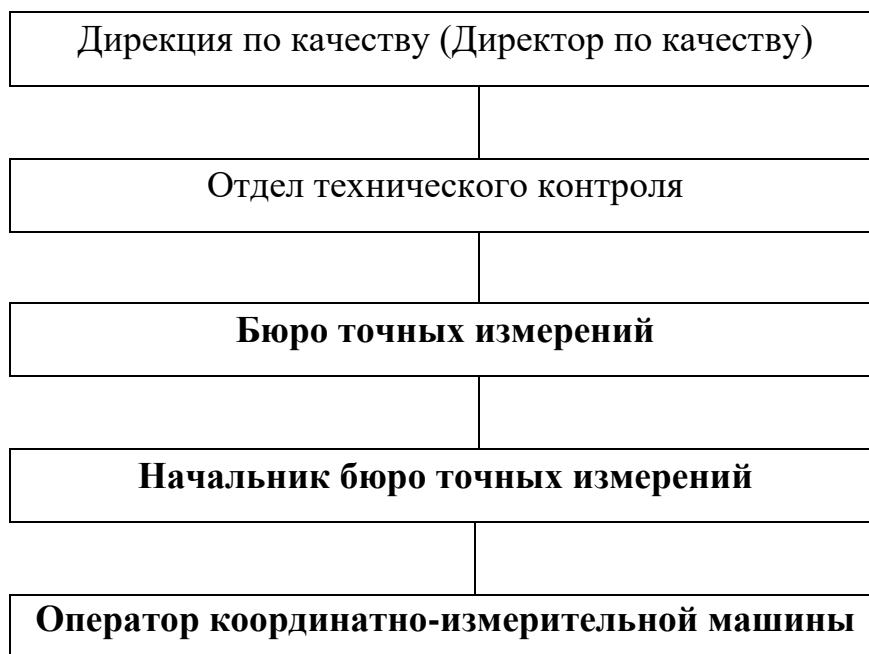


Схема 1 – Организационная структура бюро точных измерений

БТИ оснащено двумя координатно-измерительными машинами моделей DEA DELTA CLASSIC 05.05.05 и DEA DELTA CLASSIC 25.51.20.

Машины управляются вручную оператором (ручной режим) или автоматизировано (режим КИМ). Измерения проводятся посредством датчика, который перемещается по трем осям (X, Y, Z) машины. Измерительные датчики отличаются по принципу действия (электро-контактные, индукционные, оптические, ёмкостные, пьезометрические, тензометрические), выходному сигналу (аналоговые, дискретные), способу измерения (контактные, бесконтактные), типу измерения (сканирующие, триггерные) и другие. На КИМ DEA DELTA CLASSIC 25.51.20 используется контактный датчик, на КИМ DEA DELTA CLASSIC 05.05.05 – контактный, со сканирующей головкой. Также, различия этих машин в габаритных размерах и диапазоне измерений.

Ежегодно координатно-измерительные машины подвергаются процедуре поверки.

Поверка КИМ –это комплекс мер для подтверждения соответствия устройств заявленным точностным характеристикам. Она позволяет выявить неисправности или неточности в работе. В том числе чтобы устранить их и восстановить нормальную работу метрологического оборудования [20].

Виды поверки: первичная, периодическая, внеочередная, инспекционная.

Первичную поверку проводит производитель сразу после изготовления единицы оборудования. Также повторно ее могут проводить после ремонта или если КИМ переправляется через границу.

Периодическая. Для разных типов техники периодичность отличается. Она обязательна. Но если оборудование находится на продолжительном хранении и долгое время не используется, процедуру можно не проводить.

Внеочередная. Чаще всего нужна при повреждении поверительного клейма или свидетельства, подтверждающего проведение предыдущей поверки. Может понадобиться после сильных падений или ударов агрегата. Плюс если КИМ будет использоваться после длительного хранения.


Инспекционную поверку назначают органы метрологического надзора. Например, по требованию прокуратуры или решению суда [20].

Поверку координатных машин бюро точных измерений проводит Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Свердловской области» (ФБУ «УРАЛТЕСТ») по концевым мерам в соответствии методике поверки КИМ (п.1.1).

ФБУ "УРАЛТЕСТ" осуществляет полномочия в Свердловской области в сфере технического регулирования и метрологии, включая стандартизацию, обеспечение единства измерений, оценку соответствия, аккредитацию, испытания и продвижение политики Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии. «УРАЛТЕСТ» находится в ведении Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) [21].

После завершения процедуры поверки поверителем «Уралтеста» составляется свидетельство о поверке государственного образца (рисунок 15).


096



РОССТАНДАРТ
 Федеральное бюджетное учреждение
 «Государственный региональный центр стандартизации,
 метрологии и испытаний в Свердловской области»
 (ФБУ «УРАЛТЕСТ»)
 620990, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская, 2А
 тел. (343) 236-30-15
 www.uraltest.ru uraltest@uraltest.ru

Регистрационный номер аттестата аккредитации в области поверки средств измерений № RA.RU.311249
 ФБУ «УРАЛТЕСТ» соответствует требованиям ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009

СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОВЕРКЕ
 № **1073515**



Действительно до « 03 » декабря 2019 г.

Средство измерений Машина трехкоординатная измерительная DEA Delta CLASSIC 25.51.20,
наименование, тип, модификация, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений
 рег. № 58275-14
(если в составе средства измерений входят несколько автономных измерительных базисов - их перечислить в заводские номера)

отсутствует
серия и номер базиса предыдущей поверки (если таковые серия и номер имеются)

заводской номер (номера) DESL000099IA

поверено ось X от 0 до 2500 мм; ось Y от 0 до 5100 мм; ось Z от 0 до 2000 мм
наименование величин, диапазонов, на которых поверено средство измерений (если предусмотрено методикой поверки)


поверено в соответствии с МИ 2569-99 "ГСИ. Машины координатно-измерительные
наименование документа, на основании которого выполнена поверка
портального типа. Методика поверки"

с применением эталонов Государственный рабочий эталон единицы длины 3 разряда в
наименование, тип, заводской номер, регистрационный номер (при наличии)
диапазоне значений от 100 до 1000 мм РЕГ № 3.1.ZCE.0013.2012
разряд, класс или погрешность эталона, примененного при поверке


при следующих значениях влияющих факторов температура окружающей среды 21,0 °С;
приводит перечень влияющих факторов,
относительная влажность воздуха 40,0 %
корректированы в документе на методику поверки с указанием их значений

и на основании результатов первичной (периодической) поверки признано
 соответствующим установленным в описании типа метрологическим требованиям
 и пригодным к применению в сфере государственного регулирования обеспечения
 единства измерений.

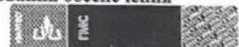
Знак поверки



Начальник отдела



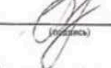
А.В. Богатырева
(инициалы, фамилия)



Поверитель

Дата поверки

« 04 » декабря 2018 г.



Ю.С. Лайпанова
(инициалы, фамилия)

Рисунок 15 – Свидетельство о поверке

Таким образом, координатно-измерительная машина КИМ DEA DELTA CLASSIC 25.51.20 признана соответствующей метрологическим требованиям и пригодна к применению в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений.

2.2 Анализ требований к контролируемым параметрам детали «Головка блока цилиндра» при входном контроле

Головка блока цилиндра (ГБЦ) – важнейший элемент двигателя внутреннего сгорания, который закрывает сверху цилиндры и крепится к блоку цилиндров при помощи болтов крепления головки или направляющих шпилек. ГБЦ, по сути, представляет собой крышку, которая накрывает цилиндры двигателя внутреннего сгорания (ДВС) [22].

Назначение детали: Головка блока берет на себя обязанности по выполнению таких важных функций, как обеспечение базировки и размещения компонентов газораспределительного механизма, элементов подвода и отвода топлива, обеспечение газодинамических характеристик воздушного заряда, отвод из камеры сгорания продуктов горения, формирование камеры сгорания и обеспечение ее герметичности, отвод и подвод масла для компонентов газораспределительного механизма (ГРМ). Также ГБЦ является важным элементом, благодаря, которому обеспечивается соответствие дизеля экологическим стандартам по уровню выброса вредных веществ (рисунок 16).

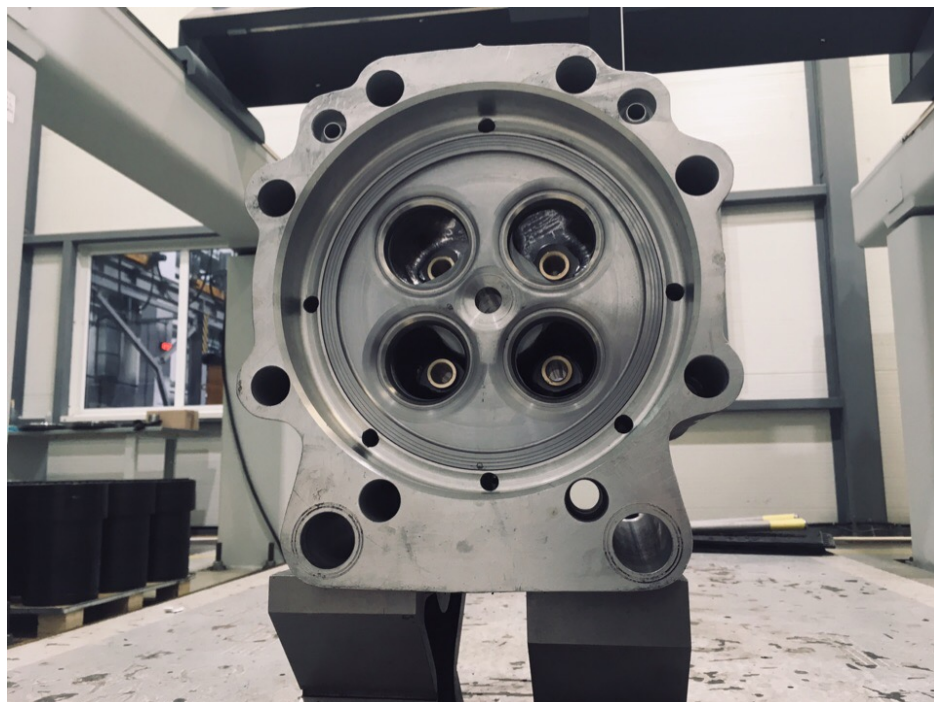


Рисунок 16 – Головка блока цилиндра

ГБЦ выполняет ряд важнейших функций:

- крышка головки блока цилиндров осуществляет защитную функцию;
- в крышке находится маслозаливная горловина;
- прокладка головки блока цилиндров обеспечивает уплотнение в месте прилегания ГБЦ к БЦ;
- головка блока является местом для размещения натяжителя цепи и привода распределительного вала в отдельной полости спереди ГБЦ;
- резьбовые отверстия для свечей зажигания и инжекторных форсунок находятся в корпусе головки;
- камеры сгорания полностью или частично располагаются в ГБЦ;
- головка является местом установки газораспределительного механизма (ГРМ);
- в корпусе головки предусмотрены отверстия для установки впускного и выпускного коллектора;

Головку блока цилиндров изготавливают посредством литья из легированного чугуна или алюминиевых сплавов. После завершения отливки головку блока цилиндров подвергают процессу искусственного старения по специальной технологии. Это делается для того, чтобы снять с элемента остаточное напряжение, так как в процессе работы ГБЦ испытывает серьезные нагрузки. Для рядного двигателя устанавливается одна ГБЦ. На V-образных двигателях головка устанавливается на каждый ряд цилиндров. Существуют ГБЦ с нижним расположением клапанов, а также головки с верхним расположением клапанов. Первый тип имеет упрощенную конструкцию сравнительно со вторым.

В ГБЦ частично или полностью размещены камеры сгорания. Внутри головки присутствуют впускные и выпускные каналы, каналы «рубашки охлаждения» для циркуляции охлаждающей жидкости, а также масляные каналы смазочной системы двигателя. Впускные каналы для подачи топливно-

воздушной рабочей смеси или только воздуха в цилиндры, а также каналы для выпуска отработавших газов, ведут в каждую отдельную камеру сгорания. Каждый из каналов заканчивается седлами клапанов, которые запрессованы в головку блока цилиндров. Седло клапана изготавливают из чугуна или других материалов.

Нижняя плоскость ГБЦ, которая прилегает к блоку цилиндров, выполняется более широкой. Это сделано для получения наилучшего уплотнения с поверхностью блока. Дополнительное уплотнение места соединения ГБЦ и блока достигается за счет использования прокладки головки блока цилиндров. Болты крепления имеют строгую последовательность в процессе затяжки, а также необходимо соблюдать момент затяжки. Такие болты затягивают при помощи динамометрического ключа.

Верхняя часть головки блока закрывается крышкой, которая называется клапанной крышкой и крепится к головке через уплотнительную резиновую прокладку. Крышка головки блока цилиндров изготавливается из алюминиевых сплавов или листовой стали. Головка блока цилиндров двигателя современного автомобиля может иметь сложную конструкцию в зависимости от особенностей устройства механизма газораспределения.

Для того, чтобы определить основные параметры детали, необходимо внимательно прочитать чертеж из демонстрационных материалов, приложенных к данной выпускной квалификационной работе. Из чертежа ГБЦ можно узнать название детали, наименование материала, из которого она изготовлена, установить какие виды детали представлены, какой вид является главным, определить размеры детали и размеры её элементов.

Проанализировав чертеж детали из демонстрационных материалов, можно выявить следующее:

Название детали: Головка (ГБЦ).

Обозначение детали на территории «УДМЗ»: 0330-05-001-7.

Наименование материала: АК7ч (АЛ9), ГОСТ 1583-93. Данный материал относится к группе сплавов I (Сплавы на основе системы «алюминий-кремний-

магний»). Марка сплава – АК7ч (АЛ9). Вид продукции – Чушка, отливка. Массовая доля основных компонентов – кремния 6,0-8,0 %; примесей – железа не более 0,6% (З, В), не более 1,0% (К), не более 1,5% (Д), марганца не более 0,5%, меди не более 0,20%, цинка не более 0,30%, никеля (титана + циркония) не более 0,15%, свинца не более 0,05%, олова не более 0,01%, кремния (бериллия) 0,1% (таблица Х) [23].

Масса детали: 35 кг.

Главный вид: вид А.

Габаритные параметры: 326x391x252 мм.

База: M_1 – ось форсуночного колодца. Базы при измерениях должны соответствовать базам, указанным в чертеже, потому что они выполнены с необходимой точностью.

Требования к качеству поверхности: шероховатость поверхностей 50, которые должны быть образованы без удаления слоя материала.

Деталь 0330-05-001-7 разработана конструкторами «Уральского дизель-моторного завода» в 1983 году. Ранее ГБЦ и все сопутствующие документы изготавливались на «УДМЗ», но в данный момент изготовлением и поставкой всех партий данной детали занимается одно из предприятий Китая. Поэтому при поставке деталей на «Уральском-дизель моторном заводе» вся партия подвергается входному контролю в бюро точных измерений.

Входной контроль – контроль продукции поставщика, поступившей к потребителю или заказчику и предназначенной для использования при изготовлении, ремонте или эксплуатации продукции [24].

Документом, регулирующим точность особо важных параметров, является паспорт детали. Деталь «Головка блока цилиндра» является закупочной, поэтому при покупке проводится входной контроль по паспорту изделия, разработанной конструкторами «Уральского дизель-моторного завода».

Паспорт детали – эксплуатационный документ, содержащий в себе данные об основных параметрах и характеристиках продукта, а также сведения о его сертификации и утилизации [25].

Наименование обмера	Размер по чертежу	Фактический размер	Примечание
Высота головки	252 _{-0,32}		C5 ①
Диаметр расточки под камеру сгорания	Ø218,5 ^{+0,185}		C4 ②
Диаметр отверстия под распылитель	Ø281 _{-0,33} _{-0,65}		C4 ③
Диаметр отверстия под распылитель	Ø18,8 ± 0,13		A3 ④
Диаметр отверстия в головке под уплотнение форсунки	Ø38 ^{+0,025}		B3 ⑤
Несоосность диаметров 38 и 18,8 форсуночного колодца относительно общей оси	0,03		B3 ⑥
Диаметры направляющих траверс	Ø20 ^{+0,028} _{+0,015}		терм.2 ⑦
			терм.2 ⑧
Глубина камеры сгорания	5 ± 0,05		терм.2 ⑨
Неперпендикулярность осей отверстий Т относительно плоскости Н	0,01		терм.2 ⑩
Размер между отверстиями направляющих клапана	91 ± 0,175		A6 ⑪
	85 ± 0,175		A5 ⑫

Размер между отверстиями для крепления на шпильки	104 ± 0,25		A5 ⑬
	130 ± 0,2		A6 ⑭
	280 ± 0,26		B5 ⑮
	115 ± 0,25		A5 ⑯

Рисунок 17 – Паспорт детали «Головка блока цилиндра»

Для входного контроля детали «Головка блока цилиндра» на координатно-измерительной машине необходимо измерить параметры по паспорту изделия (рисунок 17).

Таким образом, на координатно-измерительной машине необходимо провести контроль следующих параметров ГБЦ:

Высота головки $252_{-0,32}$

Диаметр расточки под камеру сгорания $\varnothing 218,5^{+0,185}$

Диаметр отверстия под распылитель $\varnothing 281_{-0,65}^{-0,33}$

Диаметр отверстия под распылитель $\varnothing 18,8 \pm 0,13$

Диаметр отверстия в головке под уплотнение форсунки $\varnothing 38^{+0,025}$

Несоосность диаметров 38 и 18,8 форсуночного колодца относительно общей оси $0,03$

Диаметры направляющих траверс $\varnothing 20_{+0,015}^{+0,028}$

Глубина камеры сгорания $5 \pm 0,05$

Неперпендикулярность осей отверстий Т относительно плоскости Н $0,01$

Размер между отверстиями направляющих клапана $91 \pm 0,175; 85 \pm 0,175$

Размер между отверстиями для крепления на шпильки $104 \pm 0,25; 130 \pm 0,2; 280 \pm 0,26; 115 \pm 0,25$

2.3 Процесс измерения детали «Головка блока цилиндра» при входном контроле

Проведение измерений крупногабаритной детали на координатно-измерительной машине DEA DELTA CLASSIC 25.51.20 достаточно трудоёмкий. Для того, чтобы систематизировать процесс измерений и провести контроль параметров ГБЦ в полном объеме необходимо соблюсти условия проведения измерений, подготовить деталь, средство измерения.

Условия проведения измерений и подготовка к ним.

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

- температура воздуха - $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$;
- 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.

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

Порядок проведения измерений:

Первый шаг – Анализ чертежа и паспорта измеряемой детали.

Анализ чертежа детали «Головка блока цилиндра» и паспорта данной детали описан в п.2.2.

Второй шаг – Установка детали в рабочей зоне КИМ.

Необходимо установить деталь таким образом, чтобы были доступны все элементы (поверхности, отверстия и т.д.), необходимые для измерения.

Проведя анализ чертежа, деталь «Головка блока цилиндра» решено установить на поверхность прилегания коллектора, так как данная поверхность не используется при построении размеров, указанных в паспорте (рисунок 18).

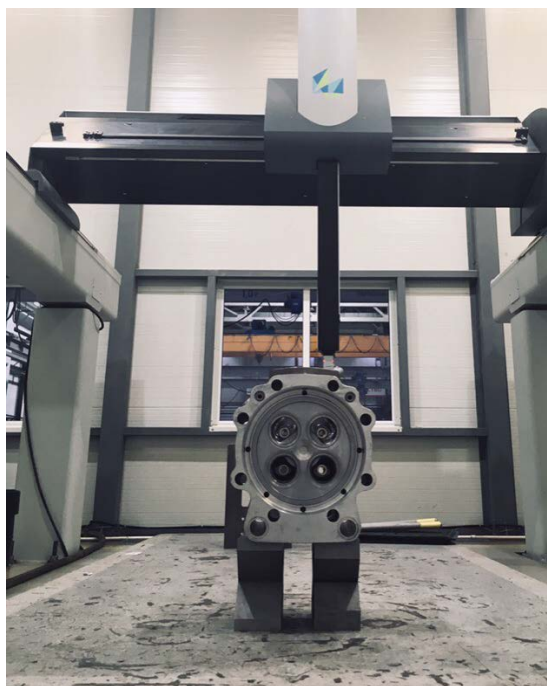


Рисунок 18 – Установка детали в рабочей зоне КИМ

Третий шаг – Подбор щупа и углов его разворота.

На данном этапе необходимо подобрать щуп и углы для контроля параметров детали.

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. *Подбор щупа может произвести только оператор КИМ, исходя из своего опыта работы.*

Координаты углов поворота щупа, которые будут использованы при написании программы, необходимо внести в программу. Подбор углов производится таким образом, чтобы щуп беспрепятственно мог касаться детали, чтобы оператор смог проконтролировать труднодоступные места и параметры со сложной геометрической формой.

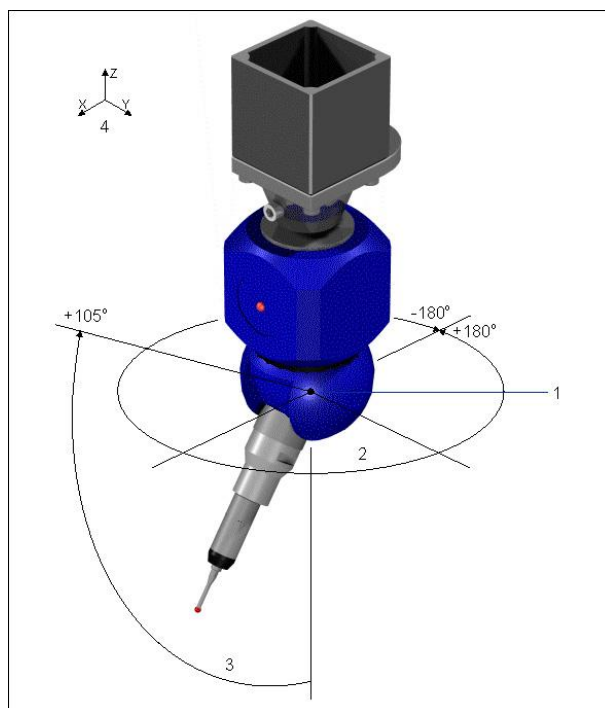


Рисунок 19–Углы поворота щупа

В машиностроении существует два типа углов: угол вращения и угол качения (рис. 19). Обозначаются такие углы в программе PC-DMIS латинскими буквами «A» и «B» соответственно. На схеме 2 представлена форма записи и отображения углов в программном обеспечении.

$$A_{xx}B_{xx}$$

где A- угол горизонтального поворота (угол вращения) $\pm 180^\circ$;

B – угол вертикальный поворота (угол качения) до 135° ;

xx –координата угла

Схема 2 – Отображение координат угла щупа в PC-DMIS

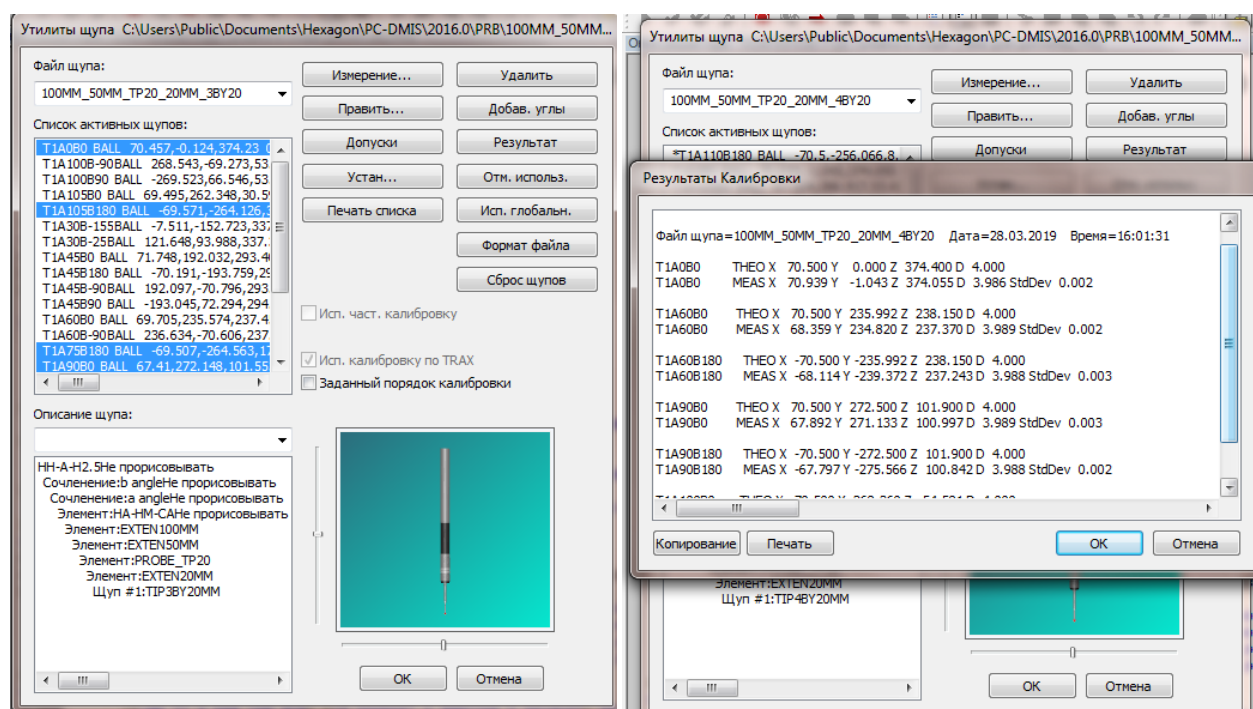
Для контроля параметров детали «Головка блока цилиндра» необходимо внести в программу 5 координат углов: A0 B0; A105 B180; A75 B180; A90 B0; A90 B180.

Четвертый шаг – Калибровка выбранных углов по калибровочной сфере.

КИМ обычно получают данные измерения путем касания детали щупом (твердым или электронным), прикрепленным к измерительным осям машины.

Хотя наконечник щупа имеет достаточно малую погрешность, после того как щуп установлен на КИМ, необходимо, до того, как начать измерения, определить положение наконечника относительно системы координат машины. Поскольку щуп касается детали наконечником, имеющим округлую форму, центр и радиус щупа определяются путем измерения прецизионной сферы (калибровочной сферы).

Программа калибровки щупа по калибровочной сфере уже заложена в программное обеспечение PC-DMIS CAD++ и выполняется автоматически. На рисунке 20 представлены окна данной программы.



а

б

Рисунок 20 – Калибровка углов

а – выбор углов для калибровки; б – результаты калибровки

Пятый шаг – Базирование детали.

Базирование необходимо для определения положения детали в рабочей зоне КИМ. При базировании мы меняем систему координат КИМ. После базирования КИМ работает в системе координат детали, а не в своих начальных координатах. Базирование детали осуществляется с помощью нескольких ее

поверхностей, которые выполняют функцию баз. Для базирования используем исходные базы, те базовые поверхности, которые указаны на чертеже. Если измерительная база совпадает с исходной, то погрешность измерения минимальна.

В мире измерений используют два типа систем координат (СК). Первый тип называется машинная система координат. В ней оси X, Y и Z соответствуют перемещениям машины. Если смотреть на машину спереди, ось X будет направлена слева направо, ось Y – спереди назад и ось Z направлена вверх и вниз, перпендикулярно другим двум. Вторая система координат называется системой координат детали, в ней три оси привязаны к опорным точкам или элементам детали [26].

Все размеры и допуски, указанные в чертеже (паспорте) определены относительно системы координат детали, которая имеет обозначение. СК детали должна быть построена для дальнейших измерений детали в автоматическом режиме. Построение СК состоит из последовательности действий, состоящей из измерения опорных геометрических элементов, с последующим ориентацией осей относительно этих элементов.

Для базирования детали «Головка блока цилиндра» необходимо коснуться щупом детали и задать плоскость (минимум 3 точки), два отверстия D=26 мм (минимум 3 точки для одного отверстия), построить прямую через центры этих окружностей (автоматически) (рисунок 21 а, б, в).

```
РАБ. ПЛ-      ТЪ/УПЛУС
ПЛОСК1=ЭЛ-   Т/ПЛОСКОСТЬ, ДЕКАРТОВ, ТРЕУГ.
НОМИН.      /<2.73,-0.037,141.78>,<0.0036547,-0.9999932,-0.0003854>
#АКТ.       /<2066.366,-3821.616,-1674.374>,<-0.0007723,-0.9999948,0.0031399>
ИЗМЕР.      /PLANE, 4
              ТЧК/БАЗОВЫЙ, НОРМАЛ., <-84.579,-0.351,129.484>,<0.0036547,-0.9999932,-0.0003854>,<981.96
-3821.589,-1686.532>, ИСП. ТЕОР.=ДА
              ТЧК/БАЗОВЫЙ, НОРМАЛ., <-39.093,-0.196,156.673>,<0.0036547,-0.9999932,-0.0003854>,<1023.3
5,-3821.543,-1661.923>, ИСП. ТЕОР.=ДА
              ТЧК/БАЗОВЫЙ, НОРМАЛ., <49.152,0.128,156.966>,<0.0036547,-0.9999932,-0.0003854>,<1110.408
-3821.613,-1662.641>, ИСП. ТЕОР.=ДА
              ТЧК/БАЗОВЫЙ, НОРМАЛ., <85.441,0.272,123.997>,<0.0036547,-0.9999932,-0.0003854>,<1149.747
-3821.717,-1686.402>, ИСП. ТЕОР.=ДА
КОНЕЦ ИЗМ. /
```

Рисунок 21 (а) – Базирование детали «Головка блока цилиндра». Плоскость.

```

ОКР1=ЭЛ- Т/ОКРУЖН. ДЕКАРТОВ. ВХОД, СРЕД. МНК
НОМИН. /<-64.77, 3.549, 139.978>, <-0.0005257, 0.9997728, 0.0213107>, 26.211
#АКТ. /<999.304, -3816.895, -1674.666>, <0, 1, 0>, 26.205
ИЗМЕР. /CIRCLE, 4, УПЛОС
ТЧК/БАЗОВЫЙ.НОРМАЛ., <-65, 3.829, 126.865>, <0.0175384, -0.0212982, 0.9996193>, <998.856, -381
6.895, -1687.771>, ИСП.ТЕОР.=ДА
ТЧК/БАЗОВЫЙ.НОРМАЛ., <-65.086, 3.27, 153.087>, <0.0241623, 0.0213171, -0.9994807>, <998.856, -
3816.895, -1661.561>, ИСП.ТЕОР.=ДА
ТЧК/БАЗОВЫЙ.НОРМАЛ., <-77.824, 3.564, 138.966>, <0.9970096, -0.0011228, 0.0772693>, <986.215,
-3816.896, -1674.951>, ИСП.ТЕОР.=ДА
ТЧК/БАЗОВЫЙ.НОРМАЛ., <-51.708, 3.576, 139.053>, <-0.9975013, -0.0020297, 0.0706192>, <1012.39
3, -3816.896, -1674.951>, ИСП.ТЕОР.=ДА
КОНЕЦ ИЗМ. /
ОКР2=ЭЛ- Т/ОКРУЖН. ДЕКАРТОВ. ВХОД, СРЕД. МНК
НОМИН. /<65.063, 4.931, 140.005>, <-0.0005257, 0.9997728, 0.0213107>, 26.217
#АКТ. /<1129.136, -3816.075, -1674.864>, <0, 1, 0>, 26.214
ИЗМЕР. /CIRCLE, 4, УПЛОС
ТЧК/БАЗОВЫЙ.НОРМАЛ., <64.444, 5.209, 126.906>, <0.0472357, -0.0212621, 0.9986575>, <1128.844,
-3816.079, -1687.973>, ИСП.ТЕОР.=ДА
ТЧК/БАЗОВЫЙ.НОРМАЛ., <64.357, 4.651, 153.098>, <0.0538614, 0.021308, -0.998321>, <1128.844, -3
816.079, -1661.756>, ИСП.ТЕОР.=ДА
ТЧК/БАЗОВЫЙ.НОРМАЛ., <52.073, 4.96, 138.308>, <0.9915657, -0.0022408, 0.1295858>, <1116.084, -
3816.071, -1676.003>, ИСП.ТЕОР.=ДА
ТЧК/БАЗОВЫЙ.НОРМАЛ., <78.064, 4.973, 138.387>, <-0.9923341, -0.0031551, 0.123544>, <1142.188,
-3816.071, -1676.002>, ИСП.ТЕОР.=ДА
КОНЕЦ ИЗМ. /

```

Рисунок 21 (б) – Базирование детали «Головка блока цилиндра». 2 отверстия
D=26мм.

```

ПРЯМ X=ЭЛ- Т/ПРЯМЫЙ. ДЕКАРТОВ. НЕОГРАНИЧ. НЕТ
НОМИН. /<-64.77, 4.206, 139.992>, <0.9999999, 0.0005258, -0.0000012>
#АКТ. /<999.304, -3816.485, -1674.666>, <0.9999988, 0, -0.0015271>
CONST/ LINE, BF, D2, ОКР1, ОКР2,,
УДАЛЕНИЕ ВЫБРОСОВ/ВЫКЛ, 3
#ФИЛЬТР/ВЫКЛ, ДЛИНА ВОЛНЫ=0
А1 =СК/СТАРТ. ВЫЗОВ: ЗАПУСК, СПИСОК=ДА
СИСТ. КООРДИНАТ/СЛОЙ, УМИНУС, ПЛОСК1
СИСТ. КООРДИНАТ/СМЕЩ. Ось Y, ПЛОСК1
СИСТ. КООРДИНАТ/ПОВОРОТ. УПЛОС, ОТНОСИТ., ПРЯМ X, ВОКРУГ, УМИНУС
СИСТ. КООРДИНАТ/СМЕЩ. Ось X, ОКР1
СИСТ. КООРДИНАТ/СМЕЩ. Ось Z, ОКР1
СК/КОНЕЦ
РЕЖИМ/КУМ
ПОЗИЦ. /POINT. НОРМАЛ., <131.443, -15.371, -1.86>
ПЛОСК ПЕРЕДН.ТОРЕЦ=ЭЛ-Т/ПЛОСКОСТЬ. ДЕКАРТОВ. ТРЕУГ.
НОМИН. /<65.677, -0.005, -123.924>, <-0.0000097, -1, 0.0001132>
#АКТ. /<65.678, 0.06, -123.924>, <0.0000717, -1, 0.0001437>

```

Рисунок 21 (в) – Базирование детали «Головка блока цилиндра». Прямая.

Шестой шаг – Составление программы.

В ручном режиме оператору при помощи пульта необходимо набрать на детали все необходимые для контроля параметров элементы (плоскости, точки, окружности, конусы и др.). Последовательность ввода не регламентирована и может выполняться в свободной форме. На рисунке 22 представлен фрагмент отображения введенных элементов детали в программе измерения. Все элементы введены оператором вручную.


```

ПОЗИЦ. /POINT,НОРМАЛ.,<210.297,-12.061,-77.085>
ПОЗИЦ. /POINT,НОРМАЛ.,<205.885,-9.427,-202.238>
ОКР6=ЭП- Т/ОКРУЖН.,ДЕКАРТОВ,ВХОД,СРЕД_МНК
НОМИН. /<204.771,3.561,-204.837>,<0,1,0>,26.203
#АКТ. /<204.72,3.561,-204.869>,<0,1,0>,26.198
ИЗМЕР. /CIRCLE,4,УПЛЮС
ТЧК/БАЗОВЫЙ,НОРМАЛ.,<205.729,3.781,-217.895>,<-0.0731275,0,0.9973226>,<205.744,3.783,-
217.921>,ИСП_ТЕОР.=ДА
ТЧК/БАЗОВЫЙ,НОРМАЛ.,<205.649,3.297,-191.771>,<-0.0670421,0,-0.9977501>,<205.663,3.293,
-191.809>,ИСП_ТЕОР.=ДА
ТЧК/БАЗОВЫЙ,НОРМАЛ.,<217.7,3.546,-207>,<-0.9862887,0,0.1650293>,<217.653,3.546,-206.99
3>,ИСП_ТЕОР.=ДА
ТЧК/БАЗОВЫЙ,НОРМАЛ.,<191.858,3.619,-207.086>,<0.9851707,0,0.171577>,<191.805,3.62,-207
.097>,ИСП_ТЕОР.=ДА
КОНЕЦ ИЗМ. /

ПОЗИЦ. /POINT,НОРМАЛ.,<197.302,-8.909,-207.078>
ПОЗИЦ. /POINT,НОРМАЛ.,<164.502,-10.192,-301.979>
ПОЗИЦ. /POINT,НОРМАЛ.,<164.519,4.896,-304.73>
ОКР7=ЭП- Т/ОКРУЖН.,ДЕКАРТОВ,ВХОД,СРЕД_МНК
НОМИН. /<163.033,4.895,-304.429>,<0,1,0>,35.244
#АКТ. /<163.022,4.896,-304.423>,<0,1,0>,35.245
ИЗМЕР. /CIRCLE,4,УПЛЮС
ТЧК/БАЗОВЫЙ,НОРМАЛ.,<164.671,4.931,-321.984>,<-0.0928896,0,0.9956764>,<164.671,4.934,-
321.975>,ИСП_ТЕОР.=ДА
ТЧК/БАЗОВЫЙ,НОРМАЛ.,<164.642,4.86,-286.874>,<-0.0912733,0,-0.9958259>,<164.642,4.858,-
286.869>,ИСП_ТЕОР.=ДА
ТЧК/БАЗОВЫЙ,НОРМАЛ.,<180.449,4.878,-307.058>,<-0.9888025,0,0.1492302>,<180.439,4.88,-3
07.058>,ИСП_ТЕОР.=ДА
ТЧК/БАЗОВЫЙ,НОРМАЛ.,<145.62,4.91,-307.086>,<0.9885599,0,0.1508287>,<145.61,4.911,-307.
098>,ИСП_ТЕОР.=ДА
КОНЕЦ ИЗМ. /

```

Рисунок 22 – Фрагмент отображения элементов в программе измерения

В данной работе проведено измерение таких элементов для построения размеров, как плоскость торца головки; отверстия под шпильки картера (по периметру) 12 шт (рисунок 23); плоскость Н1; плоскость камеры сгорания; окружность D=272; отверстие под распылитель (окружность D=18,8) (рисунок 24); отверстия направляющих клапана (4 шт); плоскость И; направляющие траверс (окружность D=20); плоскость торца головки.

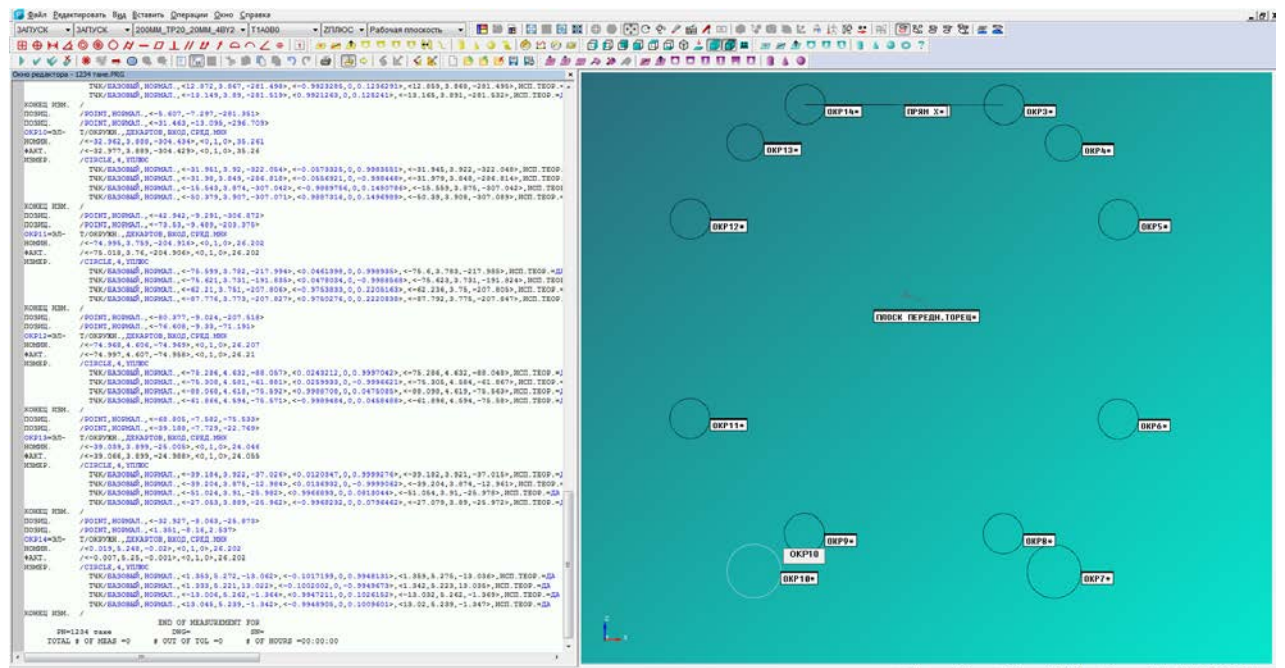


Рисунок 23 – Измерение отверстия под шпильки картера (по периметру) 12 шт

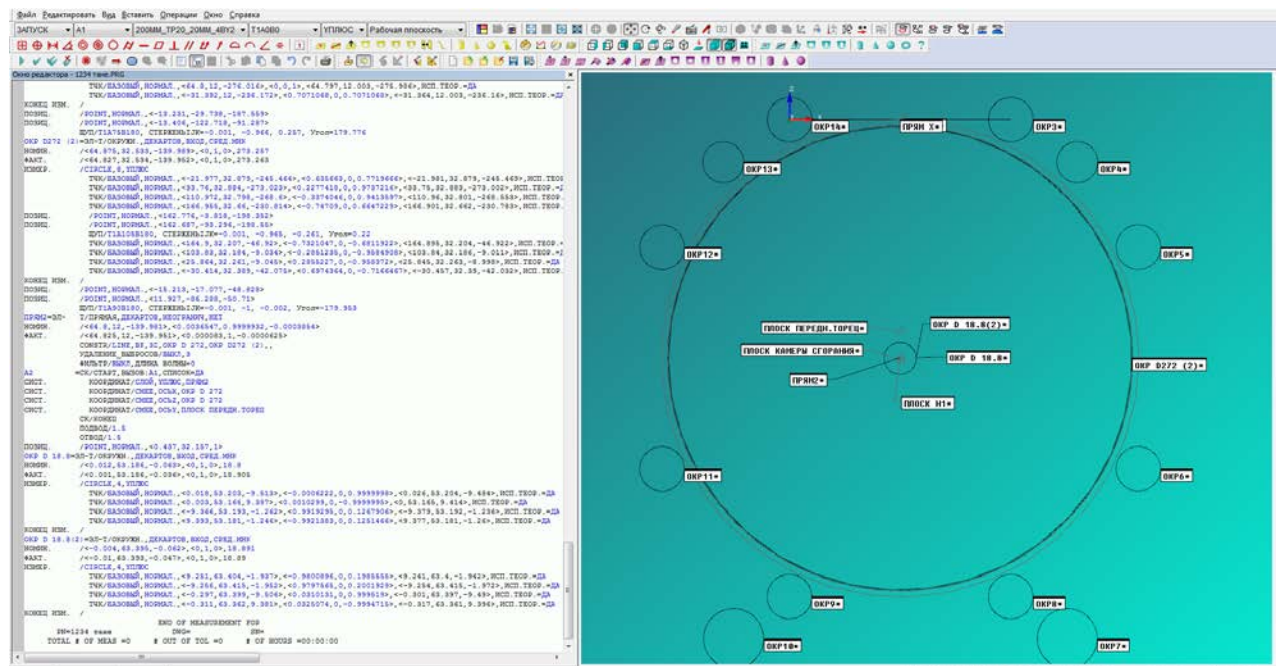


Рисунок 24 – Измерение отверстия под распылитель (окружность D=18,8)

После завершения ручной работы оператора, все введенные элементы отображаются в графическом окне (рис. 25).

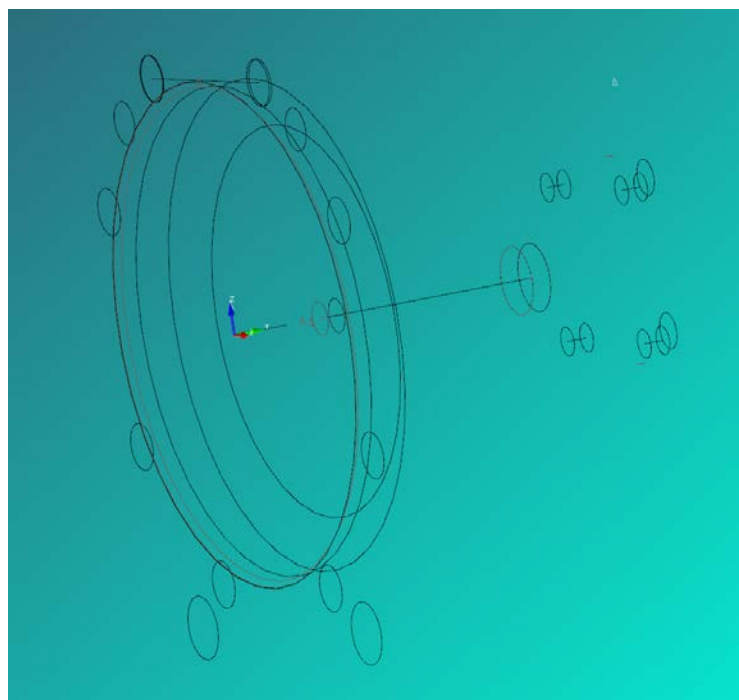


Рисунок 25 – Графическое изображение измеренных элементов

Для того, чтобы определить фактический размер такого параметра, как «Высота головки», необходимо измерить расстояние между двумя плоскостями

(передний торец и задний торец). Для этого необходимо указать в программе необходимые элементы, в данном случае плоскости (рис. 26).

```

Высота головки
РАБ. ПЛ. ТЬ/ХПЛУС
РАЗМ. DIST5= РАССТОЯНИЕ 2D ОТ ПЛОСКОСТЬ ПЛОСК ПЕРЕДН ТОРЕЦ ОТНОСИТ. ПЛОСКОСТЬ ПЛОСК ЗАДН ТОРЕЦ ПАРАЛ
ОТНОСИТ. ОСЬ У, НЕТ РАДИУСА UNITS=MM, $
ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ВЫВОД=ОБА
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП
М 252.000 0.000 -0.320 251.719 -0.281 0.000 -#-----
КОММЕНТАРИЙ/РЕПТ,

```

Рисунок 26 – Вид программы измерений для параметра «Высота головки»

Каждый параметр должен иметь название для ориентира внутри достаточно обширной программы измерения («высота головки»), размер или измеряемое отклонение поверхностей («расстояние 2D»), элементы, относительно которых проводится измерение («от плоскость плоск передн. торец относит. плоскость плоск задн торец парал»), номинальное значение («252,000»), верхнее и/или нижнее отклонение («+в.о 0.000, -н.о. -0.320»). Данные значения устанавливает оператор по паспорту детали.

Значения фактического размера («измер.»), отклонение («откл») и значение вне допуска заданных параметров («вне доп») машина рассчитывает автоматически.

Данную процедуру необходимо повторить для каждого параметра (диаметр расточки под камеру сгорания, диаметр отверстия под распылитель, диаметр отверстия в головке под уплотнение форсунки и т.д.) и внести в программу измерений все данные для дальнейшего формирования отчета (протокола).

Седьмой шаг – Вывод необходимых параметров в протокол.

После завершения работы с программой измерений все параметры оформляются в единый документ – протокол измерения (рис. 27). В нем отображается имя детали, дата и время проведения измерений, измеренные параметры с указанием оси, номинального значения, верхнее и нижнее отклонение, фактический размер, отклонение, значение вне доступа, если такое имеется. Протокол измерения представлен в приложении А.

	ИМЯ ДЕТАЛИ : 0330-05-010-7 СБ Головка		МАЯ 25, 2019	16:02
	НОМЕР РЕДАКЦИИ :	ПОРЯДК. НОМЕР :	СТАТИСТ. СЧЕТЧИК 1	

Высота головки

РАЗМ. DIST5= РАССТОЯНИЕ 2D ОТ ПЛОСКОСТЬ ПЛОСК ПЕРЕДН.ТОРЕЦ ОТНОСИТ. ПЛОСКОСТЬ ПЛОСК ЗАДН ТОРЕЦ ПАРАЛ ОТН
ОСИТ. ОСЬ_Y,НЕТ_РАДИУСА UNITS=MM
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП
М 252.000 0.000 -0.320 251.719 -0.281 0.000 -#-----

Диаметр расточки под камеру сгорания

РАЗМ. ПОЛОЖ8= ПОЛОЖЕНИЕ ОКРУЖНОСТЬ ОКР D 281.5 UNITS=MM
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП
D 281.500 0.050 -0.050 281.548 0.048 0.000 -----#

Наружный диаметр фаски под уплотнение головки

РАЗМ. ПОЛОЖ9= ПОЛОЖЕНИЕ ОКРУЖНОСТЬ ОКР D 281(2) UNITS=MM
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП
D 281.000 0.130 0.000 281.147 0.147 0.017 ----->

Диаметр отверстия под распылитель

РАЗМ. ПОЛОЖ7= ПОЛОЖЕНИЕ ОКРУЖНОСТЬ ОКР D 18.8 UNITS=MM
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП
D 18.800 0.130 0.000 18.905 0.105 0.000 -----#

Рисунок 27 – Фрагмент протокола измерения детали «Головка блока цилиндра»

Для наглядности в протоколе используют два цвета: серый и красный. Серым цветом обозначаются параметры, которые находятся в допуске и соответствуют условиям чертежа. Красным цветом обозначаются параметры, которые находятся вне допуска и отображают конкретное значение, на которое превышен или недоработан тот или иной параметр детали.

После проведения измерений детали «Головка блока цилиндра» на координатно-измерительной машине DEA DELTA CLASSIC 25.51.20 установлено, что Высота головки $252_{-0.32}$; Диаметр расточки под камеру сгорания $\varnothing 218,5^{+0,185}$; Диаметр отверстия под распылитель $\varnothing 18,8 \pm 0,13$; Диаметр отверстия в головке под уплотнение форсунки $\varnothing 38^{+0,025}$; Несоосность диаметров 38 и 18,8 форсуночного колодца относительно общей оси 0,03; Диаметры направляющих траверс $\varnothing 20^{+0,028}_{+0,015}$; Неперпендикулярность осей отверстий Т относительно плоскости Н 0,01; Размер между отверстиями направляющих клапана $91 \pm 0,175$; $85 \pm 0,175$; Размер между отверстиями для

крепления на шпильки $104 \pm 0,25$; $130 \pm 0,2$; $280 \pm 0,26$; $115 \pm 0,2$ соответствуют условиям чертежа.

Параметры Диаметр отверстия под распылитель $\varnothing 281_{-0,65}^{-0,33}$ превышает верхнее отклонение на 0,017 и Глубина камеры сгорания $5 \pm 0,05$ превышает нижнее отклонение на 0,033. Таким образом, можно сделать вывод, что Диаметр отверстия под распылитель – брак исправимый, Глубина камеры сгорания – брак неисправимый.

3 ПОДГОТОВКА ОПЕРАТОРА БЮРО ТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ «УРАЛЬСКОГО ДИЗЕЛЬ-МОТОРНОГО ЗАВОДА» К ПРИМЕНЕНИЮ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ DEA DELTA CLASSIC 25.51.20

3.1 Требования к знаниям и умениям нового сотрудника – оператора координатно-измерительной машины

В условиях потока кадров и прихода новых сотрудников на предприятие, а, в частности, в бюро точных измерений, необходимо проводить обучение нового персонала. Оно может быть затруднено, так как БТИ не имеет в наличии учебных координатно-измерительных машин. Из этого следует разработать такую методику обучения специалиста для работы на КИМ модели DEA DELTA CLASSIC 25.51.20 в программном обеспечении PC-DMIS, которая не будет затруднять основную работу бюро.

Для того чтобы выявить требования к знаниям и умениям нового сотрудника, необходимо понимать, какие обязанности возлагаются на оператора координатно-измерительной машины.

Основные обязанности оператора координатно-измерительной машины бюро точных измерений:

1. Измерение геометрических параметров изделий на КИМ как в ручном, так и автономном режиме;
2. Запуск отложенных программ для проведения замеров продукции.
3. Своевременная выдача объективных и достоверных результатов обмера и арбитражных измерений продукции.
4. Анализ и оформление результатов измерения.
5. Проведение профилактического обслуживания КИМ, подготовка оборудования перед проведением измерений согласно требованиям эксплуатационной документации.

6. Обеспечение эффективного и рационального использования ресурсов предприятия.

7. Участие в анализе причин брака, разработке корректирующих и предупреждающих мероприятий.

8. Предоставление плановой отчетности руководству в соответствии с утвержденным порядком.

9. Повышение уровня своих профессиональных знаний и навыков, как в процессе обучения на специальных курсах, участия в семинарах и других формах обучения, так и путём самообразования.

10. Выполнение (в полном объеме и в установленные сроки) плановых работ, заданий, разовых поручений, точное и своевременное исполнение приказов и распоряжений вышестоящего руководства [27].

На основе приведённых обязательств оператор КИМ должен знать:

- законодательные и нормативные правовые акты, методические и нормативные материалы, локальные нормативные акты предприятия, другие руководящие материалы по контролю и измерению геометрических параметров продукции;
- организационно-технологическую структуру, профиль, специализацию предприятия;
- основы метрологии, методы и средства измерения геометрических параметров изделий;
- нормативные и руководящие документы, эксплуатационно-техническую документацию на применяемые СИ;
- порядок и организацию арбитражных измерений;
- правила пользования координатно-измерительной машиной;
- отечественный и зарубежный опыт в области контроля геометрических величин;
- правила и методы обмера геометрических размеров при разработке, производстве и испытании продукции;

- устройство и правила пользования контрольно-измерительными инструментами и приборами;
- основные способы подготовки программы к эксплуатации;
- правила чтения чертежей контролируемых деталей;
- систему, средства и методы технологического контроля, виды брака, способы его предупреждения и устранения; правила приемки продукции;
- основы трудового законодательства;
- документы системы менеджмента качества (СМК) (руководства по обеспечению качества, регламентов, инструкций и т.п.);
- правила: внутреннего трудового распорядка и внутриобъектового режима; охраны труда, промышленной безопасности, санитарии и противопожарной защиты.

Оператор КИМ должен уметь:

- включать КИМ;
- работать в программном обеспечении PC-DMIS;
- измерять геометрические параметры изделий;
- запускать отложенные программы измерений изделий;
- формировать результаты обмера и арбитражных измерений продукции;
- анализировать и оформлять результаты измерений;
- подготавливать оборудование перед проведением измерений;
- читать чертеж;
- устанавливать изделие на контрольном столе;
- подбирать углы поворота щупа и проводить их калибровку;
- задавать базовые поверхности в программном обеспечении PC-DMIS;
- работать на ПК (уверенный пользователь);
- измерять детали механического и серийного производства.

Исходя из составленных требований к знаниям и умениям оператора координатно-измерительной машины бюро точных измерений и отсутствия методики обучения персонала на «Уральском дизель-моторном заводе», необходимо разработать методику и методические материалы для подготовки новых специалистов.

3.2. Разработка методики и методических материалов для подготовки оператора координатно-измерительных машин в условиях «Уральского дизель-моторного завода»

Хорошо спланированный и систематизированный процесс обучения может внести большой вклад в способность организации постоянно улучшать свою деятельность и достигать целей в области качества [28]. Согласно ГОСТ Р ИСО 10015-2017 процесс обучения в виду цикла (рисунок 28).

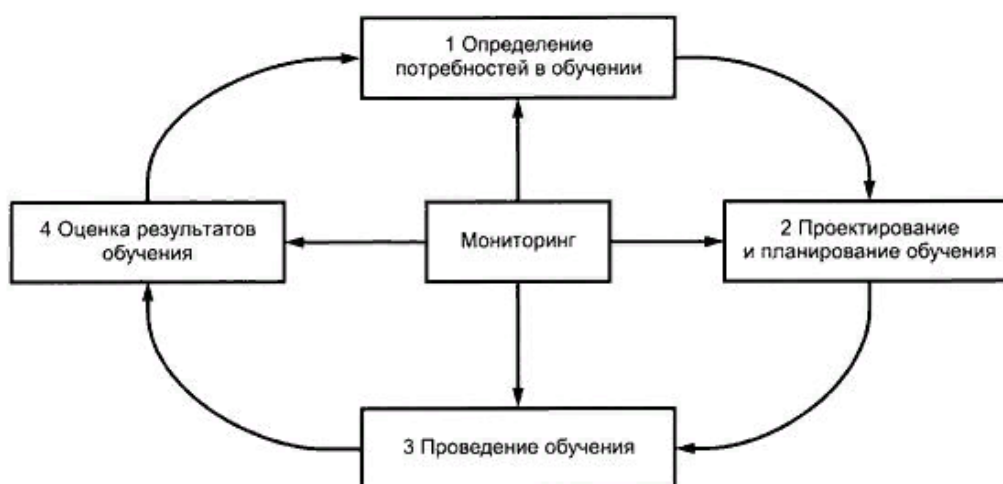


Рисунок 28 – Цикл обучения

Определение потребностей в обучении.

На данном этапе необходимо выявить необходимость обучения персонала и выявить уровень компетентности лиц, которые будут осуществлять образовательную деятельность. Безусловно, необходимость в обучении нового персонала на «Уральском дизель-моторном заводе» есть, так как смена

персонала происходит приблизительно раз в 5-10 лет. Обучением должны заниматься опытные сотрудники. Они обладают достаточной компетенцией в связи с постоянной практической деятельностью на КИМ.

Проектирование и планирование обучения.

На стадии проектирования и планирования выбирают метод обучения, формулируют цель, закладывают основу плана обучения.

ГОСТ Р ИСО 10015-2017 регламентирует возможные методы обучения, которые включают в себя:

- курсы и семинары по месту работы или за его пределами;
- наставничество;
- инструктаж и консультации без отрыва от работы;
- самообучение;
- заочное обучение.

В условиях специфики работы бюро точных измерений, решено объединить два метода обучения и сформировать уникальную методику: наставничество с элементами самообучения.

Наставничество – наиболее эффективная разновидность обучения и одна из форм адаптации нового сотрудника. Помимо передачи профессиональных знаний и навыков в задачи наставника входит также передача корпоративных ценностей организации [29].

Самообучение – это процесс получения человеком знаний посредством собственных устремлений и самостоятельно выбранных средств [30].

Цели обучения должны быть основаны на ожидаемой компетентности, предусмотренной в заявке на обучение, что позволит обеспечить результативное проведение обучения и создание условий для ясного и открытого обмена информацией [28].

Цель обучения персонала в бюро точных измерений: сформировать умение самостоятельно проводить измерения продукции предприятия на координатно-измерительной машине модели DEA DELTA CLASSIC 25.51.20.

План обучения разрабатывают для установления четкого понимания потребностей организации в обучении, требований, предъявляемых к обучению и его результатам.

Под планом обучения оператора координатно-измерительной машины подразумевается разработка комплекта методического обеспечения, состоящего из программы обучения и комплекта наставника.

Программа обучения включает в себя общий план работы по подготовке оператора КИМ и индивидуальный. Общий план подходит для сотрудника с абсолютно любым уровнем подготовки, включает график прохождения обучения (стажировка). Требования к образованию: не ниже средне-специального профильного (направление подготовки – машиностроение). Индивидуальный план составляется на основе общего плана и собеседования с начальником бюро точных измерений. Он подразумевает корректировку общего плана согласно ранее сформированных ЗУ у будущего оператора КИМ «Уральского дизель-моторного завода».

На начальном этапе разработки методики обучения целесообразно разработать общий план работы, который приведен в таблице 1.

Таблица 1 – График прохождения обучения (стажировка)

№ п/п	Вид планируемой работы	Планируемые сроки выполнения (часов)
1	Вводное занятие. Ознакомление с правилами внутреннего трудового распорядка. Ознакомление с организацией и структурой бюро точных измерений. Составление индивидуального плана работы.	8
2	Прохождение инструктажа по технике безопасности и на территории ООО «Уральский дизель-моторный завод». Ознакомление с продукцией «УДМЗ», технической документацией деталей.	8
3	Самостоятельное изучение теоретического материала через «Краткое руководство пользователя КИМ DEA DELTA».	24
4	Лекционное занятие «Техническое обеспечение координатно-измерительной машины».	4
5	Изучение нормативной документации предприятия и бюро точных измерений.	4
6	Практическое занятие «Подготовка оборудования и	4

	продукции к измерению».	
7	Практические занятия «Установка детали в рабочей зоне КИМ», «Щупы и углы разворота КИМ».	8
8	Практическое занятие «Программное обеспечение PC-DMIS».	16
9	Практические занятия «Калибровка», «Базирование», «Вывод результатов измерений».	8
10	Практическое занятие «Составление программы измерений».	16
11	Работа по методике измерений совместно с наставником.	36
12	Самостоятельная работа «Проведение измерений деталей» под руководством наставника.	24
	Итого:	160

Сроки выполнения являются приблизительными и корректируются в индивидуальном порядке. По итогам прохождения новым сотрудником стажировки проводится демонстрационный экзамен.

Комплект наставника включает в себя план по обучению оператора КИМ и контрольные точки для оценки результатов этого обучения, описывает деятельность наставника и обучающегося, уровень усвоения/выполнения задания. Данный комплект доступен наставнику и по итогам демонстрационного экзамена передается в отдел кадров и прилагается к личной карточке сотрудника. План по обучению представлен в таблице 2, контрольные точки для оценки результатов – в таблице 3.

Таблица 2 – Комплект наставника. План

№ п/п	Дата выполнения	Деятельность наставника	Деятельность обучающегося
1		Знакомится с обучающимся. Задаёт вопросы, чтобы выявить уровень знаний обучающегося, касающиеся: образования, опыта, желания учиться. Рассказывает правила внутреннего трудового распорядка. Рассказывает о предприятии, о бюро точных измерений. Составляет индивидуальный план.	Знакомится с наставником. Отвечает на вопросы, рассказывает о своем образовании, опыте. Записывает правила внутреннего распорядка.
2		Совместно с начальником безопасности проводит инструктаж по технике безопасности.	Слушает инструктаж по технике безопасности. Изучает информацию о

		Рассказывает о выпускаемой продукции, об объектах измерений. Предоставляет техническую документацию деталей.	продукции, об объектах измерений. Самостоятельно изучает тех. документацию.
3		Выдает «Краткое руководство пользователя КИМ DEA DELTA».	Самостоятельно изучает руководство.
4		Проводит лекционное занятие «Техническое обеспечение координатно-измерительной машины». Демонстрирует возможности КИМ, ее устройство, принцип работы. Отвечает на вопросы.	Запоминает, записывает. Задает вопросы.
5		Знакомит с нормативной документацией предприятия, бюро точных измерений.	Запоминает, записывает.
6		Проводит практическое занятие «Подготовка оборудования и продукции к измерению». Выдает задание для самостоятельного выполнения.	Самостоятельно выполняет задание.
7		Проводит практические занятия «Установка детали в рабочей зоне КИМ», «Щупы и углы разворота КИМ». Выдает задание по отработке навыков: установка детали, подбор щупов, углов разворота.	Самостоятельно выполняет задание.
8		Проводит лекционное занятие «Программное обеспечение РС-DMIS». Отвечает на вопросы.	Записывает. Задает вопросы.
9		Проводит практические занятия «Калибровка», «Базирование», «Вывод результатов измерений в протокол». Выдает задание по калибровке КИМ, базировке деталей, демонстрирует вывод параметров результатов измерений в протокол.	Самостоятельно выполняет задание.
10		Проводит практическое занятие «Составление программы измерений». Демонстрирует составление программы измерения. Выдает задание на отработку навыка.	Самостоятельно выполняет задание.

11		Выдает задание по составлению программы измерения типовой детали. Помогает выполнить задание.	Самостоятельно выполняет задание.
12		Выдает задание по составлению программы измерения детали.	Самостоятельно выполняет задание.

В плане отражена последовательность деятельности наставника и обучающегося. Колонка «Дата выполнения» заполняется наставником по мере выполнения заданного плана.

Контрольные точки, которые зафиксированы в комплекте наставника, обязательны для выполнения. В данном документе отражается название контрольной точки, задание для выполнения. Колонка «Отметка о выполнении» заполняется наставником и может содержать следующую запись: отлично, хорошо, удовлетворительно, не удовлетворительно. Данный документ (без записей «не удовлетворительно») является допуском к демонстрационному экзамену.

Таблица 3 – Комплект наставника. Контрольные точки

№ п/п	Контрольная точка	Задание	Отметка о выполнении
1	«Подготовка оборудования и продукции к измерению».	Подготовить КИМ к началу работы, выполнить обработку детали «Агрегатная коробка»	
2	«Установка детали в рабочей зоне КИМ», «Щупы и углы разворота».	Выполнить установку детали «Крышка» в рабочей зоне КИМ, провести выбор щупа и подобрать углы разворота щупа для контроля параметров детали «Крышка».	
3	«Калибровка», «Базирование», «Вывод результатов измерений».	Выполнить калибровку через программное обеспечение РС-DMIS, выполнить базировку детали «Головка блока цилиндра», вывести результаты в протокол.	
4	«Составление программы измерений».	Составить программу измерения детали «Вал коленчатый».	
5	Демонстрационный экзамен.	Самостоятельно провести измерение детали «Картер 6 ДМ»	

В колонке «Отметка о выполнении» занести запись в формате: выполнено/не выполнено/выполнено частично. В случае «не выполнено» или «выполнено частично» указать причины.

Проведение обучения.

Проведение обучения возлагается на сотрудника бюро точных измерений – опытного оператора координатно-измерительной машины. Перед каждым занятием наставник должен разработать методические материалы, которые включают в себя цели и задачи, ход занятия, задания для выполнения.

В рамках выполнения выпускной квалификационной работы решено разработать методические материалы для практических занятий «Калибровка КИМ», «Базирование», «Вывод результатов измерений».

«Калибровка КИМ».

Цель: воспроизведение обучающимся калибровки щупа через программное обеспечение PC-DMIS.

В ходе изучения данной темы обучающийся должен:

- знать алгоритм выполнения калибровки;
- уметь запускать калибровку через программное обеспечение PC-DMIS.

Ход занятия:

1. Проверка знаний;
2. Демонстрация калибровки;
3. Выполнение практических заданий.

№ п/п	Калибровка		
	Ход занятия	Задание	Выполнение
	Проверка знаний	<p>Ответьте на вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Как называется окно для калибровки щупа? 2. Опишите компоненты измерительной головки: TESASTAR-M, TESA-TMA, PROBETP200, EXTEND10. 3. Расшифруйте наконечник TIP4BY10MM. 	<p>Ответы на вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Утилиты щупа 2. TESASTAR-M – поворотная головка; TESA-TMA – переходник от поворотной головки к щупу;

		<p>4. Назовите параметры калибровки.</p> <p>5. Перечислите возможные проблемы щупа, если значение StdDev не равно нулю.</p>	<p>PROBETP200 – щуп касания длина 200 мм;</p> <p>EXTEND10 – удлинитель длина 10 мм.</p> <p>3. TIP4BY10MM – диаметр шарика – 4 мм, длина стержня наконечника – 10 мм.</p> <p>4. Число точек, число сечений, подвод-отвод, скорость позиционирования, скорость измерения, режим калибровки, список имеющихся калибров.</p> <p>5. Затяжка щупа, наличие грязи на калибре или на наконечнике щупа, вибрации, дефект наконечника щупа.</p>
	Демонстрация калибровки		
	Выполнение практических заданий	<p>Выполните задания и проведите калибровку через программное обеспечение PC-DMIS:</p> <p>1. Подберите наконечник для проведения измерений;</p> <p>2. Подберите углы для измерения параметров детали «Головка блока цилиндра»;</p> <p>3. Запустите программу калибровки в PC-DMIS</p>	<p>1. 100MM_50MM_TP20_20MM_3BY20</p> <p>2. A0 B0, A105 B180, A75 B180, A90 B0, A90 B180</p> <p>3. «Файл щупа» – «Описание щупа» – «Список активных щупов» – «Параметры</p>

			калибровки» - ОК
--	--	--	------------------

Таблица 4 – Задания к занятию «Калибровка»

«Базирование».

Цель: выполнение самостоятельной базировки детали.

В ходе изучения данной темы обучающийся должен:

- знать основы базирования;
- уметь проводить оценку технологичности конструкции изделия с учетом оптимизированного выбора базирующих поверхностей.

Ход занятия:

1. Проверка знаний;
2. Демонстрация калибровки;
3. Выполнение практических заданий

№ п/ п	Базирование		
	Ход занятия	Задание	Выполнение
	Проверка знаний	<p>Ответьте на вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Для чего необходимо проводить базирование? 2. Перечислите действия для построения новой системы координат. 3. Опишите оси в порядке их приоритетности построения. 4. Опишите построение системы координат с точки зрения программы. 	<p>Ответы на вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Базирование необходимо для определения положение детали в рабочей зоне КИМ. 2. Задать направления осей, задать положения начала координат. 3. Первая ось – главная – строится по такому элементу, которого вектор не зависит от положения точки (плоскость, цилиндр, конус). Вторая ось – перпендикулярна главной, может быть получена плоскостью, цилиндром или конусом. Третья ось – достраивается автоматически. 4. Ввод в программу –

			Система координат – Новая (выбор элемента, формирующий первую ось; выбор имя оси; первая ось; выбор элемента, формирующий первую ось; выбор имя оси; вторая ось; выбор элемента, задающего начало координат для каждой оси; после выбора элемента нажать кнопку «начать».
	Демонстрация калибровки		
	Выполнение практических заданий	Выполните задания и проведите базирование детали «Головка блока цилиндра»: 1. Выбор баз для проведения измерений на основе анализа чертежа детали «ГБЦ»; 2. Провести базирование детали «ГБЦ» на КИМ.	1. Плоскость А, 2 отверстия D=26 мм, прямая. 2. Задать не менее 3-х точек плоскости А, задать не менее 3-х точек для каждого отверстия D=26мм.

Таблица 5 – Задания к занятию «Базирование»

«Вывод результатов измерений».

Цель: ознакомление с формированием результатов измерений в протокол

В ходе изучения данной темы обучающийся должен:

- знать порядок вывода результатов измерений;
- уметь формировать результаты измерений в форме протокола.

Ход занятия:

1. Демонстрация порядка формирования протокола.

Комментарии к демонстрации:

Вывод протокола измерения.

Протокол выводится в отдельное окно: Вид – Окно протокола (рисунок 29);
Окно – Вид протокола.

Окно протокола появляется в зоне графического окна. Чтобы протокол обновился необходимо нажать кнопку на панели инструментов (рисунок 30).

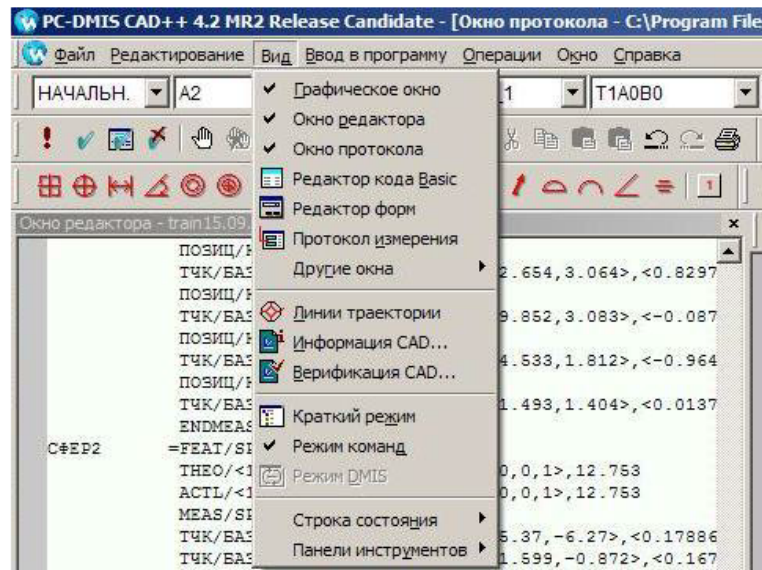


Рисунок 29 – Открытие окна протокола измерения

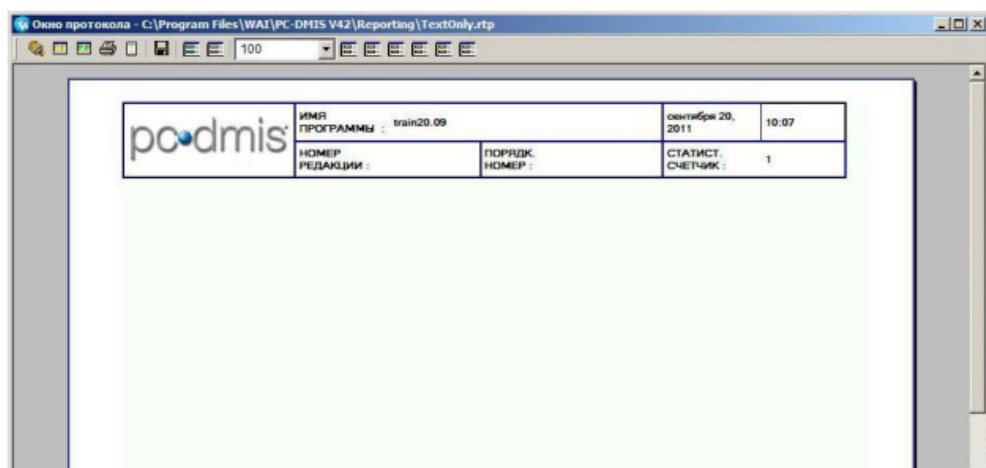


Рисунок 30 – Окно протокола измерений

Для настройки протокола (рисунок 31) в пустом месте протокола нажать правую кнопку мыши и выбрать пункт «Редактировать объект». После этого откроется диалоговое окно «Режим протокола» (рисунок 32).

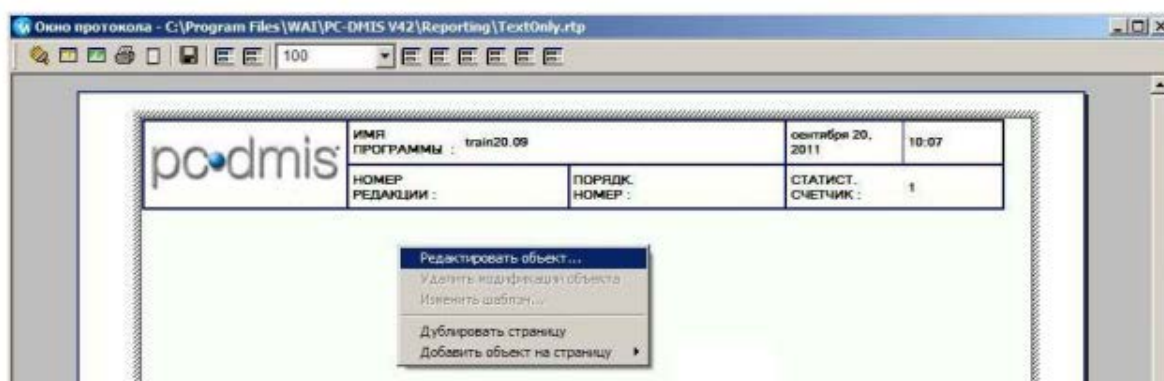


Рисунок 31 – Вызов меню редактирования протокола

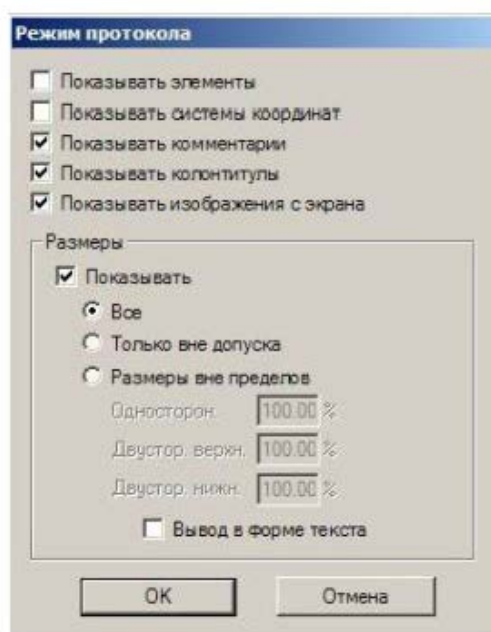


Рисунок 32 – Режим протокола

Диалоговое окно редактирования содержит в себе следующие элементы:

- показывать элементы;
- показывать комментарии (лучше включить данную функцию) – если в программе будут написаны комментарии, то они будут видны в протоколе;
- показывать колонтитулы – «шапка» PC-DMIS;

- показывать изображение с экрана – можно показывать изображение графического окна, окна анализа и т.д.;
- размеры: все/только вне допуска/размеры вне пределов;
- вывод в форме текста (для рабочих протоколов) – вывод не в виде таблицы, кроме того, при выводе в форме текста в протоколе отображено меньше информации, чем при табличном выводе.

Добавление комментариев.

Комментарии добавляются в окне редактора программ следующим образом:

- 1) в тексте программы находится размер, который необходимо прокомментировать;
- 2) курсор ставится в конец строки, идущей перед нужным размером;
- 3) ввод в программу – команда протокола – комментарий. В результате откроется диалоговое окно «Комментарии», показанное на рисунке 33.

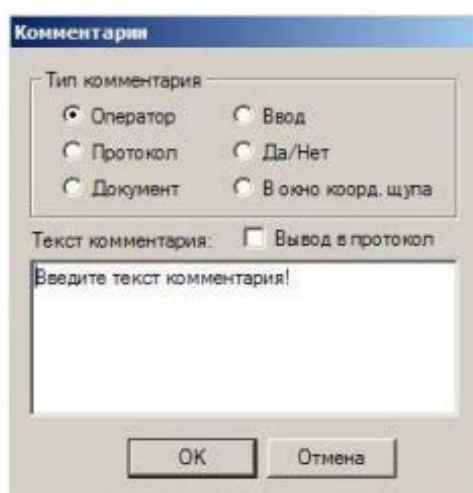


Рисунок 33 – Комментарии

Вывод протокола на внешние устройства.

Файл – Печать – Установка печати окна редактора.

Способы записи информации: добавление (записи будут добавляться в конец уже имеющегося протокола); перезапись; запрос (каждый раз будет появляться диалоговое окно с запросом, куда следует сохранить файл); авто (для каждого измерения будет автоматически создаваться файл протокола).

2. Выполнение практического задания.

Выполнить вывод протокола измерений детали «Головка блока цилиндра» по алгоритму.

Результат выполнения представлен в приложении А.

Оценка результатов обучения.

Основной целью оценки является подтверждение достижения целей обучения и организации в целом, включая оценку результативности обучения. В пределах запланированного периода времени после завершения обучения руководство организации должно обеспечить проведение оценки для верификации достигнутого уровня компетентности [28].

Контрольные точки проводятся на протяжении всего обучения и являются показателем уровня освоения обучения. Финальной контрольной точкой является демонстрационный экзамен, который включает в себя отработку всех навыков, полученных во время стажировки.

Задание демонстрационного экзамена: Самостоятельно провести измерение детали «Картер 6 ДМ».

Экзамен проводится в течении 4-х часов и проводится под надзором экспертной комиссии. В комиссию входят директор по качеству, начальник бюро точных измерений, оператор координатно-измерительной машины (наставник). Каждый член комиссии в течении экзамена ведет запись в протоколе оценки компетенций (таблица 6). Информация об успешном выполнении экзаменационного задания передается в отдел кадров, где специалисты делают в личной карточке сотрудника соответствующую запись.

Ф.И.О сотрудника	Фамилия, имя, отчество		
Состав экспертной комиссии	Директор по качеству:	Фамилия, имя, отчество	
	Начальник БТИ:	Фамилия, имя, отчество	
	Оператор КИМ (наставник):	Фамилия, имя, отчество	
Предмет оценивания (обозначение компетенций)	Уровень сформированности компетенций		
	пороговый	достаточный	высокий
Умение подготовить оборудование к			

измерению			
Умение подготовить продукцию к измерению			
Правильная установка детали в рабочей зоне КИМ			
Подбор наконечника для проведения измерений			
Проведение калибровки			
Умение правильно провести базирование детали			
Составление программы измерений			
Формирование протокола с результатами измерений			
Сумма баллов:			

Таблица 6 – Протокол оценки компетенций

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции:

- пороговый, 3 балла – компетенция сформирована (дескрипторы компетенции сформированы). Демонстрируется понимание теоретических основ практической деятельности; несформированность некоторых трудовых действий (практических умений) при применении знаний в конкретных ситуациях, наличие мотивационной готовности к самообразованию, саморазвитию;
- достаточный, 4 балла – компетенция сформирована (дескрипторы компетенции сформированы). Демонстрируется полное понимание теоретических основ практической деятельности; достаточная сформированность трудовых действий (практических умений), продемонстрированная в ходе осуществления профессиональной деятельности;

наличие навыков оценивания собственных достижений, определения проблем и потребностей при выполнении практических заданий;

- высокий, 5 баллов – компетенция сформирована (дескрипторы компетенции сформированы). Демонстрируется расширенное понимание теоретических основ практической деятельности; использование новых ресурсов (технологий, средств) в трудовых действиях при решении профессиональных задач; увеличение доли собственного участия при решении профессиональных проблемных задач, не предусмотренных программой практики; наличие навыков системной оценки качества своей профессиональной деятельности.

Таким образом, для обучения нового сотрудника – оператора координатно-измерительной машины – разработана методика обучения в форме наставничества с элементами самообучения, которая включает в себя методическое обеспечение, состоящее из программы обучения и комплекта наставника, а также, разработаны методические материалы для практических занятий по темам «Калибровка», «Базирование», «Вывод результатов измерений» и протокол оценки компетенций по результатам демонстрационного экзамена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам выполнения выпускной квалификационной работы был выполнен обзор типов и описаны принципы работы координатно-измерительных машин компании «Hexagon Metrology», были выявлены требования к контролируемым параметрам детали «Головка блока цилиндра» на входном контроле, был разработан процесс измерения детали «Головка блока цилиндра» при входном контроле на координатно-измерительной машине модели DEA DELTA CLASSIC 25.51.20 на программном обеспечении PC-DMIS в условиях «Уральского дизель-моторного завода», а также разработаны методические материалы для подготовки оператора бюро точных измерений «Уральского дизель-моторного завода» к применению координатно-измерительной машины.

Для выполнения входного контроля детали «Головка блока цилиндра» были выявлены контролируемые параметры на основе паспорта детали, которые необходимо измерить на координатно-измерительной машине DEA DELTA CLASSIC 25.51.20.

Разработанный процесс составления программы измерения на программном обеспечении PC-DMIS включает анализ чертежа и паспорта измеряемой детали, установку детали в рабочей зоне координатно-измерительной машины, подбор щупа и углов его разворота, калибровку выбранных углов по калибровочной сфере, базировку детали, составление программы, вывод параметров в протокол.

Практическая значимость разработки: данная программа может быть использована предприятием в течении всего периода закупки детали «Головка блока цилиндра».

Разработаны методические материалы для подготовки оператора бюро точных измерений, которые имеют форму наставничества с элементами самообучения и включают в себя план обучения, состоящий из программы

обучения и комплекта наставника, демонстрационный экзамен с протоколом оценки компетенций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Харитонов В.И. Управление техническими системами, М: Изд-во «ФОРУМ», 2010 – 384 с.
2. Чапала О.В. Координатно-измерительные машины и их применение [Электронный ресурс] // Новаинфо. – 2016. – № 57. – Режим доступа: <http://novainfo.ru/article/10054>
3. Федеральный закон "Об обеспечении единства измерений" от 26.06.2008 N 102-ФЗ [Электронный ресурс]. – Введен 2008-06-26 – Москва, Кремль, 2008//Консультант Плюс – электронный фонд правовой документации. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=182748&fld=134&dst=1000000001,0&rnd=0.4603749349666304#010723146567912556>
4. ГОСТ Р ИСО 10360-2-2017. Характеристики изделий геометрические. Приемочные и перепроверочные испытания координатно-измерительных машин. Координатно-измерительные машины, применяемые для измерения линейных [Электронный ресурс]. – Введ. 2019-01-01. - АО "НИИИзмерения"//Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200157929>
5. ГОСТ Р ИСО 10360-4-2017. Характеристики изделий геометрические. Приемочные и перепроверочные испытания координатно-измерительных машин. Координатно-измерительные машины, применяемые в режиме сканирования [Электронный ресурс]. – Введ. 2019-01-01. - АО "НИИИзмерения"//Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200157931>
6. ГОСТ Р ИСО 10360-5-2017. Характеристики изделий геометрические. Приемочные и перепроверочные испытания координатно-измерительных машин. Координатно-измерительные машины, использующие

одно- и многотуповые контактные зондирующие системы [Электронный ресурс]. – Введ. 2019-01-01. - АО "НИИИзмерения"//Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200157932>

7. МИ 2569-99. Рекомендация. ГСИ. Машины координатно-измерительные портального типа. Методика поверки [Электронный ресурс]. – Введ. 1999-12-27. - ФГУП "ВНИИМС"//Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/675420188>

8. Насыров Ш.Г. Использование координатно-измерительной машины для исследования влияния конструкторско-технологических факторов на эксплуатационные параметры технологической оснастки – Ш.Г. Насыров – Оренбургский государственный университет, г. Оренбург – 4с.

9. А. Богатырева. Координатно-измерительные машины. Что выбрать? [Электронный ресурс]. – А. Богатырева – Нач. отд. обеспечения единс. изм. геом. Величин – Режим доступа: <https://www.uraltest.ru/news/7253/>

10. А.Г. Иванов Измерительные приборы в машиностроении. Иванов А.Г., Бурдун Г.Д., Волосов С.С — М.: Машиностроение, 1964. — 524 с.

11. Официальный сайт HEXAGON [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.hexagonmi.com/ru-RU/products/coordinate-measuring-machines/bridge-cmms>

12. Конструкция, расчет и эксплуатация контрольно-измерительных инструментов и приборов - Марков Н.Н. - М., Машиностроение, 1993.

13. ISO/IEC 26514:2010. Разработка систем и программ. Требования к дизайнерам и разработчикам пользовательской документации [Электронный ресурс]. – Введ. 2010-11-08. - IEEE//Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/440200764>

14. Спецификация Координатно-измерительной машины модели DELTA 255120 HEXAGON Metrology. – Введен 2015-27-02. – Екатеринбург: УДМЗ, 2016 – 11 с.
15. Краткое руководство пользователя КИМ DEA DELTA CLASSIC/ HEXAGON Metrology – 84 с.
16. ГОСТ 8.009-84. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Нормируемые метрологические характеристики средств измерений [Электронный ресурс]. – Введ. 1986-01-01. – Гос. ком. СССР по станд. от 28 мая 1985 г. N 1503//Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200004505>
17. Официальный сайт ООО «Уральский дизель-моторный завод» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sinaratm.ru/about/enterprises/udmz/>
18. Тысленко, А. Г. Менеджмент. Организационные структуры управления / А.Г. Тысленко. - М.: Альфа-пресс, 2011. - 320 с
19. Коваленко Б.Б. Основы менеджмента: Учеб. пособие. СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2012 76 с.
20. Официальный сайт «3D Control» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://3dcontrol.ru/services/servis-i-remont/obslyuzhivanie-kim/poverka-i-kalibrovka-kim>
21. Официальный сайт ФБУ «Уралтест» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.uraltest.ru>
22. Титаренко Д. Перевод учебника James D. Halderman Principles, Diagnosis, and Service, 2012, Pearson Education, Inc.
23. ГОСТ 1583-93 Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия [Электронный ресурс]. – Введ. 1997-01-01. – Разраб.: Донецк. гос. инстит. цв. мет.//Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200009199>

24. ГОСТ 16504-81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения [Электронный ресурс]. – Введ. 1982-01-01. – Гос. ком. СССР по станд. от 8 декабря 1981 г. N 5297 // Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-16504-81>

25. ГОСТ 2.601-2013 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Эксплуатационные документы [Электронный ресурс]. – Введ. 2014-06-01. – ВНИИНМАШ, АНО "НИЦ CALS-технологий "Прикладная логистика""/ Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200106869>

26. Калибровка щупа. Компенсация положения наконечника [Электронный ресурс]. – Официальный сайт «HEXAGON». – Режим доступа: <https://www.hexagonmi.com/ru-RU/solutions/technical-resources/metrology-101/intro-to-coordinate-metrology>

27. Рабочая инструкция оператора координатно-измерительной машины бюро точных измерений ООО «УДМЗ» - 4с.

28. ГОСТ Р ИСО 10015-2017 Менеджмент организации. Руководящие указания по обучению [Электронный ресурс]. – Введ. 2008-06-01. – ОАО "НИЦ КД", Тех. комит. по стандарт. ТК 10 "Перспект. произв. техн., менедж. и оценка рисков"// Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200062244>

29. Вагин И.О. Наставничество; Студия АРДИС - Москва, 2014. - 692 с.

30. Коджаспирова Г. М., Коджаспиров А. Ю. Словарь по педагогике. — Москва: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2005 — 448 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Протокол измерения детали «Головка блока цилиндра»

	ИМЯ ДЕТАЛИ : 0330-05-010-7 СБ Головка	мая 25, 2019	16:02
	НОМЕР РЕДАКЦИИ :	ПОРЯДК. НОМЕР :	СТАТИСТ. СЧЕТЧИК 1

Высота головки

ЕАЗМ. DIST5= РАССТОЯНИЕ 2D ОТ ПЛОСКОСТЬ ПЛОСК ПЕРЕДН.ТОРЕШ ОТНОСИТ. ПЛОСКОСТЬ ПЛОСК ЗАДН ТОРЕШ ПАЕАЛ ОТН
ОСИТ. ОСЬ_Y, НЕТ_РАДИУСА UNITS=ММ
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП
М 252.000 0.000 -0.320 251.719 -0.281 0.000 -#-----

Диаметр расточки под камеру сгорания

ЕАЗМ. ПОЛОЖ8= ПОЛОЖЕНИЕ ОКРУЖНОСТЬ ОКР D 281.5 UNITS=ММ
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП
D 281.500 0.050 -0.050 281.548 0.048 0.000 -----#

Наружный диаметр фаски под уплотнение головки

ЕАЗМ. ПОЛОЖ9= ПОЛОЖЕНИЕ ОКРУЖНОСТЬ ОКР D 281(2) UNITS=ММ
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП
D 281.000 0.130 0.000 281.147 0.147 0.017 ----->

Диаметр отверстия под распилитель

ЕАЗМ. ПОЛОЖ7= ПОЛОЖЕНИЕ ОКРУЖНОСТЬ ОКР D 18.8 UNITS=ММ
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП
D 18.800 0.130 0.000 18.905 0.105 0.000 -----#-

Диаметр отверстия в головке под уплотнение форсунки

ЕАЗМ. ПОЛОЖ1= ПОЛОЖЕНИЕ ОКРУЖНОСТЬ ОКР 38 UNITS=ММ
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП
D 38.000 0.025 0.000 38.020 0.020 0.000 -----#-

Несоосность диаметров 38 и 18,8 форсуночного колодца относительно общей оси

ЕАЗМ. СООСН1=СООСНОСТЬ С ЦИЛИНДРЕ ЦИЛ D 18.8 ОТНОСИТ. ПРЯМАЯ ПРЯМ М1 УВЕЛИЧ.ДЛИНУ=0.000 UNITS=ММ
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП
М 0.000 0.030 0.000 0.010 0.010 0.000 ---#-----

Диаметр направляющих траверс

ЕАЗМ. ПОЛОЖ13= ПОЛОЖЕНИЕ ОКРУЖНОСТЬ ОКР D 20(1) UNITS=ММ
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП
D 20.000 0.028 0.015 20.016 0.016 0.000 #-----

ЕАЗМ. ПОЛОЖ14= ПОЛОЖЕНИЕ ОКРУЖНОСТЬ ОКР D 20(2) UNITS=ММ
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП
D 20.000 0.028 0.015 20.020 0.020 0.000 ---#-----

Глубина камеры сгорания

ЕАЗМ. DIST1= РАССТОЯНИЕ 3D ОТ ПЛОСКОСТЬ ПЛОСК КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ОТНОСИТ. ПЛОСКОСТЬ ПЛОСК Н1, КРАТЧАУШИЙ=ВЫК
Л, НЕТ_РАДИУСА UNITS=ММ
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП
М 5.000 0.050 -0.050 4.917 -0.083 0.033 <-----

Неперпендикулярность оси отверстий Т относительно плоскости Н

ЕАЗМ. ПЕРП1= ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТЬ ПРЯМАЯ ОСЬ 1 ВПУСК, RFS ОТНОСИТ. ПЛОСКОСТЬ ПЛОСК Н1, RFS УВЕЛИЧ. ДЛИНУ=0.00
0 UNITS=MM

ОСЬ	НОМИНАЛ	+ В.О.	- Н.О.	ИЗМЕР.	ОТКЛ	ВНЕ ДОП
М	0.000	0.010	0.000	0.008	0.008	0.000 -----#-

ЕАЗМ. ПЕРП2= ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТЬ ПРЯМАЯ ОСЬ 2 ВПУСК, RFS ОТНОСИТ. ПЛОСКОСТЬ ПЛОСК Н1, RFS УВЕЛИЧ. ДЛИНУ=0.00
0 UNITS=MM

ОСЬ	НОМИНАЛ	+ В.О.	- Н.О.	ИЗМЕР.	ОТКЛ	ВНЕ ДОП
М	0.000	0.010	0.000	0.008	0.008	0.000 -----#-

ЕАЗМ. ПЕРП3= ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТЬ ПРЯМАЯ ОСЬ 1 ВЫПУСК, RFS ОТНОСИТ. ПЛОСКОСТЬ ПЛОСК Н1, RFS УВЕЛИЧ. ДЛИНУ=0.00
00 UNITS=MM

ОСЬ	НОМИНАЛ	+ В.О.	- Н.О.	ИЗМЕР.	ОТКЛ	ВНЕ ДОП
М	0.000	0.010	0.000	0.008	0.008	0.000 -----#-

ЕАЗМ. ПЕРП4= ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТЬ ПРЯМАЯ ОСЬ 2 ВЫПУСК, RFS ОТНОСИТ. ПЛОСКОСТЬ ПЛОСК Н1, RFS УВЕЛИЧ. ДЛИНУ=0.00
00 UNITS=MM

ОСЬ	НОМИНАЛ	+ В.О.	- Н.О.	ИЗМЕР.	ОТКЛ	ВНЕ ДОП
М	0.000	0.010	0.000	0.008	0.008	0.000 -----#-

Размер между отверстиями направляющих клапана

ЕАЗМ. DIST6= РАССТОЯНИЕ 2D ОТ ОКРУЖНОСТЬ ОКР 1ВПУСК(3) ОТНОСИТ. ОКРУЖНОСТЬ ОКР 2ВПУСК(3) ПАРАЛ ОТНОСИТ. ОСЬ_X, НЕТ РАДИУСА UNITS=MM

ОСЬ	НОМИНАЛ	+ В.О.	- Н.О.	ИЗМЕР.	ОТКЛ	ВНЕ ДОП
М	91.000	0.175	-0.175	91.009	0.009	0.000 ----#----

ЕАЗМ. DIST7= РАССТОЯНИЕ 2D ОТ ОКРУЖНОСТЬ ОКР 1ВПУСК(3) ОТНОСИТ. ОКРУЖНОСТЬ ОКР 1ВПУСК(3) ПАРАЛ ОТНОСИТ. ОСЬ_Z, НЕТ РАДИУСА UNITS=MM

ОСЬ	НОМИНАЛ	+ В.О.	- Н.О.	ИЗМЕР.	ОТКЛ	ВНЕ ДОП
М	85.000	0.175	-0.175	84.999	-0.001	0.000 ----#----

Размер между отверстиями для крепления на шпильки

ЕАЗМ. DIST8= РАССТОЯНИЕ 2D ОТ ОКРУЖНОСТЬ ОКР13 ОТНОСИТ. ПРЯМАЯ ПРЯМ М1 ПАРАЛ ОТНОСИТ. ОСЬ_X, НЕТ РАДИУСА UNITS=MM

ОСЬ	НОМИНАЛ	+ В.О.	- Н.О.	ИЗМЕР.	ОТКЛ	ВНЕ ДОП
М	104.000	0.250	-0.250	103.869	-0.131	0.000 --#-----

ЕАЗМ. DIST9= РАССТОЯНИЕ 2D ОТ ОКРУЖНОСТЬ ОКР14 ОТНОСИТ. ОКРУЖНОСТЬ ОКР3 ПАРАЛ ОТНОСИТ. ОСЬ_X, НЕТ РАДИУСА UNITS=MM

ОСЬ	НОМИНАЛ	+ В.О.	- Н.О.	ИЗМЕР.	ОТКЛ	ВНЕ ДОП
М	130.000	0.200	-0.200	129.836	-0.164	0.000 #-----

ЕАЗМ. DIST10= РАССТОЯНИЕ 2D ОТ ОКРУЖНОСТЬ ОКР8 ОТНОСИТ. ОКРУЖНОСТЬ ОКР3 ПАРАЛ ОТНОСИТ. ОСЬ_Z, НЕТ РАДИУСА UNITS=MM

ОСЬ	НОМИНАЛ	+ В.О.	- Н.О.	ИЗМЕР.	ОТКЛ	ВНЕ ДОП
М	280.000	0.260	-0.260	279.840	-0.160	0.000 -#-----

ЕАЗМ. DIST11= РАССТОЯНИЕ 2D ОТ ОКРУЖНОСТЬ ОКР4 ОТНОСИТ. ПРЯМАЯ ПРЯМ М1 ПАРАЛ ОТНОСИТ. ОСЬ_Z, НЕТ РАДИУСА UNITS=MM

ОСЬ	НОМИНАЛ	+ В.О.	- Н.О.	ИЗМЕР.	ОТКЛ	ВНЕ ДОП
М	115.000	0.250	-0.250	115.056	0.056	0.000 -----#----