

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

**РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ**

Выпускная квалификационная работа

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

Идентификационный код ВКР: 381

Екатеринбург 2019

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  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г

**РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ**

Выпускная квалификационная работа

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

Исполнитель:

студентка группы КМ-401п

А.А. Козлова

Руководитель:

доцент, канд. тех. наук,  
доцент кафедры ИММ

Г.Н. Мигачева

Нормоконтролер:

профессор, канд. тех. наук,  
доцент кафедры ИММ

Ю.И. Категоренко

Екатеринбург 2019

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 60 страницах, содержит 11 рисунков, 5 таблиц, 31 источник литературы, а также 3 приложения на 50 страницах.

Ключевые слова: КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ МАШИНА, ИЗМЕРЕНИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, МОДЕЛЬ ИНСТРУКЦИИ, ДИДАКТИЧЕСКИЙ ТЕСТ.

Библиографическое описание ВКР

*Козлова А.А. Разработка учебно-методического обеспечения для проведения занятий с использованием координатно-измерительной машины: выпускная квалификационная работа / А.А. Козлова; Рос. гос. проф.-пед. ун-т; Институт инж.-пед. образования, каф. инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и металлургии. – Екатеринбург, 2019. – 109 с.*

Целью выпускной квалификационной работы является разработка учебно-методического обеспечения для проведения занятий с использованием координатно-измерительной машины.

Разработано учебно-методическое обеспечение по эксплуатации учебной координатно-измерительной машины, а именно инструкция по эксплуатации КИМ с ЧПУ модели НИИК-701.

Разработано вводное занятие по эксплуатации учебной координатно-измерительной машины.

Для контроля знаний и последующего допуска к работе студентов разработан дидактический тест по эксплуатации данной КИМ.

По результатам работы опубликовано 8 статей и электронное пособие.

Работа выполнена для ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет».

					44.03.04.381 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Козлова А.А.			Разработка учебно-методического обеспечения для проведения занятий с использованием координатно-измерительной машины	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Мигачева Г.Н.					2	111
Реценз.						ФГАОУ ВО РГППУ ИИПО каф. ИММ гр.КМ-401п		
Н. Контр.		Категоренко Ю.И.						
Утверд.		Гузанов Б.Н.						

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	7
1.1 Общие сведения о техническом контроле .....	7
1.2 Автоматизация проектирования технологий контроля на координатно-измерительных машинах .....	12
1.3 Сравнение координатно-измерительных машин .....	13
1.4 Описание и работа учебной КИМ с ЧПУ модели НИИК-701 .....	19
2 АНАЛИЗ, СИСТЕМАТИЗАЦИЯ И ОТБОР ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИНСТРУКЦИИ.....	27
2.1 Требования к инструкции.....	27
2.2 Разработка алгоритма создания инструкции по эксплуатации КИМ.....	29
3 РАЗРАБОТКА ИНСТРУКЦИИ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ КИМ.....	36
4 РАЗРАБОТКА ДИДАКТИЧЕСКОГО ТЕСТА ДЛЯ ДОПУСКА СТУДЕНТОВ К РАБОТЕ НА КИМ .....	38
4.1 Описание дидактического теста .....	38
4.2 Разработка вводного занятия по эксплуатации КИМ .....	48
5 АПРОБАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ВВОДНОГО ЗАНЯТИЯ И ДИДАКТИЧЕСКОГО ТЕСТА .....	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	57
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Учебное пособие по эксплуатации координатно-измерительной машины.....	62
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Дидактический тест .....	98
ПРИЛОЖЕНИЕ В - Перечень опубликованных статей.....	111

## **ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ**

ВКР – выпускная квалификационная работа;

ГОСТ – межгосударственный стандарт;

ГОСТ Р – национальный стандарт;

КИМ – координатно-измерительная машина;

ОТК – отдел технического контроля;

РД – руководящий документ;

ЧПУ – числовое программное управление;

САД – система автоматизированного проектирования (3d-модель детали).

## **ВВЕДЕНИЕ**

На сегодняшний день автоматизация процесса измерения является важной производственной задачей для повышения качества производства, в том числе машиностроительного. Одним из главных пунктов для достижения требуемого качества изделий является метрологическое обеспечение производства. В качестве прогрессивно внедряемого в технологический процесс измерительного оборудования являются координатно-измерительные машины.

Учебная координатно-измерительная машина с числовым программным управлением модели НИИК-701 была установлена в учебно-демонстрационном центре технологий машиностроения на базе института инженерно-педагогического образования Российского государственного профессионально-педагогического университета. В связи с этим возникла необходимость разработать инструкцию по эксплуатации КИМ и по работе с программным обеспечением ТЕХНОкоорд. Именно этим обуславливается актуальность темы выпускной квалификационной работы.

Объектом выпускной квалификационной работы является учебная координатно-измерительная машина с числовым программным управлением модели НИИК-701.

Предметом выпускной квалификационной работы является разработка учебно-методического обеспечения по эксплуатации учебной координатно-измерительной машины с числовым программным управлением модели НИИК-701.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка учебно-методического обеспечения для проведения занятий с использованием координатно-измерительной машины.

Цель выпускной квалификационной работы определяет следующие задачи:

- проанализировать литературные источники для выполнения выпускной квалификационной работы;

- сравнить координатно-измерительные машины;
- описать учебную координатно-измерительную машину с числовым программным управлением модели НИИК-701;
- провести анализ, систематизацию и отбор теоретической части содержания учебного материала для разработки инструкции по эксплуатации;
- разработать алгоритм создания инструкции по эксплуатации учебной координатно-измерительной машины;
- разработать инструкцию по эксплуатации координатно-измерительной машины;
- разработать дидактический тест для контроля знаний по эксплуатации координатно-измерительной машины;
- разработать вводное занятие по эксплуатации КИМ.

# 1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 1.1 Общие сведения о техническом контроле

В соответствии с ГОСТ 16504-81 «Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения» технический контроль – это проверка соответствия объекта установленным техническим требованиям. Сущность технического контроля сводится к проведению двух следующих этапов:

1. Своевременное получение достоверной информации о фактическом качестве продукции. Данная информация называется первичной;

2. Сопоставление первичной информации в соответствии с установленными требованиями, нормами, а также критериями. Выявляются соответствия или несоответствия полученных данных требуемым.

Объектом технического контроля является продукция, процесс ее создания, хранения, транспортирования, ремонта и соответствующая техническая документация [10].

Предотвращение выпуска и поставки продукции, которая не соответствует качеству или комплектации по требованиям проектно-конструкторской и технологической документации является целью технического контроля.

Основной задачей технического контроля на предприятии является своевременное получение полной и достоверной информации о качестве продукции, состоянии оборудования и технологического процесса с целью предупреждения неполадок и отклонений, которые могут привести к нарушениям стандартов и технических условий [10].

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



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

В общем виде маршрут технического контроля детали содержит:

### **1. Входной контроль**

Контроль линейных и диаметральных размеров и припусков под обработку, марки материала заготовки по сертификату [16].

Задачами входного контроля являются:

– проверка наличия сопроводительной документации на продукцию, удостоверяющей качество и комплектность продукции;

– контроль соответствия качества и комплектности продукции требованиям конструкторской и технологической документации и применения ее в соответствии с протоколами разрешения;

– накопление статистических данных о фактическом уровне качества получаемой продукции и разработка на этой основе предложений по повышению качества и, при необходимости, пересмотра требований нормативной документации на продукцию;

– периодический контроль за соблюдением правил и сроков хранения продукции поставщиков.

### **2. Операционный контроль**

Контроль геометрических параметров, внешнего вида объектов должен проводиться с целью своевременного предотвращения отступлений от требований конструкторской и технологической документации при изготовлении деталей, сборочных единиц, а также для выявления характера и причин отклонений от технологических процессов в ходе производства и разработки мероприятий, направленных на обеспечение стабильности качества выпускаемой продукции [16].

Контроль производится на каждой технологической операции.

Задачами операционного контроля являются:

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

Контрольные средства – универсальные и специальные (шаблоны, скобы, калибры).

Операционный контроль проводят исполнитель операций, мастера, работники отдела технического контроля по планам, установленным соответствующей документацией и в зависимости от требований, предъявляемых к качеству деталей. Операционный контроль осуществляют, как правило, на всех стадиях производства.

### **3. Приемочный контроль**

Контроль деталей проводится с целью установления пригодности к поставке или использованию бездефектных укомплектованных изделий и предусматривает проведение всесторонних оценок их качества (геометрических параметров, внешнего вида, наличие клейма и документации) на соответствие требованиям, установленным в конструкторской и технологической документации [16].

При серийном типе производства разрабатывается технология контроля с маршрутно-операционным и операционным описанием.

Применяется контроль: выборочный операционный статистическими методами, сплошной операционный для ответственных и высокоточных деталей, профилактический контроль первой детали.

Задачи приемочного контроля:

- проверка качества сборки, наладки, регулировки, эксплуатационных характеристик готовых изделий;
- проверка наличия предусмотренной сопроводительной документации, подтверждающей приемку деталей, сборочных единиц;

- проверка маркировки, консервации, упаковки и тары;
- проверка комплектности готовых изделий.

Приемочный контроль, в основном, сплошной. Применяются универсальные средства контроля, калибры, шаблоны, специальные контрольные приспособления. На отдельных операциях используются механизированные, полуавтоматические и автоматические средства контроля. Организуются контрольные пункты стационарного контроля. Приемочный контроль качества готовых изделий проводится работниками ОТК и представителем заказчика.

При выборе средств контроля должны учитываться:

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

При выборе средств контроля должны обеспечиваться:

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

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

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

Порядок выбора средств контроля по точности измерения:

1. Определение допускаемой погрешности измерения контролируемого параметра в соответствии с ГОСТ 8.051-81;
2. Выбор средства контроля в соответствии с РД 50-98-86;
3. Сопоставление допускаемой погрешности измерения  $\Delta$  и предельной погрешности средства контроля  $\delta$ . При этом должно соблюдаться условие  $\delta \leq \Delta$ , т.е. предельная погрешность средства контроля не должна превышать допускаемую погрешность измерения контролируемого параметра;
4. По результатам сопоставления ограничивают номенклатуру средств контроля. Из выбранных приборов следует выбирать тот, который имеется в

наличии, проще в обращении и к условиям применения которого предъявляются менее жесткие требования.

## **1.2 Автоматизация проектирования технологий контроля на координатно-измерительных машинах**

Тенденции развития машиностроения показывают, что обеспечение качества выпускаемой продукции в современном производстве невозможно без гибких систем автоматизированного контроля. На промышленных машиностроительных предприятиях автоматизированные процессы контроля применяется в основном в крупносерийном и массовом производстве [31].

Современное метрологическое обеспечение — это комплекс мероприятий, который способствует получению объективных результатов измерений, необходимых для достижения единства, а также точности, полноты, своевременности, оперативности измерений, достоверности контроля параметров и характеристик объектов при современном развитии научно-технического прогресса.

В связи с этим, предприятия переходят на автоматизирование технологий контроля с помощью координатно-измерительных машин. Они являются наиболее эффективными на сегодняшний день.

Положенный в основу работы КИМ координатный метод измерения является наиболее универсальным и может эффективно применяться для автоматизированного контроля практически всех требуемых геометрических параметров простых и сложных деталей, включая те детали, где традиционными способами требуют дорогостоящей специальной оснастки или измерение которых вообще невозможно [31].

Новые измерительные системы и автоматизированный приборы оснащаются специализированным метрологическим программным обеспечением, которое включает в себя все модули необходимые для настройки и управления работой координатно-измерительного оборудования, средства для получения, обработки и анализа измерительной информации, удобные

графические интерфейсы пользователя, настраиваемые на конкретную операцию измерения, а также средства для формирования подробных, наглядных отчетов и статистической обработки результатов измерения.

### **1.3 Сравнение координатно-измерительных машин**

Координатно-измерительная машина — устройство для измерения геометрических характеристик объекта. Машина может управляться вручную оператором или автоматизировано компьютером. Измерения проводятся посредством датчика, прикрепленного к подвижной оси машины [30].

КИМ значительно упрощают и метрологическую подготовку производства новых изделий, так как отпадает необходимость создания большого количества специальной измерительной оснастки.

На КИМ можно производить измерения деталей самой различной конфигурации. В основном они применяются для измерения деталей сложной формы, например: корпусов коробок передач, коленчатых валов, кулачковых валов, лопаток турбин, отливок и поковок различной формы, корпусов автомобилей и многих других [30].

Вся информация, которая считывается измерительными головками автоматически заносится в компьютер и на дисплее получают полную информацию о размерах и форме контролируемой детали [27].

Совокупность конструктивных решений КИМ можно условно разделить на три группы в зависимости от конструкции узла и его расположения, на котором находится датчик касания: машины консольного, порталного и мостового (на колоннах) типов [24].

Консольные КИМ — это машины, в которых датчики касания расположены на консолях. (рис. 1а; рис. 1в). Часто эти КИМ называют машинами стоечного типа, так как при консольном расположении датчика касания устанавливается одна стойка, которая может быть как неподвижной, так и перемещающейся [24].

По своему назначению и по конструкции эти машины могут быть разделены на две группы: КИМ со стойкой легкой конструкции и КИМ со стойкой тяжёлой конструкции.

Достоинство всех машин консольного типа по сравнению с другими машинами - хороший доступ к измерительной позиции.

Портальные КИМ - машины, в которых датчик касания расположен на портале (рис. 1б). У этого вида машин обычно большая скорость измерения, что обеспечивает высокую производительность [24].

По сравнению с консольными, портальные машины обладают большой жесткостью, а следовательно, в таких конструкциях можно обеспечить высокую точность измерения. Все известные точные КИМ, как правило, портального типа.

Мостовые КИМ - машины, в которых подвесной элемент располагается на колоннах (стойках) и при измерении датчик касания перемещается по всем координатам (рис. 1г). В принципе, мостовые КИМ аналогичны по конструкции портальным машинам с неподвижным порталом [24].

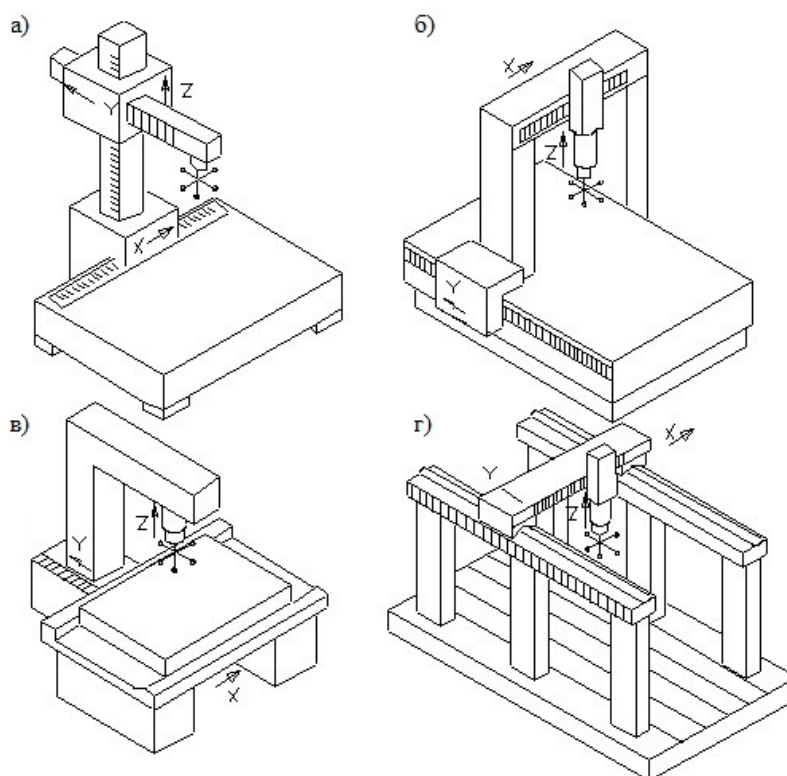


Рисунок 1 – Виды компоновок координатно-измерительных машин

Помимо рассмотренных типов машин имеются комбинированные конструкции, например сочетание консольного и мостового типа, поэтому рассмотренную классификацию можно считать довольно условной.

Если рассматривать контрольно-измерительные машины в аспекте мобильности, то можно выделить две основные их разновидности:

- 1) Стационарные;
- 2) Портативные.

Для стационарных координатно-измерительных машин характерна высокая точность и скорость измерений, возможность автоматизировать измерения и исключить человеческий фактор из процесса контроля качества.

В качестве примера стационарной КИМ приведена трехкоординатная измерительная машина «DEA Global».

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

Машины координатно-измерительные DEA Global выпускаются четырех версий CLASSIC, PERFORMANCE, ADVANTAGE, SF, каждая из которых имеет несколько типоразмеров, отличающихся друг от друга диапазоном измерений, конфигурацией щупов и характеристиками погрешности.

Основными механическими частями КИМ «DEA Global» являются гранитный рабочий стол, установленный на опорах, алюминиевый портал, который движется поперек гранитной плиты вдоль оси Y и X-Z каретка, которая движется над мостом вдоль оси X и поддерживает Z плунжер (Z-ось).

На рисунке 2 изображен общий вид машины трехкоординатной измерительной DEA Global [20].





Рисунок 2 – Общий вид машины трехкоординатной измерительной «DEA Global»

В качестве примера портативной КИМ приведена трехкоординатная измерительная машина «CimCore» 7540 [29].

Портативные координатно-измерительные машины не имеют механических приводов, управляются вручную и имеют 6-7 степеней подвижности, что позволяет вести высокопроизводительное измерение сложных деталей с минимальным количеством изменения положения детали, применяя минимальное количество технологической оснастки.

Конструкция имитирует движения человеческой руки (плечо, локоть, и запястье) и допускает неограниченное вращение вокруг основных осей. Все

программные функции могут быть выполнены с помощью мыши дистанционного управления, которая находится на «запястье» измерительной «руки», а звуковая обратная связь помогает оператору выполнять процедуры контроля [20].

Типичная КИМ имеет три оси X, Y и Z. Оси ортогональны друг к другу и образуют обычную трехмерную систему координат. Каждая ось имеет свой масштаб, что определяет расположение этой оси. Машина считывает данные с сенсорного датчика, по указанию оператора или компьютера. Затем машина использует X, Y, Z координаты каждой из этих точек, чтобы определить размер и расположение. Как правило, точность измерений координатной машины порядка микрон, или микрометров, что составляет одну миллионную часть метра.

КИМ, как правило, используется в производственном и сборочном процессе для проверки размеров деталей или проверки качества сборки в сравнении с требуемым дизайном. После сбора X, Y, Z положений множества точек детали, полученные массивы данных анализируются с помощью различных регрессионных алгоритмов. Эти данные о точках собираются с помощью зонда, который позиционируется оператором или автоматически с помощью прямого управления компьютером. КИМ может быть запрограммирована на конвейерный поточный анализ, что позволяет считать КИМ специализированной формой промышленного робота.

На рисунке 3 представлен общий вид КИМ «CimCore».



Рисунок 3 – Общий вид КИМ «CimCore» 7540

Наглядное сравнение координатно-измерительных машин представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение координатно-измерительных машин

Параметр	Модель КИМ	DEA Global Classic	CimCore 7540
	1	2	3
Диапазон измерений X, Y, Z, мм		700x1000x500	4000x4000x4000
Габаритные размеры, ш. д. в., мм, не более		1250x1910x2376	186x0,51x0,29
Масса КИМ, кг		1235	8,9
Допустимая масса детали, кг		900	Без ограничений
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений линейных размеров, мм		$\pm 1,9 + L/300$ (L-измеряемая длина в мм)	$\pm 0,075$
Нормальная область значений температуры, °С		$20 \pm 2$	$20 \pm 5$
Относительная влажность воздуха, %		90 без конденсации	от 10 до 90 без конденсации

#### Окончание таблицы 1

1	2	3
Диапазон атмосферного давления, Мпа	0,5	0,084 до 0,107
Параметры электропитания	220 В±10%, 50 – 60 Гц	220±15 В, 50 – 60 Гц
Средний срок службы, лет	не менее 5	не менее 5
Программное обеспечение	PC-DMIS	RDS

Сравнение показало, что портативная КИМ модели CimCore 7540 точнее и удобнее в использовании, чем стационарная КИМ модели DEA Global Classic.

#### **1.4 Описание и работа учебной КИМ с ЧПУ модели НИИК-701**

Учебные КИМ применяются для выполнения лабораторных работ в высших учебных заведениях, колледжах, профессиональных центрах по подготовке и переподготовке кадров. Их функциональные возможности позволяют обучающимся получить практические навыки работы с современными КИМ, а также закрепить теоретические знания, научиться проектировать эффективные процессы технического контроля [7].

Измерения на КИМ производятся в прямоугольной декартовой системе координат, затем происходит математическая обработка измеренных координат и определяются линейные и угловые размеры, а также отклонения формы и расположения. Основным преимуществом современных КИМ является возможность полной автоматизации как на этапе реализации координатного метода измерений, так и на этапе обработки результатов этих измерений.

Для того, чтобы начать эксплуатацию учебной КИМ с ЧПУ, необходимо изучить её устройство и принцип работы. Составные части учебной КИМ модели НИИК-701 представлены на рисунке 4.

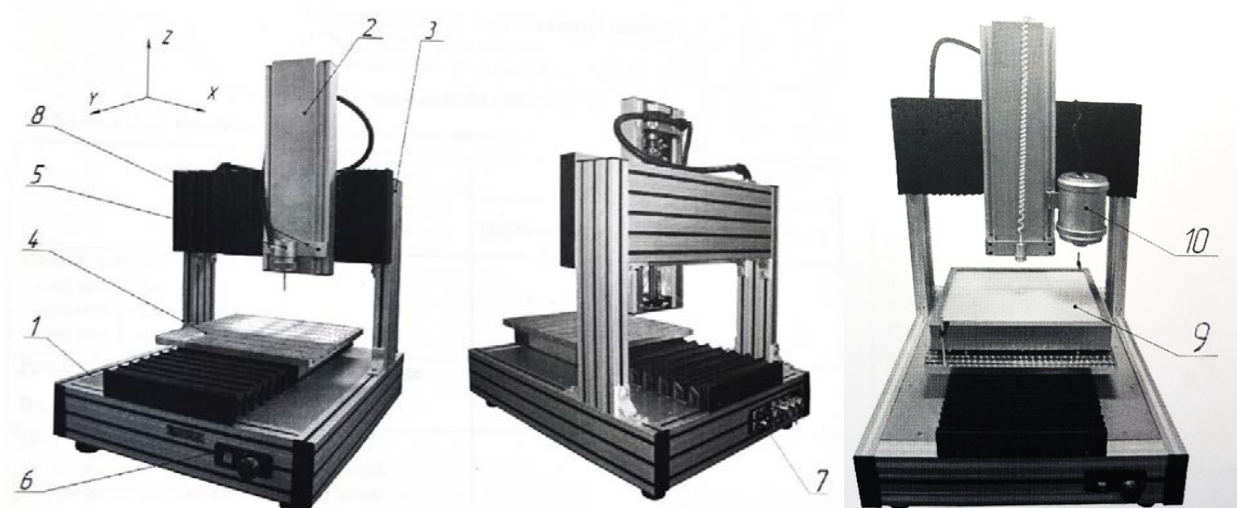


Рисунок 4 – Составные части учебной КИМ модели НИИК-701

1 – станина; 2 – стойка; 3 – портал; 4 – рабочий стол; 5 – контактная головка;  
 6 – передняя панель; 7 – задняя панель; 8 – планка; 9 – осветительное устройство;  
 10 – оптический узел

Каркас КИМ изготовлен из упрочненного, термообработанного алюминиевого профиля, что в сочетании с порталной конструкцией обеспечивает большую жесткость прибора.

На направляющих качения станины 1 (рис. 4) расположен рабочий стол 4 (рис. 4). К станине 1 (рис. 4) крепится портал 3 (рис. 4). На ребрах станины крепятся направляющие качения и измерительные линейки. Преобразователи линейных перемещений крепятся с помощью закладных гаек в Т-образные пазы алюминиевого профиля. Данные преобразователи, расположенные вдоль осей, образуют декартову (прямоугольную) систему координат. На направляющих качения портала 3 (рис. 4) размещена стойка 2 (рис. 4), которая может перемещаться в двух взаимно – перпендикулярных направлениях. К стойке 2 (рис. 4) при помощи планки 8 (рис. 4) крепится контактная измерительная головка 5 (рис. 4) с наконечником.

Для измерений по стандартной оптической схеме на стойке 2 (рис. 4) сбоку дополнительно размещен оптический узел 10 (рис. 4), который может перемещаться вверх и вниз вместе со стойкой. При использовании для измерений оптического узла устанавливается осветительное устройство 9 (рис. 4) на рабочий стол 4 (рис. 4).

Осветительное устройство крепится к рабочему столу 4 (рис. 4) двумя планками с помощью закладных гаек и шпилек. На осветительное устройство кладутся плоские, легко деформированные детали, и приводится измерение.

На стойке 2 (рис. 4) сбоку дополнительно размещен оптический узел 10 (рис. 4), который может перемещаться вверх и вниз вместе со стойкой. При использовании для измерений оптического узла устанавливается осветительное устройство 9 (рис. 4) на рабочий стол 4 (рис. 4).

Оптический узел обеспечивает бесконтактные измерения заданных координат точек, расположенных на измеряемых поверхностях деталей, что позволяет проводить неразрушающий контроль плоских, легко деформируемых изделий [7].

Основные параметры и характеристики КИМ представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Основные параметры и характеристики КИМ

Наименование	Значение
Рабочая зона, не менее	
- по оси X, мм	300
- по оси Y, мм	350
- по оси Z, мм	150
Размер контролируемой детали, мм, не более	250x300x100
Вес детали, кг, не более	20
Габаритные размеры КИМ, мм, не более	700x850x950

Все параметры, указанные в таблице 2, необходимо учитывать при подготовке к измерениям, особенно это касается веса и размера детали, а также непосредственно при измерениях.

Условия эксплуатации учебной КИМ должны соответствовать нормальным и рабочим климатическим условиям, представленным в таблице 3.

Таблица 3 – Климатические условия эксплуатации учебной КИМ

Наименование	Значение
Температура окружающего воздуха, °С	20±2
Допускается проводить учебные измерения при рабочей температуре, °С	от +17 до +30
Относительная влажность окружающего воздуха, %	58±20
Атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	101±3 (760±30)

Включение - выключение КИМ осуществляется с помощью кнопки на рисунке 5, расположенной на передней панели 6 (рис. 4). На передней панели так же расположена кнопка аварийной остановки (рис. 5). Кнопка снабжена функцией фиксации. После нажатия на кнопку происходит размыкание цепи питания контроллера шаговых двигателей, что приводит к аварийной остановке. Для восстановления работоспособности нужно еще раз нажать на кнопку и перезапустить программу [7].

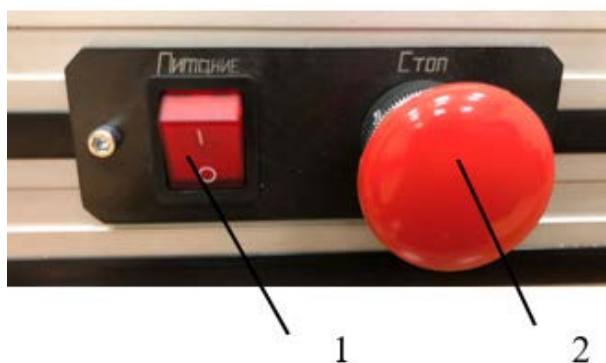


Рисунок 5 – Передняя панель

1 – кнопка включения-выключения; 2 – кнопка аварийная

Так как контактная головка является важнейшим элементом КИМ, ее работу следует рассмотреть подробнее. Контактная головка 1 (рис. 6) функционирует следующим образом: при касании измерительным наконечником 2 (рис. 6) измеряемой поверхности происходит разрыв электрической цепи контактной головки, механически связанной с наконечником. Головка выполнена так, что отклонение наконечника по любой из трех координат вызывает размыкание её электрической цепи.

Контактная головка требует особо осторожного обращения, так как она позволяет точно позиционировать, регистрировать отклонение измерительного наконечника и передавать сигнал на компьютер. Компьютер запоминает координаты измеренной точки на поверхности, считывая их с преобразователей линейных перемещений [7].

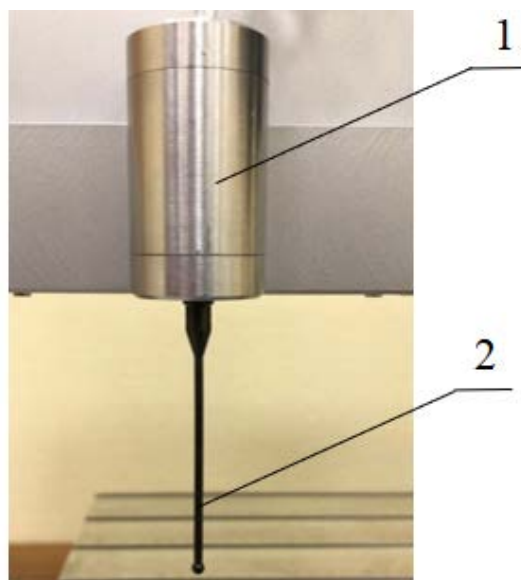


Рисунок 6 – Общий вид контактной измерительной головки  
1 - контактная измерительная головка; 2 - измерительный наконечник

Измерительный наконечник представляет собой ту часть системы, которая, соприкасаясь с деталью, вызывает смещение механизма в контактной головке. После каждого измерения координат отдельной точки измерительный наконечник перемещается назад, противоположно движению измерения (рис. 7). Генерируемый сигнал обеспечивает фиксацию фактических текущих координат по осям X, Y и Z.



Рисунок 7 – Цикл измерения координат точки

Существуют также некоторые эксплуатационные ограничения:

1. КИМ должна быть установлена на надежном основании, которое обеспечивает удобный доступ к рабочей зоне и всем органам управления;
2. Для подключения электропитания КИМ, электрическая проводка должна находиться в непосредственной близости от места установки. Обязательно использовать розетки с заземлением;



3. Перед проведение измерений на КИМ, все детали и составные узлы машины должны прогреться не менее 15 минут. Для выравнивания температуры измеряемой детали и узлов КИМ необходимо разместить детали рядом с КИМ не менее чем за сутки до проведения измерений;

4. Визуальный контроль должен быть составной частью запланированных работ. КИМ разрешается эксплуатировать только тогда, когда составные части КИМ не имеют внешних механических повреждений. Кабели должны быть в безупречном состоянии. Они не должны иметь прогибов и повреждений;

5. Если обнаружались какие-либо неисправности, КИМ не включать в сеть до их устранения;

6. До начала работы обязательно протереть смоченной в обезжиривателе салфеткой, которая не оставляет ворса.

Порядок работы на КИМ, следующий:

1. Изучить устройство и работу КИМ;

2. Включить компьютер;

3. Запустить программу ТЕХНОкоорд. Данная программа является средством для программирования КИМ, а также для автоматизации статистической обработки результатов измерения и формирования наглядных отчетов;

4. Включить координатно-измерительную машину;

5. Выбрать САD-модель или, по-другому 3d-модель детали, которая будет измеряться. Управление машиной программируется интерактивно на основе этой модели;

6. Создать щуповую систему. Щуповая система — это набор щупов, расположенных в пространстве. Основным объектом щуповой системы является измерительный наконечник;

7. Выполнить калибровку щупа. Калибровка щупа выполняется с целью определений отклонения датчика, которые возникают при измерении под разными углами к поверхности. В качестве калибратора выбирается сфера с аттестованным радиусом и отклонением формы не более 0,5 мкм (в общем

случае зависит от точностных возможностей машины). В процессе измерения деталей полученные отклонения используются в качестве компенсации;

8. Установить деталь на измерительный стол;

9. Создать стратегии измерения. Стратегия измерения элемента – это принцип размещения измеряемых точек на поверхности элемента;

10. Расставить запрещенные зоны. Так как измеряемое изделие закрепляется на столе с помощью специальных креплений и если не учитывать их геометрическое расположение, то в процессе измерения машина может столкнуться с одним из них;

11. Создать отчет. Там может быть указано название учебного заведения, где производится обучение на КИМ; имя контролера, который произвел измерение или калибровку; а также 3d-модель детали, её размеры и отклонения формы и расположения;

12. Выполнить привязку. Для того чтобы производить перемещения машины вокруг детали, измерять точки на ее поверхности необходимо узнать, как расположена деталь на столе. Такой процесс называется привязка текущего расположения детали к САД-модели;

13. Запустить схему измерения. Машина произведет подключение, выход в ноль, затем начнут выполняться запрограммированные действия;

14. После измерений на экране компьютера появиться отчет, в соответствии с рисунком 8, его необходимо сохранить. Над таблицей расположена 3d-модель детали. В таблице указывается название измеряемого параметра, его номинал и допуск. Все эти параметры можно задавать вручную с использованием чертежа детали [8].

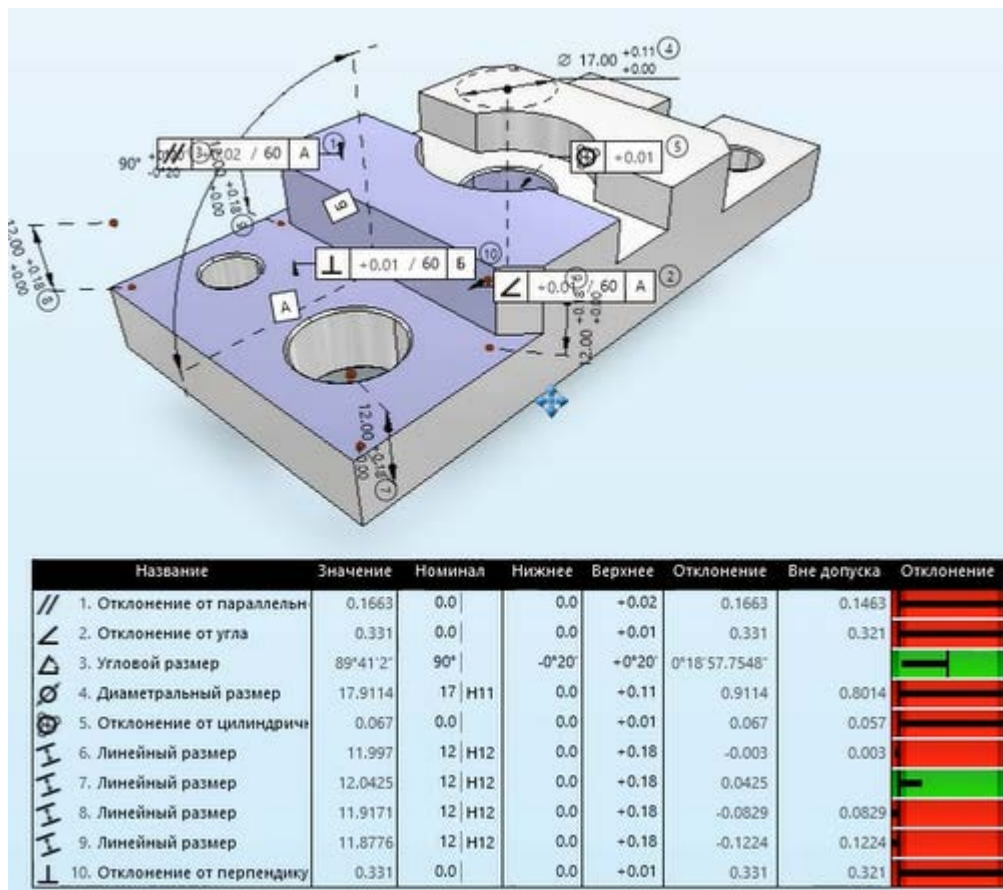


Рисунок 8 – Пример отчета

После измерения автоматически заполняются столбцы с верхним и нижним отклонениями и считается отклонение от допуска в целом. В последнем столбце появляется визуальное отображение всех отклонений. Оно позволяет быстро и достаточно просто анализировать полученные результаты, так как программа выдает уже готовый и наглядный отчет. Если отклонение не выходит за пределы допуска, то элемент принимает зеленый вид, а если выходит за пределы допуска – красный [9].

## **2 АНАЛИЗ, СИСТЕМАТИЗАЦИЯ И ОТБОР ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИНСТРУКЦИИ**

### **2.1 Требования к инструкции**

Порядок оформления инструкции по эксплуатации регламентируется ГОСТ 2.601-2013 «ЕСКД. Эксплуатационные документы» и ГОСТ 2.610-2006 «Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов».

В соответствии с этими стандартами инструкция по эксплуатации – документ, содержащий сведения о конструкции, принципе действия, характеристиках (свойствах) изделия, его составных частях и указания, необходимые для правильной и безопасной эксплуатации изделия.

Как правило, инструкция по эксплуатации оборудования включает в себя не только текст, но и схемы, чертежи, фотографии и другие графические элементы, призванные наглядно объяснить потребителю нюансы использования устройства [11].

Инструкция по эксплуатации должна включать:

- сведения о конструкции, принципе действия, характеристиках (свойствах) машин и/или оборудования;
- указания по монтажу или сборке, наладке или регулировке, техническому обслуживанию и ремонту машины и (или) оборудования;
- указания по использованию машины и (или) оборудования и меры по обеспечению безопасности, которые необходимо соблюдать при эксплуатации машины и (или) оборудования;
- назначенные показатели в зависимости от конструктивных особенностей;
- перечень критических отказов, возможные ошибочные действия персонала, которые приводят к инциденту или аварии;

– действия пользователя в случае инцидента, критического отказа или аварии [12].

При выполнении иллюстраций соблюдают следующие общие правила:

– иллюстрации должны быть расположены как можно ближе к соответствующим частям текста, а количество иллюстраций должно быть достаточным для правильного понимания текста;

– иллюстрации должны быть представлены в виде и масштабе, наиболее благоприятных для восприятия, а в случае необходимости, для наглядности должны быть использованы схема размещения и/или указатели направления;

– иллюстрации должны быть достаточно наглядными и простыми и должны иметь только необходимую информацию, непосредственно относящуюся к тексту. Следует избегать дублирования иллюстраций;

– следует избегать включения в иллюстрации несущественных деталей, таких как невидимые полости или детали, обозначаемые пунктирными линиями (лишние элементы, которые не поясняются в тексте). Точное представление подробностей - тип резьбы на винтах или вид головки болта могут быть опущены;

– расстояние между двумя линиями должно быть не менее суммарной толщины этих линий;

– цветные иллюстрации должны обеспечивать возможность их вывода на устройства ЭВМ в монохромном режиме с приемлемым качеством;

– для облегчения чтения и возможности использования перекрестных ссылок следует использовать портретную ориентацию расположения иллюстраций. Допускается, при необходимости, использовать фальцованные иллюстрации или иллюстрации, выполненные в альбомной ориентации [12].

При разработке документа особое внимание должно быть обращено на изложение требований к соблюдению мер безопасности при эксплуатации и ремонте изделий. Текст с предупреждениями и требованиями мер предосторожности должен всегда выделяться и со всей очевидностью

показывать пользователю, что речь идет о предостережении или предупреждении.

В случае если машина и (или) оборудование предназначены для эксплуатации не профессиональными пользователями, инструкция по эксплуатации должна учитывать знания, умение и опыт таких пользователей.

## **2.2 Разработка алгоритма создания инструкции по эксплуатации КИМ**

Алгоритм разработки инструкции по эксплуатации учебной КИМ, представленный на рисунке 9, направлен на адаптацию преподавателей кафедры инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и металлургии к разработке инструкции, их самостоятельному обучению и к последующему обучению студентов на современной учебной КИМ [3].

Предлагаемый алгоритм построен с учетом положений, связанных с процессным подходом, согласно которому деятельность представлена как совокупность взаимосвязанных процессов, «выход» предыдущего процесса является «входом» в последующий процесс. Для каждого процесса определены «входы» и «выходы» [14].

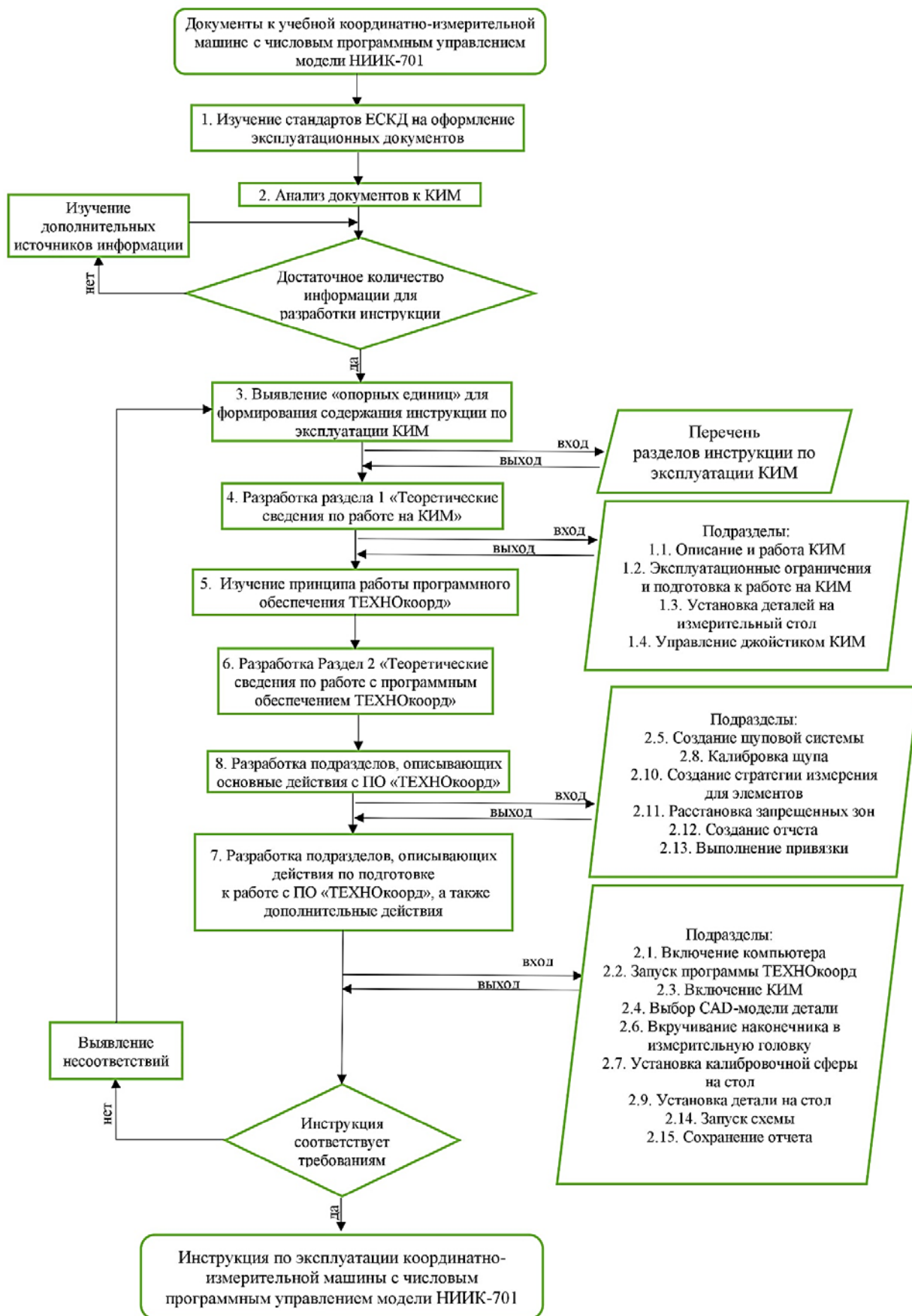


Рисунок 9 – Алгоритм разработки инструкции по эксплуатации учебной координатно-измерительной машины с ЧПУ модели НИИК-701

«Входом» в алгоритм разработки инструкции являются документы к учебной КИМ с ЧПУ модели НИИК-701, а именно техническая документация, которую предоставляют при покупке КИМ, к ней относятся: паспорт и руководство по эксплуатации [3].

Первый блок алгоритма отвечает за изучение стандартов ЕСКД на оформление эксплуатационных документов. На сегодняшний день основные требования к содержанию и изложению, в нашем случае инструкции по эксплуатации, предъявляются стандартами ЕСКД: ГОСТ 2.601-2013 «Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы» и ГОСТ 2.610-2006 «Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов».

Второй блок алгоритма предполагает анализ документов к КИМ для того, чтобы извлечь всю необходимую информацию для разработки инструкции, за что отвечает следующий элемент-ромб. В нем записывается логическое условие, то есть если вся информация найдена и изучена в полном объеме, то по стрелке с надписью «Да» можно перейти к следующему блоку модели, а если информации не хватает, то по стрелке «Нет» необходимо перейти к блоку «Изучение дополнительных источников информации».

Третьим блоком в алгоритме является выявление «опорных единиц» для формирования содержания инструкции по эксплуатации КИМ. В этом блоке является главным выявление достаточного количества разделов для инструкции, чтобы вся необходимая информация полностью отражалась в ней. После данного блока определен «Вход», он отвечает за форму подачи данных, в данном случае это готовый перечень разделов инструкции по эксплуатации КИМ, а «Выход» представляет собой переход к непосредственной разработке первого раздела «Теоретические сведения по работе на КИМ», что является четвертым блоком алгоритма.

Разработка первого раздела, о которой говорится в четвертом блоке, предполагает создание подразделов, которые перечисляются на «Входе» блока



ввода-вывода данных. Подразделы, которые должны быть написаны, следующие:

1.1 Описание и работа КИМ. Данный подраздел является важной и основной составляющей всей инструкции. В нем описываются составные части КИМ, основные параметры и характеристики, климатические условия применения, а также устройство и работа составных частей;

1.2 Эксплуатационные ограничения и подготовка к работе на КИМ, также является важным подразделом инструкции. Без знания о существующих ограничениях можно навредить КИМ, а подготовка к работе должна быть составной частью всех запланированных работ по измерениям;

1.3 Установка деталей на измерительный стол должна происходить в соответствии с данным подразделом инструкции, так как даже мелкие недочеты, неосторожное обращение, могут отрицательно повлиять на функции КИМ;

1.4 Управление джойстиком КИМ. Когда необходимо выполнять запрограммированные действия, например, измерять точки в ручном режиме следует использовать джойстик. В инструкции описаны значения кнопок, которые отвечают за эти действия.

Пятый блок алгоритма отвечает за изучение принципа работы программного обеспечения ТЕХНОкоорд. Данное ПО является надежным программным продуктом для настройки и программирования КИМ. С помощью него достигается максимальная автоматизация обработки результатов измерения, а также формирования отчетов.

После изучения принципов работы ПО, можно перейти к следующему, шестому блоку алгоритма – Разработка второго раздела «Теоретические сведения по работе с программным обеспечением ТЕХНОкоорд». Он отвечает за отбор теоретических сведений для подразделов, которые отражены в седьмом блоке.

Седьмой блок «Разработка подразделов, описывающих действия по подготовке к работе с ПО «ТЕХНОкоорд», а также дополнительные действия

на «Входе» включает блок ввода-вывода данных, в котором отражены следующие подразделы:

2.1 Включение компьютера. На персональном компьютере установлено программное обеспечение «ТЕХНОкоорд», поэтому без включенного компьютера не удастся начать работу;

2.2 Запуск программы ТЕХНОкоорд. На рабочем столе, либо в меню пуск необходимо найти название данной программы и кликнуть на нее два раза для запуска. Без её включения начать работу будет также невозможно, как и в предыдущем подпункте;

2.3 Включение КИМ. Включение - выключение КИМ должно происходить в соответствии с данным подразделом инструкции, а именно с помощью кнопки, расположенной на передней панели;

2.4 Выбор САД-модели детали. САД-модель можно загрузить из формата \*.step, \*.stp или из внутреннего формата программы ТЕХНОкоорд. Другими словами, пользователь должен выбрать 3d модель детали, которую он будет измерять;

2.5 Вкручивание наконечника в измерительную головку. В данном подразделе является необходимостью проверить насколько правильно и до конца закручен наконечник в головку. При неправильной его установке КИМ не даст начать работу, так как наконечник не сможет «увидеть» деталь;

2.6 Установка калибровочной сферы на стол. Для выполнения калибровки на рабочем столе должна быть установлена калибровочная сфера. Установить её необходимо правильно изначально, так как в процессе выполнения калибровки положение сферы должно быть неизменным.

Восьмым блоком алгоритма является разработка подразделов, которые описывают основные действия с ПО «ТЕХНОкоорд». В данном блоке «Входом» являются следующие подразделы:

2.7 Создание щуповой системы. Щуповая система – это набор щупов, которые расположены в пространстве. Геометрия щуповой системы

используется для автоматического поиска пути, корректного отображения щупа в схеме измерения и симуляции измерения на виртуальном КИМ;

2.8 Калибровка щупа. Калибровка выполняется с целью определения отклонений датчика, которые возникают при измерении под разными углами;

2.9 Создание стратегии измерения для элементов. Стратегия измерения элемента – это принцип размещения измеряемых точек на поверхности элемента. Её создание необходимо выполнять в соответствии с данным пунктом инструкции;

2.10 Расстановка запрещенных зон. Как правило, измеряемое изделие закрепляется на столе с помощью специальных креплений. Если не учитывать их геометрическое расположение, то в процессе измерения машина столкнется с одним из них, поэтому необходимо это учитывать;

2.11 Создание и сохранение отчета. Этот пункт необходим для того, чтобы пользователь мог выводить измеренные параметры в отчет;

2.12 Выполнение привязки. Для того чтобы производить перемещения машины вокруг детали, измерять точки на ее поверхности необходимо узнать, как расположена деталь на столе. Такой процесс называется привязка текущего расположения детали к САД-модели;

2.13 Запуск схемы. После запуска схемы машина произведет подключение, выход в ноль, затем начнут выполняться запрограммированные действия.

После выполнения всех вышеперечисленных пунктов осуществляется переход к следующему элементу-ромбу, в котором написано, что необходимо убедиться, что написанная инструкция соответствует требованиям. Если все требования соблюдены, то по стрелке «Да» происходит переход к блоку «Выход» из алгоритма, а если не выполнены, то по стрелке «Нет» выявляются несоответствия и совершается переход к третьему блоку алгоритма.

«Выходом» из алгоритма разработки инструкции является готовая разработанная инструкция по эксплуатации учебной координатно-измерительной машины с ЧПУ модели НИИК-701 [3].

Все вышеизложенные действия в инструкции должны осуществляться последовательно и этому порядку следует действовать, выполняя разработку инструкции для того, чтобы ничего не упустить и в полном объеме представить всю необходимую информацию для дальнейшего использования КИМ.

### 3 РАЗРАБОТКА ИНСТРУКЦИИ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ КИМ

В соответствии с предложенным алгоритмом в данной работе разработано учебное пособие в электронном виде, содержащее теоретические основы инструкции по эксплуатации КИМ.

Содержание данного пособия следующее:

Введение

Раздел 1 Теоретические сведения по работе на координатно-измерительной машине (КИМ)

1.1 Описание и работа КИМ

1.2 Эксплуатационные ограничения и подготовка к работе на КИМ

1.3 Установка деталей на измерительный стол

1.4 Управление джойстиком КИМ

Раздел 2 Теоретические сведения по работе с программным обеспечением ТЕХНОкоорд

2.1 Включение компьютера

2.2 Запуск программы ТЕХНОкоорд

2.3 Включение КИМ

2.4 Выбор САД-модели детали

2.5 Создание щуповой системы

2.6 Вкручивание наконечника в измерительную головку

2.7 Установка калибровочной сферы на стол

2.8 Калибровка щупа

2.9 Установка детали на стол

2.10 Создание стратегии измерения для элементов

2.11 Расстановка запрещенных зон

2.12 Создание отчета

2.13 Привязка

2.14 Запуск схемы

2.15 Сохранение отчета

Заключение

Список литературы

Данное пособие приведено в приложении А. Содержит 35 страниц, 2 раздела, 35 рисунков, а также 2 таблицы.

Учебное пособие по использованию координатно-измерительной машины с числовым программным управлением модели НИИК-701 для лабораторных занятий опубликовано во всероссийском издании «Новые идеи».

Для допуска студентов к работе на КИМ разработан дидактический тест, приведенный в следующей главе.

## 4 РАЗРАБОТКА ДИДАКТИЧЕСКОГО ТЕСТА ДЛЯ ДОПУСКА СТУДЕНТОВ К РАБОТЕ НА КИМ

### 4.1 Описание дидактического теста

Педагогическим тестом называется система заданий определенной формы, создаваемая с целью контроля и оценки уровня знаний и навыков обучаемых [4].

Эффективная система тестирования должна являться органической частью всего учебного курса, и конечно, соответствовать основным дидактическим принципам обучения в учреждениях среднего профессионального образования. А.В. Духавнёва так формулирует эти принципы:

- ориентированность высшего образования на развитие личности будущего специалиста;
- соответствие содержания образования современным и прогнозируемым тенденциям развития науки и производства;
- оптимальное сочетание общих, групповых и индивидуальных форм организации учебного процесса в учреждении начального профессионального образования;
- рациональное применение современных методов и средств обучения на различных этапах подготовки специалистов;
- соответствие результатов подготовки специалистов требованиям, которые предъявляются конкретной сферой их профессиональной деятельности, обеспечение их конкурентоспособности.

Более конкретные принципы построения тестов являются следствием требования, сформулированного А.Н. Майоровым в определении теста, как «квалиметрически выверенной системы тестовых заданий». Квалиметрическая выверенность подразумевает соответствие инструмента измеряемому параметру, точность этого инструмента, и минимизацию погрешностей измерения. И.А. Мореев сформулировал 33 принципа создания тестового

инструментария. Они охватывают этапы конструирования теста, написания тестовых заданий и разработки технологии тестирования. Воспользовавшись этими принципами, уточнив и конкретизировав их, можно составить перечень требований к написанию заданий и составлению теста, а также выделить набор интегральных критериев, позволяющих судить о качестве тестового инструментария в целом.

Итак, совокупность тестовых заданий, входящая в тест, должна отвечать следующим ключевым критериям:

1. Целесообразность. Содержание теста должно зависеть от целей тестирования;

2. Конкретность. Тема тестирования не должна быть излишне обобщенной;

3. Полнота. Тест должен содержать совокупность заданий, отражающую все структурные элементы содержания дисциплины и их связи;

4. Оптимальность и сбалансированность. В тест должны быть включены только те задания, содержание которых не дублируется и равномерно покрывает, в своей совокупности, учебный материал;

5. Вариативность. Содержание теста может и должно варьироваться по мере изменения содержания дисциплины, появления новых научных знаний, изменения целей тестирования или уровня подготовленности тестируемых. При повторном тестировании, тест должен включать измененные, или новые задания;

6. Сложность. Сложность теста должна соответствовать содержанию обучения и поддерживать высокий уровень мотивации студентов;

7. Комплексность и сбалансированность. Следует гармонично сочетать в тесте задания на проверку знаний теоретического материала (понятия, законы, закономерности, гипотезы, факты, структурные компоненты теории), методов научной и практической деятельности, умений решать типовые задания. Отношение количеств заданий перечисленных типов должно соответствовать отношениям значимостей и объемов рекомендованной учебной информации;



8. Темперированность сложности и трудоемкости. Последовательность заданий теста должна быть такова, что каждое последующее задание, по мнению составителя, было более сложным и трудоемким, чем предыдущее. Выполнение этого принципа может быть достигнут тем, что студентов не ограничивают в выборе последовательности выполнения заданий. Практика показывает, что при этом студенты ищут и интуитивно находят для себя индивидуальный ряд заданий возрастающей сложности и трудоемкости;

9. Избыточность. В тест должно быть включено несколько больше заданий, чем необходимо для выявления знаний по курсу. Часть заданий тем или иным образом дублируется, чтобы исключить влияние случайных ошибок, тестируемых на результаты.

Каждое тестовое задание должно соответствовать следующим критериям:

1. Научная достоверность. В задание включаются только те элементы знания и связи между ними, которые являются истинными с точки зрения науки;

2. Значимость. Тестовое задание должно отражать структурный информационный элемент дисциплины либо связь между структурными элементами, без которых знания становятся неполными, с пробелами;

3. Соответствие современному знанию. Все тестовые задания должны включать только современные элементы знания;

4. Соответствие источникам знания. Задания должны включать адрес источника, который может быть включен и в демонстрируемую часть текста задания в случаях, когда имеются разночтения в рекомендованной литературе;

5. Трудоемкость. Относительное количество труда, который тестируемые затратят (в среднем) на выполнение каждого тестового задания, должно быть пропорционально относительной значимости отраженного в задании элемента курса;

6. Взвешенность оценки. Вес оценки за выполнение задания должен быть пропорционален его трудоемкости;

7. Понятность. Задания должны быть сформулированы в привычной для студентов форме, с использованием словарных оборотов из рекомендованных им учебных пособий;

8. Логическая непротиворечивость. В тестовых заданиях нет места двусмысленностям, неточностям и противоречивостям;

9. Дистрактивность. Варианты ответов должны быть сформулированы так, чтобы правильные варианты были похожи на неправильные, и наоборот. Формулировки правильных вариантов должны точно соответствовать материалу учебного курса.

Интегральные критерии качества тестового инструментария включают в себя:

1. Валидность теста. Результаты тестирования группы студентов должны соответствовать объективным характеристикам, данных студентам их руководителями, коллегами, преподавателями;

2. Надежность теста и технологии тестирования. Результаты тестирований подобных групп студентов с помощью одного теста должны быть подобными и не зависеть от времени;

3. Дидактическая направленность теста и технологии тестирования. Технология тестирования, в соответствии с принципами дидактики, должна не только дифференцировать и измерять знания студентов, но и обладать свойством инициирования их самообучения и проявлять их стремление к повышению качества знаний, умений, навыков. Следовательно, повторное тестирование группы студентов должно показывать более высокие результаты, чем первое;

4. Разрешающая способность теста. Выраженные численно сложности совокупности тестовых заданий должны равномерно заполнять тот интервал, который соответствует уровню знаний студентов. От сбалансированности сложности и трудоемкости заданий зависит способность теста дифференцировать претендентов в соответствии с уровнем их знаний.

При разработке дидактических тестов необходимо руководствоваться следующими правилами:

- одинаковость инструкции по выполнению задания всех испытуемых;
- правильность расположения элементов задания, что позволяет испытуемым быстрее зафиксировать свое решение и не тратить время на определение места для ответов;
- адекватность инструкции форме и содержания задания;
- одинаковость правил оценки ответов учащихся в рамках принятой формы (все испытуемые отвечают на одни и те же задания, всем дается одинаковое время);
- однозначность задания (задания должны быть поняты всеми испытуемыми одинаково);
- краткость и точность задания, которая обеспечивается тщательным подбором слов, символов, графики, позволяющих добиваться максимума ясности задания и минимум средств;
- грамматическое соответствие ответов заданию;
- тест должен включать большое количество вопросов, чтобы достаточно полно охватывать материал проверяемой темы (раздела);
- соответствие тестов (формулировок, буквенных обозначений и т.п.) источникам информации, используемым в обучении;
- педагогическая корректность тестовых заданий (задания должны соответствовать требованиям учебной программы (образовательного стандарта), быть рассчитаны на определенный уровень знаний обучаемых, вариативны и оптимальны по трудности) [4].

Тестовые задания, составляющие тест, классифицируют по двум критериям: по форме и по целям.

По форме выделяют:

- тест с заданиями закрытой формы;
- тест с заданиями открытой формы;

- тест с заданиями на установление соответствия;
- тест с заданиями на установление правильной последовательности.

Тесты с закрытой формой представляют собой утверждения с несколькими вариантами окончания, которые уже предложены составителями теста [4].

В разработанном тесте для контроля знаний по эксплуатации учебной координатно-измерительной машины двенадцать вопросов имеют закрытую форму.

Пример тестового задания закрытой формы:

1. Расстановка запрещенных зон является:

а) обязательным действием, так как измеряемое изделие закрепляется на столе с помощью специальных креплений и если не учитывать их геометрическое расположение, то в процессе измерения машина столкнется с одним из них;

б) необязательным действием, так как измеряемое изделие закрепляется на столе с помощью специальных креплений и если учитывать их геометрическое расположение, то в процессе измерения машина столкнется с одним из них;

в) обязательным действием, так как данный инструмент, позволяет отмечать часть пространства как недоступную для машины;

г) необязательным действием, так как данный инструмент, не позволяет отмечать часть пространства как недоступную для машины.

Ответ: \_\_\_\_\_.

Тестовые задания открытой формы представляют собой утверждения, в которых пропущено слово, выражение, формула или термин и т.п. Место, в которое следует вставить пропущенную информацию, обозначается многоточием, либо подчеркивается сплошной чертой [4].

Тестируемый обучающийся должен определить по смыслу, что в формулировке открытого задания пропущено, и вписать соответствующую информацию: слово, формулу, знаково-символическое выражение, термин, словосочетание.

Тестовые задания открытой формы считаются более трудными, чем закрытой формы, т.к. требуют воспроизвести ответ без какой-либо подсказки.

Рекомендуется использовать тестовые задания открытой формы для контроля усвоения учебного материала, относящегося к знанию основных понятий, фактов, определений, законов, формул, взаимосвязей и т.п.

В разработанном тесте одиннадцать вопросов, которые имеют открытую форму.

Пример тестового задания открытой формы:

2. Устройство, обеспечивающее работу КИМ, выполняется следующим образом:

На направляющих качения \_\_\_\_\_ расположен \_\_\_\_\_ . К станине крепится \_\_\_\_\_. На ребрах \_\_\_\_\_ крепятся направляющие качения и измерительные линейки. Преобразователи линейных перемещений крепятся с помощью закладных гаек в Т-образные пазы алюминиевого профиля. Данные преобразователи, расположенные вдоль осей, образуют декартовую систему координат. На направляющих качения \_\_\_\_\_ размещена \_\_\_\_\_, которая может перемещаться в двух взаимно – перпендикулярных направлениях. К \_\_\_\_\_ при помощи \_\_\_\_\_ крепится \_\_\_\_\_ с наконечником.

Для измерений по стандартной оптической схеме на \_\_\_\_\_ сбоку дополнительно размещен \_\_\_\_\_, который может перемещаться вверх и вниз вместе со стойкой. При использовании для измерений \_\_\_\_\_ оптического \_\_\_\_\_ узла \_\_\_\_\_ устанавливается \_\_\_\_\_ на \_\_\_\_\_.

Под тестовыми заданиями на установление соответствия понимаются два множества понятий, характеристик или названий и т.п., которые задаются в форме двух столбцов или колонок. Форма ответа представляет из себя последовательность цифр, с пробелами, разделенными точкой с запятой [4].

При работе с тестовыми заданиями на установления соответствия обучающийся должен обнаружить смысловое соответствие между элементами левого и правого столбцов и сконструировать ответ. Количество времени,

которое затрачивается на работу над такими заданиями, в 4-5 раз больше, чем с закрытыми, имеющими такое же количество ответов.

Пример тестового задания на установление соответствия, которых в тесте четыре:

3. Установите соответствие между составными частями КИМ (обозначены цифрами) на рисунке 10 и их названиями из таблицы 4:

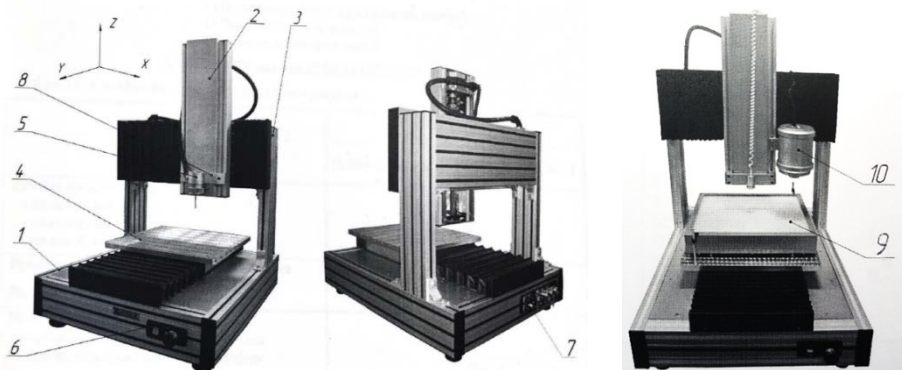


Рисунок 10 - Составные части КИМ модели НИИК-701

Таблица 4 – Составные части КИМ модели НИИК-701

СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ (ЦИФРА)	НАЗВАНИЕ
1	А) Контактная головка
2	Б) Рабочий стол
3	В) Задняя панель
4	Г) Осветительное устройство
5	Д) Портал
6	Е) Станина
7	Ж) Оптический узел
8	З) Стойка
9	И) Передняя панель
10	К) Планка

Ответ: 1 - \_\_\_\_; 2 - \_\_\_\_; 3 - \_\_\_\_; 4 - \_\_\_\_; 5 - \_\_\_\_; 6 - \_\_\_\_; 7 - \_\_\_\_; 8 - \_\_\_\_;  
9 - \_\_\_\_; 10 - \_\_\_\_.

Три тестовых задания в тесте на установление правильной последовательности. Такие задания могут использоваться для контроля знаний понятий, формулировок, знаков. В столбик следует перечислять действия или события, а обучающийся должен записать в форму ответа правильную последовательность действий в виде букв, либо цифр [4].

Количество времени с целью выполнения теста на установление верной последовательности сравнимо с временем выполнения задания на установление соответствия и также превышает в 4-5 раз количество времени над заданием, которые имеют закрытую форму. Такие задания рекомендуется использовать при контроле знаний технологических процессов; действий и содержания профессиональной деятельности, последовательности исторических событий, а также понятий и определений.

В качестве примера тестового задания на установление последовательности приведем следующее:

4. Последовательность действий при закреплении детали на рабочем столе будет следующая (рис. 11):

а) Лёгким усилием нажать на середину планки, что позволит прижать деталь 3.

б) Необходимо стойку 1 вставить в Т – образный паз рабочего стола и закрутить в закладную гайку, которая вставляется в нижнюю часть Т – образного паза.

в) Планку 2 установить сверху на стойку 1.

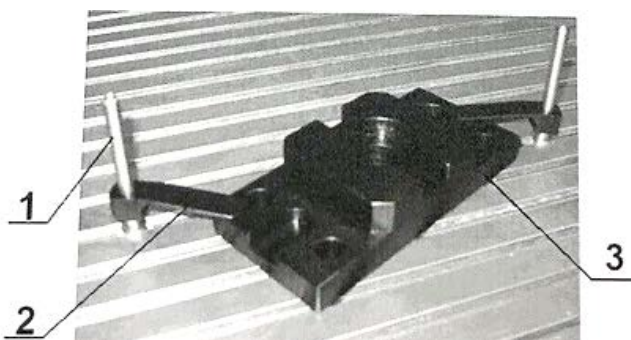


Рисунок 11 – Общий вид закрепления детали на рабочем столе

Ответ: \_\_\_\_\_.

Разработанный дидактический тест для контроля знаний по эксплуатации координатно-измерительной машины с числовым программным управлением модели НИИК-701 представлен в приложении Б. Тест имеет 30 вопросов, на которые рекомендуется отвечать последовательно, следуя инструкциям, изложенным в тексте теста.

Данный тест поможет преподавателям проконтролировать уровень знаний обучающихся после изучения инструкции по эксплуатации КИМ с ЧПУ модели НИИК-701.

### **Критерии оценивания теста**

1. Задание закрытой формы оцениваются в 1 балл. Максимальное количество баллов -12.

2. Задание открытой формы оценивается в 5,5 баллов. Максимальное количество баллов - 60.

3. Задание на установление соответствия оценивается в 4 балла. Максимальное количество баллов - 16.

4. Задание на установление последовательности оценивается в 4 балла. Максимальное количество баллов - 12.

В соответствии с рейтинговой системой РГППУ, за семестр обучающийся может набрать 100 баллов. Из них:

– от 0 до 70 баллов – для оценки в рамках текущего контроля успеваемости, обучающего в семестре (баллы за присутствие на занятии, за ответы на вопросы преподавателя, коллоквиумы, выполнение тестовых заданий и т.д.);

– от 0 до 30 баллов – для оценки в рамках промежуточной аттестации (оценка за экзамен/зачет, оценка на защите работ и т.д.).

Из максимальных 70-ти рейтинговых баллов, которые возможно набрать за текущую работу обучающегося в семестре, на данный дидактический тест, выделяется 10 баллов.



Поэтому тестовые баллы (100 баллов) необходимо перевести в рейтинговые баллы (10 баллов) [22].

- 0-55 – 0 баллов;
- 55-70 – 5 баллов;
- 71-85 – 8 баллов;
- 86-100 – 10 баллов.

По результатам теста к работе на КИМ допускаются студенты, набравшие от 5 до 10 баллов.

#### **4.2 Разработка вводного занятия по эксплуатации КИМ**

Цель занятия: сформировать представление о координатно-измерительной машине и работе с числовым программным управлением.

Образовательные (дидактические) задачи:

- сформировать общее понятие о координатно-измерительной машине;
- обеспечить усвоение знаний о координатно-измерительной машине: изучить её составные части, эксплуатационные ограничения, порядок работы.

Воспитательные задачи:

- воспитать требовательность к самому себе, ответственность, самостоятельность и стремление к саморазвитию;
- воспитать у студентов сознательное отношение к изучаемой дисциплине и теме работы;
- воспитать интерес к будущей профессии и понимание сущности и социальной значимости своей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

Развивающие задачи:

- развить внимательность при соблюдении последовательности действий по ходу работы на КИМ;
- развить логическое и абстрактное мышление, воображение, умение анализировать свою деятельность.

Тип занятия: изучение нового материала.

Вид занятия: лекция (занятие теоретического обучения).

Методы обучения:

1. Словесный, наглядный, практический (по источнику получения знаний);
2. Объяснительно-иллюстративный (по характеру познавательной деятельности учащихся).

Обеспечивающие средства:

- инструкция по эксплуатации координатно-измерительной машины с числовым программным управлением модели НИИК-701;
- персональный компьютер с программным обеспечением ТЕХНОкоорд;
- координатно-измерительная машина с числовым программным управлением модели НИИК-701.

Занятие рассчитано на 4 академических часа.

Ход учебного занятия представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Ход учебного занятия

Этап и время	Деятельность преподавателя	Деятельность обучающихся	Методы и средства	Результат
1	2	3	4	5
<b>Организация начала занятия</b> 5 минут	<ul style="list-style-type: none"><li>• Приветствие обучающихся;</li><li>• Проверка готовности к занятию;</li><li>• Проверка присутствующих;</li><li>• Сообщение темы занятия</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Подготовка рабочего места;</li><li>• Приветствие преподавателя;</li><li>• Староста докладывает об отсутствующих;</li><li>• Конспектирование темы</li></ul>	Журнал группы. Технические средства: компьютер, проектор, КИМ	Отметка присутствующих
<b>Актуализация знаний</b> 15 минут	Преподаватель задает вводные вопросы по теме занятия, акцентируя внимание на основных моментах, необходимых для изучения нового материала	Отвечают на вопросы преподавателя	Словесный метод. Средства обратной связи (вводные вопросы)	Полная готовность обучающихся и их быстрое включение в ритм учебного занятия
<b>Изучение нового материала</b>	Обеспечение усвоения новых знаний на основе	Слушают, смотрят и конспектируют новый материал в тетрадь,	Рассказ, презентация и наглядное	Усвоение новых знаний у

60 минут	показа презентации и чтения лекции (содержание лекции под таблицей)	изучают инструкцию по эксплуатации КИМ	объяснение-демонстрация на КИМ. инструкция по эксплуатации КИМ Тетради	обучающихся
<b>Закрепление материала</b> 60 минут	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Выдаёт задание для проведения закрепительного контроля по материалу лекции;</li> <li>• Контролирует выполнение работы, при необходимости оказывает помощь</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Выполняют задание;</li> <li>• Задают возникающие вопросы при выполнении задания</li> </ul>	Словесный и практический методы Дидактический тест (Приложение Б)	Закрепленные ранее полученные знания

Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5
<b>Подведение итогов занятия</b> 15 минут	Преподаватель подходит к каждому обучающемуся и оценивает его работу, при необходимости, указывает на недочеты и обсуждает вопросы по тесту вместе со студентами	Показывают свои работы преподавателю, участвуют в обсуждении полученных результатов и получают оценку (в баллах)	Словесный метод	Получение обучающимися информации о реальных результатах усвоения темы Общий вывод по учебному занятию
<b>Информация о домашнем задании</b> 5 минут	Преподаватель раздает задания на дом	Записывают домашнее задание	Словесный метод	

## **5 АПРОБАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ВВОДНОГО ЗАНЯТИЯ И ДИДАКТИЧЕСКОГО ТЕСТА**

Апробация проведения вводного занятия, а также дидактического теста для контроля знаний студентов по эксплуатации координатно-измерительной машины проходила в ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», где готовят бакалавров профессионального обучения по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям) и профилю подготовки «Машиностроение и материалобработка».

Занятие проводилось в аудитории 8-105 в группе МСм-302. Группа учится на очной форме обучения на 3 курсе и состоит из 6 человек.

Учебная аудитория оборудована учебной координатно-измерительной машиной модели НИИК-701, а также компьютерами.

В ходе вводного занятия на дисциплине «Технический контроль» обучающиеся были ознакомлены с основными узлами и принципом работы на координатно-измерительной машине, а также с работой программы ТЕХНОкоорд. Студенты были внимательными, с интересом наблюдали за работой машины, активно задавали возникающие вопросы.

Затем студенты изучили инструкцию по эксплуатации учебной КИМ, после чего прошли дидактический тест для контроля знаний и допуска к работе на КИМ.

На вопросы теста по эксплуатации координатно-измерительной машины учащиеся отвечали самостоятельно.

Результаты тестирования:

2 учащихся – отлично;

3 учащихся – хорошо;

1 учащихся – удовлетворительно;

0 учащихся – неудовлетворительно.

Тема занятия является актуальной для студентов данной группы. Информация, полученная во время занятия, станет мотивационной в дальнейшем изучении данной темы, а также является опорной для выполнения лабораторных работ с использованием учебной координатно-измерительной машины.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы также осуществлялась научно-публикационная деятельность. Написаны и опубликованы 8 статей и электронное учебное пособие. Перечень приведен в приложении В.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе разработки учебно-методического обеспечения для проведения занятий с использованием координатно-измерительной машины были полностью решены задачи, поставленные во введении.

Проанализированы литературные источники, которые были необходимы для выполнения ВКР, а именно: нормативно-правовые документы (законы, приказы), стандарты, однотомные издания, статьи из журналов и сборников по материалам конференций, а также электронные ресурсы.

Приведены общие сведения о техническом контроле в соответствии с ГОСТ 16504-81 «Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения». Технический контроль – это проверка соответствия объекта установленным техническим требованиям.

Проведено сравнение трехкоординатных измерительных машин моделей DEA Global Classic и CimCore 7540. Сравнение показало, что портативная КИМ модели CimCore 7540 точнее и удобнее в использовании, чем стационарная КИМ модели DEA Global Classic.

Выполнено описание работы учебной КИМ с ЧПУ модели НИИК-701. Такие КИМ применяются для выполнения лабораторных работ в высших учебных заведениях, колледжах, профессиональных центрах по подготовке и переподготовке кадров. Измерения на КИМ производятся в прямоугольной декартовой системе координат, затем происходит математическая обработка измеренных координат и определяются линейные и угловые размеры, а также отклонения формы и расположения. Основным преимуществом современных КИМ является возможность полной автоматизации как на этапе реализации координатного метода измерений, так и на этапе обработки результатов этих измерений.

Проведен анализ, систематизация и отбор теоретической части содержания учебного материала для разработки инструкции по эксплуатации.

Определены требования, предъявляемые к инструкциям, а именно к структуре и к содержанию.

Разработан алгоритм создания инструкции по эксплуатации учебной координатно-измерительной машины, представленной на рисунке 9, который направлен на адаптацию преподавателей кафедры инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и металлургии к разработке инструкции, их самостоятельному обучению и к последующему обучению студентов на современной учебной КИМ.

Алгоритм построен с учетом положений процессного подхода, согласно которому деятельность представлена как совокупность взаимосвязанных процессов, «выход» предыдущего процесса является «входом» в последующий процесс. Для каждого процесса определены «входы» и «выходы». В алгоритме приведено краткое описание всех действий, направленных на разработку инструкции по эксплуатации КИМ.

Разработано учебное пособие, которое содержит теоретические сведения по работе на КИМ и поможет в решении ряда задач, связанных с эксплуатацией учебной КИМ с ЧПУ модели НИИК-701 и программным обеспечением ТЕХНОкоорд, а также позволит повысить уровень технической грамотности обучающихся, тем самым, создаст базу для дальнейшего совершенствования их знаний в области координатных измерений.

Также, разработано вводное занятие и дидактический тест для контроля знаний по эксплуатации координатно-измерительной машины с числовым программным управлением модели НИИК-701. Данный тест поможет преподавателям проконтролировать уровень знаний обучающихся после изучения инструкции по эксплуатации КИМ с ЧПУ модели НИИК-701.

Апробация проведения вводного занятия, а также дидактического теста для контроля знаний студентов по эксплуатации координатно-измерительной машины проходила в ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», где готовят бакалавров профессионального обучения по направлению подготовки 44.03.04



Профессиональное обучение (по отраслям) и профилю подготовки «Машиностроение и материалобработка».

Таким образом, проделанная работа должна помочь студентам приобрести знания, которые являются опорными для дальнейшего выполнения лабораторных работ с использованием учебной координатно-измерительной машины.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бирюкова Е. А., Козлова А. А., Мигачева Г. Н. Алгоритм работы на учебной координатно-измерительной машине с числовым программным управлением модели НИИК-701 // Наука без границ. 2019. № 4(32). С. 25-29.

2. Бирюкова Е. А., Козлова А.А., Мигачева Г.Н. Алгоритм разработки инструкции по эксплуатации координатно-измерительных машин. Стратегии устойчивого развития мировой науки // Сборник научных работ 51й Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения (г. Москва, апрель 2019). — М.: ЕНО, 2019. — 418 с.

3. Бирюкова Е. А., Козлова А. А., Мигачева Г. Н. Модель разработки инструкции по эксплуатации учебной координатно-измерительной машины // Актуальная наука [Текст]: Международный научный журнал. – Волгоград: НИЦ «Абсолют», 2019. – № 4 (21). С. 14-18.

4. Бирюкова Е. А., Козлова А. А., Мигачева Г. Н. Разработка дидактического теста для контроля знаний по эксплуатации учебной координатно-измерительной машины // Наука без границ. 2019. № 4(32). С. 30.

5. Бирюкова Е. А., Козлова А.А., Мигачева Г.Н. Разработка лабораторной работы «Математическое базирование детали на учебной координатно-измерительной машине» // Наука без границ. 2019. № 5(33). С. 53-57.

6. Бирюкова Е.А., Козлова А.А., Мигачева Г.Н. Разработка процесса калибровки щупа на учебной координатно-измерительной машине с числовым программным управлением модели НИИК-701 // Техническое регулирование в едином экономическом пространстве: сборник статей VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Екатеринбург, 23 мая 2019 г. / ФГАОУ ВО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т». Екатеринбург, 2019. С. 17-24.

7. Бирюкова Е.А., Козлова А.А., Мигачева Г.Н. Устройство и работа учебной координатно-измерительной машины с числовым программным управлением модели НИИК-701 // Техническое регулирование в едином

экономическом пространстве: сборник статей VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Екатеринбург, 23 мая 2019 г. / ФГАОУ ВО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т». Екатеринбург, 2019. С. 175-180.

8. Бирюкова Е. А., Козлова А.А., Мигачева Г.Н. Учебное пособие по использованию координатно-измерительной машины с числовым программным управлением модели НИИК-701 для лабораторных занятий // Центр педагогического мастерства «Новые идеи». - М.: 2019.

9. Бирюкова Е. А., Козлова А. А. Оформление отчёта на учебной координатно-измерительной машине с ЧПУ модели НИИК-701 // Научный ответ на вызовы современности: технический и технологический аспекты: сборник статей Международной научно-практической конференции (1 мая 2019 г, г. Самара). - Уфа: Аэтерна, 2019. – 48 с.

10. ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения [Электронный ресурс]. – Введ. 1982-01-01 // Техэксперт: электронный фонд правовой и нормативно–технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200005367> (Дата обращения: 03.06.2019).

11. ГОСТ 2.610-2006. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов [Электронный ресурс]. – Введ. 2006-09-01 // Техэксперт: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200045483> (Дата обращения: 03.06.2019).

12. ГОСТ 2.601-2013. Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы [Электронный ресурс]. – Введ. 2014-06-01 // Техэксперт: электронный фонд правовой и нормативно–технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200106869> (Дата обращения: 03.06.2019).

13. ГОСТ 21495-76. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения [Электронный ресурс]. – Введ. 1977-01-01 // Техэксперт:

электронный фонд правовой и нормативно–технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-21495-76> (Дата обращения: 03.06.2019).

14. ГОСТ ИСО 9001-2011. Системы менеджмента качества. Требования [Электронный ресурс]. – Введ. 2011-12-22 // Техэксперт: справочно-правовая система. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-iso-9001-2011> (Дата обращения: 03.06.2019).

15. ГОСТ Р 53442-2015 (ИСО 1101:2012) Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Установление геометрических допусков. Допуски формы, ориентации, месторасположения и биения [Электронный ресурс]. - Введ. 10 августа 2015г. - М.: Стандартинформ, 2015 г. - 89 с. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200123255> (Дата обращения: 03.06.2019).

16. Задания и методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Технический контроль в машиностроении». Екатеринбург, ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2017. 36 с.

17. Лифиц И.М. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия: учебник / И.М. Лифиц. 11-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2015. - 411 с.

18. Маханько, А. М. Контроль станочных и слесарных работ: учебник / А. М. Маханько. Москва: Высшая школа; Академия, 2000. 286 с.

19. Методика профессионального обучения. Схемы, таблицы, комментарии [Текст]: учеб. пособие для вузов / И. В. Осипова, О. В. Тарасюк, Ю. В. Осколкова, В. С. Локтина. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2010. 148 с.

20. Описание типа средств измерения. Машины трехкоординатные измерительные DEA Global [Электронный ресурс] – 2019. – Режим доступа: [http://tps.faculty.ifmo.ru/infiles/dea\\_gb\\_050705\\_6381](http://tps.faculty.ifmo.ru/infiles/dea_gb_050705_6381). (Дата обращения: 31.05.2019).

21. Процессный подход [Электронный ресурс] // Менеджмент качества. – Режим доступа: [http://www.kpms.ru/General\\_info/Process\\_approach.htm](http://www.kpms.ru/General_info/Process_approach.htm) (Дата обращения: 03.06.2019).

22. Положение о рейтинговой системе оценки индивидуальных учебных достижений обучающихся №01-Р/8231П. – Введ. 2018-09-24. Екатеринбург: РГППУ, 2018. – 8с. Режим доступа: <https://www.rsvpu.ru/sveden/document/> (Дата обращения: 03.06.2019).

23. Рабочая программа дисциплины «Технический контроль в машиностроении». Рос. гос. проф.-пед. ун-т. Екатеринбург, 2018.

24. Рахимьянов, Х. М. Технологическая оснастка: учеб. пособие/ Х. М. Рахимьянов, Б. А. Красильников, Э. З. Мартынов, В. В. Янпольский. — М.: Издательство Юрайт, 2018. — 265 с. — Серия: Профессиональное образование.

25. Российская Федерация. Законы. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» [Электронный ресурс]. – Введен 2008–12–30 // Техэксперт: электронный фонд правовой и нормативно–технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/zakon-rf-ob-obrazovanii-v-rossijskoj-federacii> (Дата обращения: 31.05.2019).

26. Российская Федерация. Законы. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Введен 2013–09–01 // Техэксперт: электронный фонд правовой и нормативно–технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901836556> (Дата обращения: 31.05.2019).

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

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

29. Универсальные координатно-измерительные машины Romer 73, Romer 75, CimCore 73, CimCore 75 [Текст] // «Hexagon Metrology Division ROMER», Франция -2019.

30. Чапала О.В. Координатно-измерительные машины и их применение. [Электронный ресурс] // Новаинфо. – 2016. – № 57. – Режим доступа: <http://novainfo.ru/article/10054> (Дата обращения: 31.05.2019).

31. Челябинский научно-исследовательский и конструкторский институт средств контроля и измерения в машиностроении [Электронный ресурс]. – Электрон. дан.: Челябинский институт контроля.РФ – Челябинск, 2003-2019. – Режим доступа: <http://www.toolmaker.ru/main.php> (Дата обращения: 31.05.2019).

**ПРИЛОЖЕНИЕ А – Учебное пособие по эксплуатации координатно-измерительной машины**

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

А.А. Козлова, Г.Н. Мигачева

**ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ МОДЕЛИ НИИК-701**

Учебное пособие

Екатеринбург  
РГПУ  
2019

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
РАЗДЕЛ 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО РАБОТЕ НА КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ.....	5
1.1 Описание и работа КИМ.....	5
1.2 Эксплуатационные ограничения и подготовка к работе на КИМ.....	8
1.3 Установка деталей на измерительный стол.....	10
1.4 Управление джойстиком КИМ.....	11
РАЗДЕЛ 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО РАБОТЕ С ПРОГРАММНЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ТЕХНОКООРД.....	12
2.1 Включение компьютера.....	12
2.2 Запуск программы ТЕХНОкоорд.....	12
2.3 Включение КИМ.....	12
2.4 Выбор САД-модели детали.....	12
2.5 Создание щуповой системы.....	13
2.6 Вкручивание наконечника в измерительную головку.....	17
2.7 Установка калибровочной сферы на стол.....	17
2.8 Калибровка щупа.....	17
2.9 Установка детали на стол.....	19
2.10 Создание стратегии измерения для элементов.....	19
2.11 Расстановка запрещенных зон.....	25
2.12 Создание отчета.....	26
2.13 Привязка.....	31
2.14 Запуск схемы.....	32
2.15 Сохранение отчета.....	33
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	34
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	35





## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день автоматизация процесса измерения является важной производственной задачей для повышения качества производства, в том числе машиностроительного.

Одним из главных пунктов для достижения требуемого качества изделий является метрологическое обеспечение производства. В качестве прогрессивно внедряемого в технологический процесс измерительного оборудования являются координатно-измерительные машины (КИМ).

Учебные КИМ применяются для выполнения лабораторного практикума в высших учебных заведениях, колледжах, профессиональных центрах по подготовке и переподготовке кадров. Функциональные возможности учебного лабораторного комплекса КИМ с ЧПУ позволяет обучающимся получить практические навыки работы с современными КИМ, закрепить теоретические знания, научиться проектировать эффективные процессы технического контроля.

КИМ с ЧПУ предназначена для измерения геометрических параметров деталей и последующей математической обработки измеренных координат для определения линейных и угловых размеров, отклонений формы и расположения.

Учебная координатно-измерительная машина с числовым программным управлением модели НИИК-701 была установлена в учебно-демонстрационном центре технологий машиностроения на базе института инженерно-педагогического образования Российского государственного профессионально-педагогического университета. В связи с этим, возникла необходимость разработать инструкцию по эксплуатации КИМ и по работе с программным обеспечением ТЕХНОкоорд, которое является средством для программирования КИМ, а также для максимальной автоматизации статистической обработки результатов измерения и формирования наглядных отчетов.

## РАЗДЕЛ 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО РАБОТЕ НА КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ

### 1.1 Описание и работа КИМ

КИМ с ЧПУ предназначена для измерения геометрических параметров объектов (деталей) путем измерения координат отдельных точек поверхностей объекта в принятой системе координат (прямоугольной декартовой) и последующей математической обработки измеренных координат для определения линейных и угловых размеров, отклонений формы и расположения.

Исполнение КИМ с ЧПУ, дополнительно оснащенное оптическим узлом и осветительным устройством, позволяет проводить неразрушающий контроль плоских, легко деформируемых деталей.

Составные части КИМ модели НИИК-701 представлены на рисунке 1.

Основные параметры и характеристики КИМ модели НИИК-701 представлены в таблице 1.

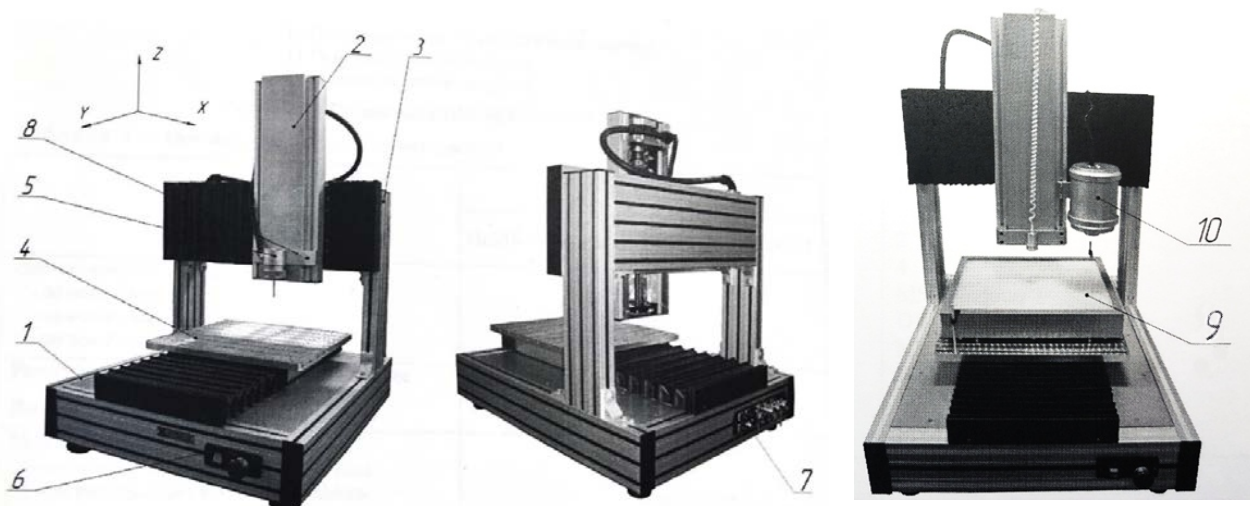


Рисунок 1 – Составные части КИМ модели НИИК-701

1 – станина; 2 – стойка; 3 – портал; 4 - рабочий стол; 5 – контактная головка;  
6 - передняя панель; 7 - задняя панель; 8 – планка; 9 - осветительное устройство;  
10 - оптический узел

Таблица 1 - Основные параметры и характеристики КИМ

Наименование	Значение
Рабочая зона, не менее	
- по оси X, мм	300
- по оси Y, мм	350
- по оси Z, мм	150
Размер контролируемой детали, мм, не более	250x300x100
Вес детали, кг, не более	20
Габаритные размеры КИМ, мм, не более	700x850x950

### 1.1.1 Нормальные климатические условия применения КИМ:

Температура окружающего воздуха, °С	20±2
Относительная влажность окружающего воздуха, %	58±20
Атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	101±3 (760±30)

### 1.1.2 Устройство и работа

Каркас КИМ изготовлен из упрочненного, термообработанного алюминиевого профиля, что в сочетании с порталной конструкцией обеспечивает большую жесткость прибора.

На направляющих качения станины 1 (рис. 1) расположен рабочий стол 4 (рис. 1). К станине 1 (рис. 1) крепится портал 3 (рис. 1). На ребрах станины крепятся направляющие качения и измерительные линейки. Преобразователи линейных перемещений крепятся с помощью закладных гаек в Т-образные пазы алюминиевого профиля. Данные преобразователи, расположенные вдоль осей, образуют декартовую (прямоугольную) систему координат. На направляющих качения портала 3 (рис. 1) размещена стойка 2 (рис. 1), которая может перемещаться в двух взаимно – перпендикулярных направлениях. К стойке 2 (рис. 1) при помощи планки 8 (рис. 1) крепится контактная измерительная головка 5 (рис. 1) с наконечником.

Для измерений по стандартной оптической схеме на стойке 2 (рис. 1) сбоку дополнительно размещен оптический узел 10 (рис. 1), который может перемещаться вверх и вниз вместе со стойкой. При использовании для

измерений оптического узла устанавливается осветительное устройство 9 (рис. 1) на рабочий стол 4 (рис. 1). Осветительное устройство крепится к рабочему столу 4 (рис. 1) двумя планками с помощью закладных гаек и шпилек в соответствии с рисунком 5 (рис. 1). На осветительное устройство кладутся плоские, легко деформированные детали, и приводится измерение.

КИМ с ЧПУ с оптическим узлом обеспечивает бесконтактные измерения заданных координат точек, расположенных на измеряемых поверхностях деталей.

Включение - выключение КИМ осуществляется с помощью кнопки 1, представленной на рисунке 2, расположенной на передней панели 6 (рис. 1). На передней панели так же расположена кнопка аварийной остановки (рис. 2). Кнопка снабжена функцией фиксации. После нажатия на кнопку происходит размыкание цепи питания контроллера шаговых двигателей, что приводит к аварийной остановке. Для восстановления работоспособности нужно еще раз нажать на кнопку и перезапустить программу.



Рисунок 2 – Передняя панель

1 - кнопка включения-выключения; 2 - кнопка аварийная

### 1.1.3 Устройство и работа составных частей КИМ

Контактная головка 1 (рис. 3) функционирует следующим образом: при касании измерительным наконечником 2 (рис. 3) измеряемой поверхности происходит разрыв электрической цепи контактной головки, механически связанной с наконечником. Контактная головка выполнена так, что отклонение наконечника по любой из трех координат вызывает размыкание её электрической цепи.

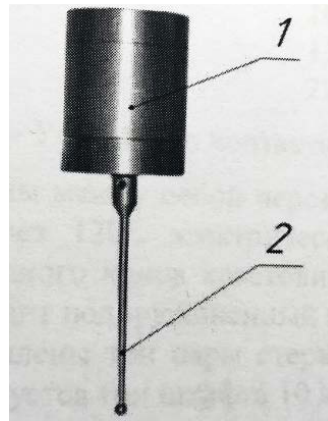


Рисунок 3 – Общий вид контактной измерительной головки  
1 - контактная измерительная головка; 2 - измерительный наконечник

Измерительный наконечник представляет собой ту часть системы, которая, соприкасаясь с деталью, вызывает смещение механизма в контактной головке. После каждого измерения координат отдельной точки измерительный наконечник перемещается назад, противоположно движению измерения (рис. 4).

Генерируемый сигнал обеспечивает фиксацию фактических текущих координат по осям X, Y и Z.



Рисунок 4 – Цикл измерения координат точки

## 1.2 Эксплуатационные ограничения и подготовка к работе на КИМ

### 1.2.1 Эксплуатационные ограничения

1.2.1.1 КИМ должна быть установлена на надежном основании, которое обеспечивает удобный доступ к рабочей зоне и всем органам управления. Не допускаются прогибы, шатания, вибрации при работе.

1.2.1.2 Для подключения электропитания КИМ, электрическая проводка должна находиться в непосредственной близости от места установки. Обязательно использовать розетки с заземлением. КИМ подключать через

сетевой фильтр типа «Pilot» и использовать источники бесперебойного питания соответствующей мощности.

1.2.1.3 Перед проведение измерений на КИМ, все детали и составные узлы машины должны прогреться не менее 15 минут.

Нормальная температура для проведения измерений на КИМ ( $20\pm 2$ ) °С. Допускается проводить учебные измерения при рабочей температуре от +17 до +30 °С. Для выравнивания температуры измеряемой детали и узлов КИМ необходимо разместить детали рядом с КИМ не менее чем за сутки до проведения измерений.

1.2.1.4 Визуальный контроль должен быть составной частью запланированных работ при пусконаладке и в повседневном режиме измерения. КИМ разрешается эксплуатировать только тогда, когда составные части КИМ не имеют внешних механических повреждений. Кабели должны быть в безупречном состоянии. Они не должны иметь прогибов и повреждений.

1.2.1.5 Если обнаружались какие-либо неисправности, КИМ не включать в сеть до их устранения.

## **1.2.2 Подготовка к работе**

1.2.2.1 Ознакомится перед началом работы с настоящей инструкцией по эксплуатации КИМ.

1.2.2.2 Произвести до начала работы тщательный осмотр изделия, удалить с него посторонние предметы, обязательно протереть смоченной в обезжиривателе салфеткой, которая не оставляет ворса.

1.2.2.3 Убедиться, что никакие кабели не препятствуют работе подвижных частей КИМ.

1.2.2.4 Проверить заземление и включить КИМ в сеть через сетевой фильтр типа «Pilot».

## **1.3 Установка деталей на измерительный стол**

1.3.1 Установку детали на измерительный стол производить только при неподвижных элементах координатной измерительной машины.

1.3.2 Разместить деталь так, чтобы ее основные поверхности были не параллельны осям выбранной системы координат.

1.3.3 Детали должны быть всегда прочно закреплены (рис. 5), чтобы они не могли двигаться или упасть с измерительного стола. Для этого необходимо стойку 1 вставить в Т – образный паз рабочего стола и закрутить в закладную гайку, которая вставляется в нижнюю часть Т – образного паза. Планку 2, изображенную на рисунке 5 установить сверху на стойку 1 (рис. 5). Лёгким усилием нажать на середину планки, что позволит прижать деталь 3 (рис. 5).

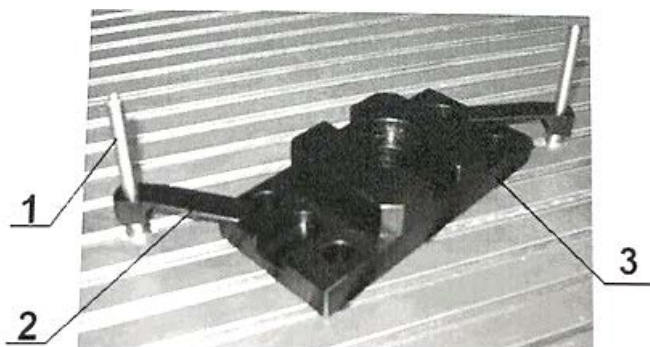


Рисунок 5 – Общий вид закрепления детали на рабочем столе  
1 – стойка; 2 – планка; 3 - деталь

1.3.4 Деталь установить так, чтобы все необходимые измерения были выполнимы без изменения положения детали.

1.3.5 Для установки измеряемых деталей можно использовать дополнительные приспособления: призмы, центра, упоры и зажимы. Необходимо учитывать их вес и габаритные размеры для обеспечения безопасности перемещений узлов КИМ.

Чтобы не повредить ким и измерительный стол, необходимо:

- учитывать допустимый вес детали;
- деталь осторожно опускать на измерительный стол. Падения и удары могут повредить КИМ;
- деталь не должна сталкиваться с порталом, стойкой и другими узлами ким. Даже легкие удары могут отрицательно повлиять на функции КИМ;
- деталь опускать на измерительный стол вертикально;



– не сдвигать деталь на измерительном столе. Поверхность при сдвиге детали может поцарапаться. Это может ухудшить точность измерений.

#### 1.4 Управление джойстиком КИМ

Для того, чтобы в ручном режиме управлять КИМ следует использовать джойстик.

Параметр скорости движения изменяется с помощью кнопки 1 (рис. 6). Чтобы увеличить скорость нужно нажать стрелку вверх, чтобы уменьшить скорость – вниз.

Кнопка 2 (рис. 6) предназначена для перемещения стойки (рис. 1) вверх и вниз, чтобы начать движение нужно потянуть кнопку в соответствующую сторону.

Кнопка 3 (рис. 6) предназначена для перемещения стойки (рис. 1) вверх и вниз, а также рабочего стола (рис. 1) вперед и назад, чтобы начать движение нужно потянуть кнопку в соответствующую сторону.



Рисунок 6 – Джойстик

## РАЗДЕЛ 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО РАБОТЕ С ПРОГРАММНЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ТЕХНОКООРД

### 2.1 Включение компьютера

2.2 Запуск программы ТЕХНОкоорд (Рабочий стол – Стандартная контактная схема)

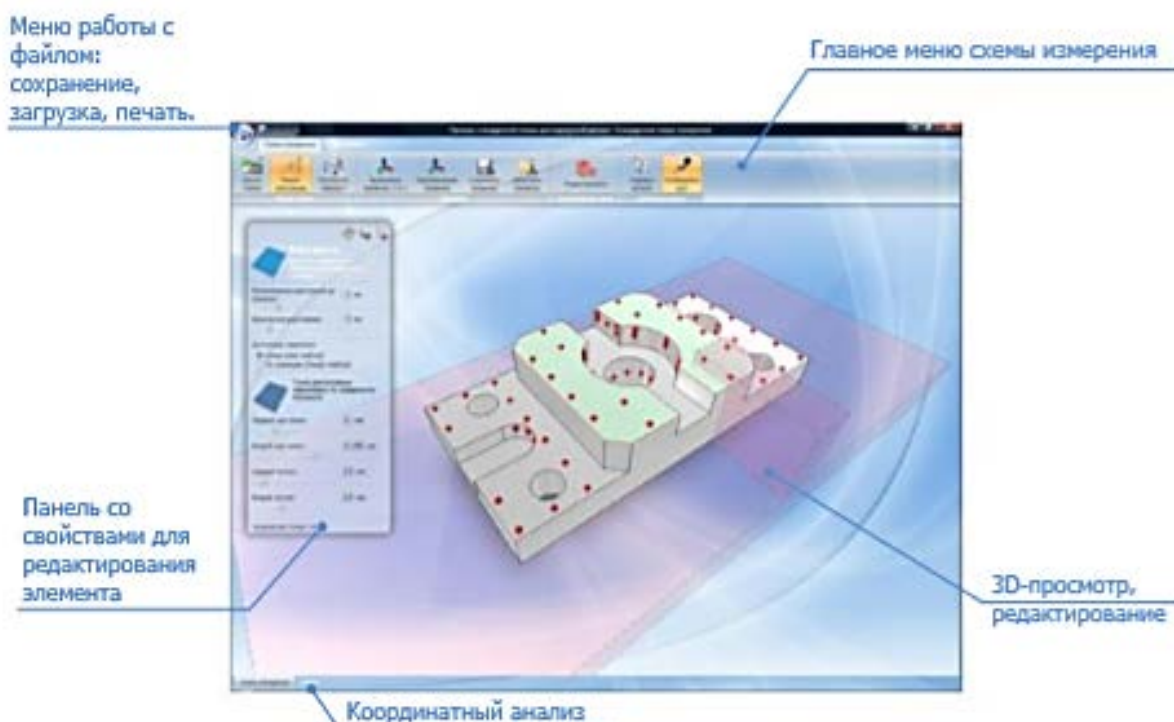


Рисунок 7– Структура редактора

### 2.3 Включение КИМ (ч. 1, п. 1.1.2, рис. 2)

### 2.4 Выбор CAD-модели детали

CAD-модель можно загрузить из формата \*.step, \*.stp или из внутреннего формата CAD-модели Челябинский контроль \*.cad (Меню работы с файлом – открыть – документы – ТехноКоорд 5.1 – примеры – НИИК - 701... «название детали, которая будет измеряться»).

Для того, чтобы изменить ориентацию CAD-модели можно повернуть её на некоторый угол (зажать правую кнопку мыши и поворачивать модель в нужном направлении). Правильная ориентация необходима для более удобной работы в редакторе и адекватной визуализации процесса измерения.

## 2.5 Создание щуповой системы

Щуповая система – это набор щупов, которые расположены в пространстве.

Основным объектом щуповой системы является наконечник. В данной модели наконечник определяется как сферическая поверхность с заданными ограничениями (допустимой зоной).

Для того, чтобы открыть мастер настроек щуповой системы следует в главном меню перейти во вкладку «Настройка» и нажать кнопку «Щуповая система».

На главной странице мастера настройки щуповой системы расположен список всех доступных щуповых систем, которые уже были созданы. Щуповая система, учетная запись которой находится в верхней части окна, является текущей используемой системой (рис. 8).

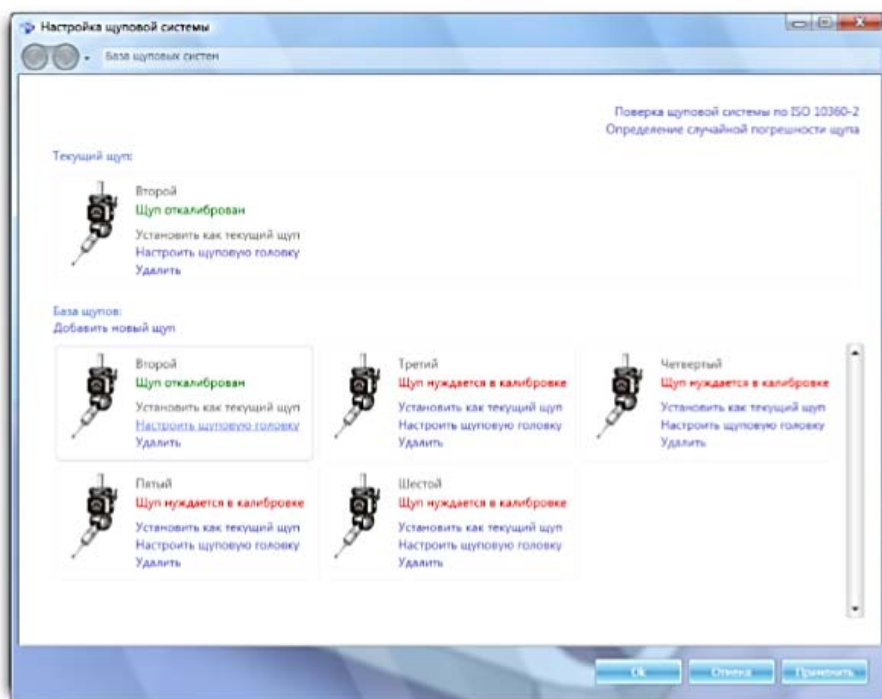


Рисунок 8 – Окно со списком щупов

Чтобы создать новую щуповую конфигурацию следует нажать на кнопку «Добавить новую щуповую систему». В список будет добавлена учетная запись.

После создания учетной записи щуповой системы рекомендуется сразу же переименовать её. Для этого следует один раз щелкнуть мышью по названию, после чего появится возможность редактирования (рисунок 9). Чтобы удалить щуп следует нажать на кнопку «Удалить», учетная запись исчезнет из списка.

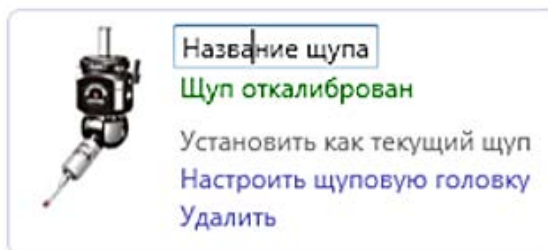


Рисунок 9 – Редактирование названия щупа

Все изменения, которые происходят, не сохраняются автоматически. Для применения изменений необходимо нажать на кнопку «Применить», которая находится в нижней части окна. Если же изменения были ошибочны, следует нажать «Отмена», в этом случае произведенные изменения будут утеряны.

Программа выделяет одну щуповую систему, которая используется для измерений. Чтобы установить щуповую систему в качестве текущей существует кнопка «Установить, как текущую». Если кнопка не активна, значит, система уже является текущей.

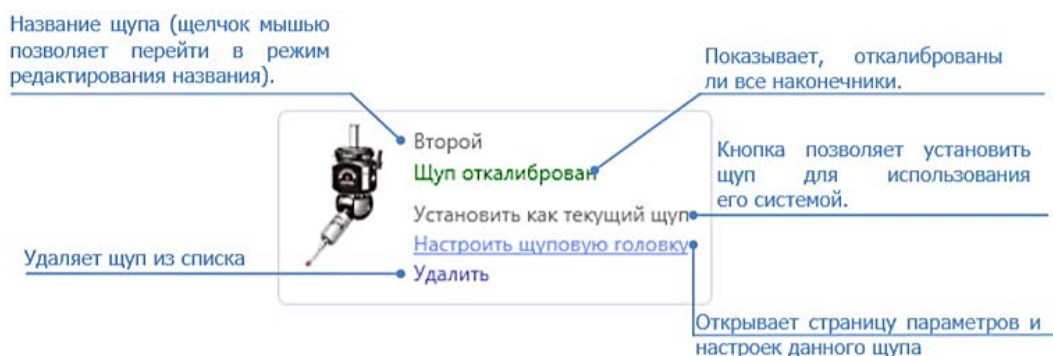


Рисунок 10 – Учетная запись щупа

Надпись «Система откалибрована» означает, что концевики щупа настроены и откалиброваны, а надпись «Система не откалибрована» означает, что не все концевики щупа откалиброваны или вовсе отсутствуют. В последнем случае требуется зайти на страницу настройки щуповой головки:

для этого следует нажать кнопку «Настроить щуповую систему», и выполнить настройку.

Геометрия щуповой системы – это примитивная CAD-модель щуповой системы, приблизительно описывающая расположение тех или иных частей щупа.

Геометрия щуповой системы используется для:

- автоматического поиска пути;
- корректного отображения щупа в схеме измерения;
- симуляции измерения на виртуальном КИМ.

После создания новой учетной записи, геометрия будет отсутствовать, поэтому экран окажется пустой. Первым элементом, который следует создать, является элемент, примыкающий к щуповой головке (как правило, это удлинитель цилиндрической формы). Все действия, которые можно производить, находятся в контекстном меню, которое вызывается однократным нажатием правой клавиши мыши (рис. 11).

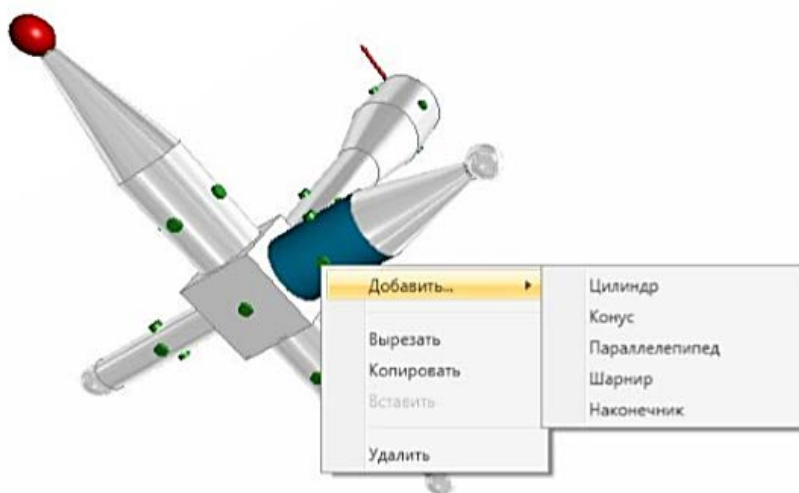


Рисунок 11 – Контекстное меню редактора геометрии щуповой системы

Чтобы добавить первый элемент - цилиндр, следует вызвать контекстное меню, щёлкнув в любом месте и выбрать «Добавить... - Цилиндр». После того, как один элемент есть, последующие можно «крепить» только к специальным местам, которые обозначены маркерами зеленого цвета. Далее следует

щелкнуть по цилиндру и во всплывшем окне указать высоту и диаметр цилиндра (высота 50 мм, диаметр 2 мм).

Чтобы добавить второй элемент - наконечник, следует вызвать контекстное меню, щёлкнув по маркеру зеленого цвета на торце цилиндра и выбрать «Добавить... - Наконечник». Далее следует щелкнуть по наконечнику и во всплывшем окне указать его диаметр (3 мм).

Параметры созданных элементов можно изменить. Для этого нужно выделить соответствующий элемент левой клавишей мыши, после чего в нижней части появятся параметры элемента, которые можно редактировать.

По нажатию на кнопку «Добавить учетную запись наконечника» появляется новая учетная запись наконечника с параметрами по умолчанию. Чтобы удалить учетную запись существует кнопка «Удалить» у каждого наконечника (рис. 12).

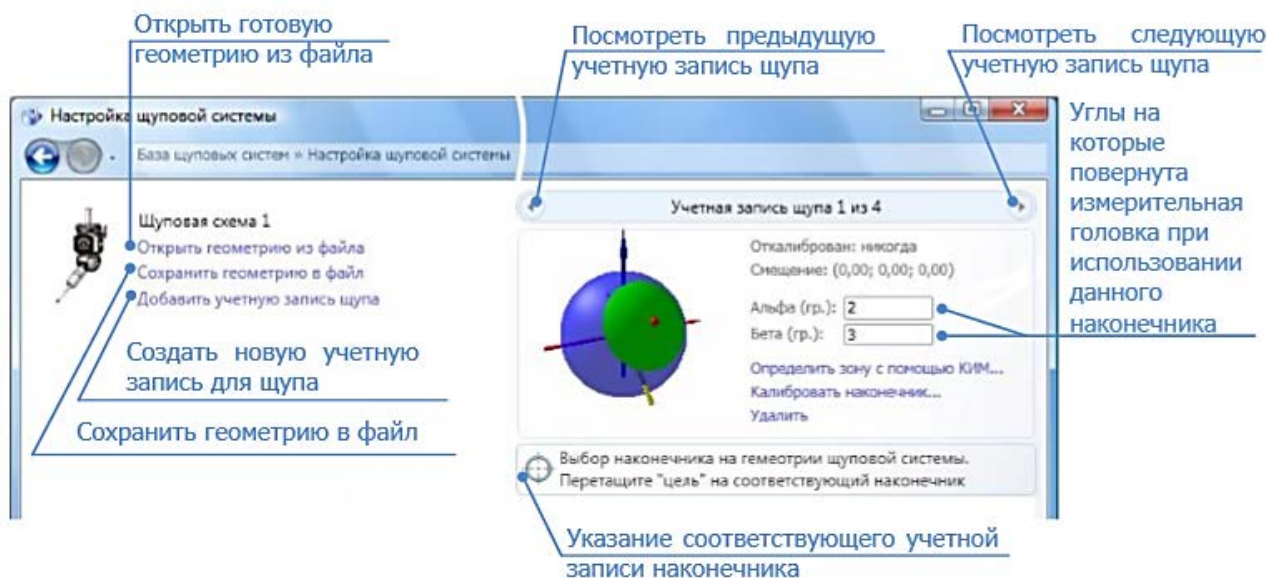


Рисунок 12 – Учетные записи наконечников

Один из параметров наконечника – это допустимая зона, т.е. область, к которой наконечник способен подойти/измерить, не задев при этом измеряемый объект. Зона задается визуально.

Каждая учетная запись обязательно должна быть привязана к одному из наконечников геометрии. Для задания соответствия следует «перетащить» специальный элемент «цель» на соответствующий шарик, после чего шарик

подсветится красным цветом. Кроме того, каждая учетная запись наконечника имеет два угла — это углы поворотной головки в тот момент, когда наконечник калибруется. Если головка не поворотная, то значения углов нужно установить равными нулю.

Нажимаем «Применить» и в окне списка щупов устанавливаем созданную щуповую систему как текущую.

## **2.6 Вкручивание наконечника в измерительную головку**

**2.7 Установка калибровочной сферы на стол** (Прикрутить к ножке сферы гайку - вставить в третий паз стола – по часовой стрелке вращать сферу за ножку до упора – закрутить гайку до конца)

## **2.8 Калибровка щупа**

Калибровка щупа выполняется с целью определить отклонения датчика, которые возникают при измерении под разными углами к поверхности. В качестве калибратора выбирается сфера с аттестованным радиусом и отклонением формы не более 0.5 мкм (в общем случае зависит от точностных возможностей машины). В процессе измерения деталей полученные отклонения используются в качестве компенсации.

Другой целью калибровки наконечника ставится определить его относительное расположение – относительно других наконечников щупа. Когда щупов несколько, каждый щуп хранит в себе вектор, который указывает на центр первого наконечника. Это позволяет приводить измерения разными наконечниками к одной системе координат.

В меню настройки щуповой системы нужно нажать «Калибровать щуп», далее следует ввести диаметр калибровочной сферы (указан на ножке сферы), настроить угол, через который будут расставлены точки, и количество проходов (рис. 13). Выбранные параметры, сохраняются, поэтому повторно вводить параметры не придется.

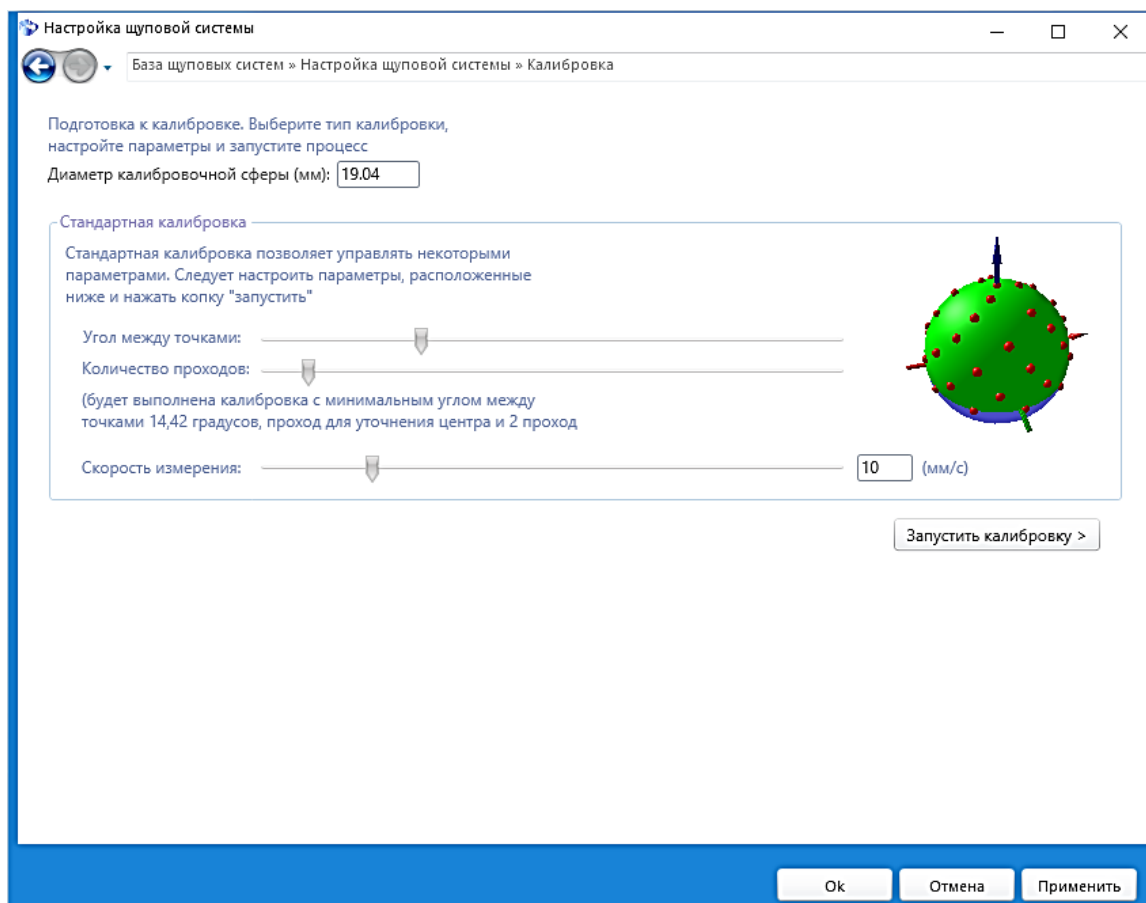


Рисунок 13 – Параметры калибровки наконечника

Чтобы запустить процесс калибровки с выбранными параметрами следует нажать кнопку «Запустить калибровку» и во всплывшем окне нажать кнопку «Выход в ноль».

Для того чтобы обойти в автоматическом режиме точки на сфере предварительно необходимо узнать положение сферы относительно щупа. Для этого пользователю предлагается измерить в ручном режиме пять равномерно распределенных по поверхности сферы точек (одна сверху и четыре по экватору). На картинке в центре экрана изображено рекомендуемое расположение точек (рис. 14).



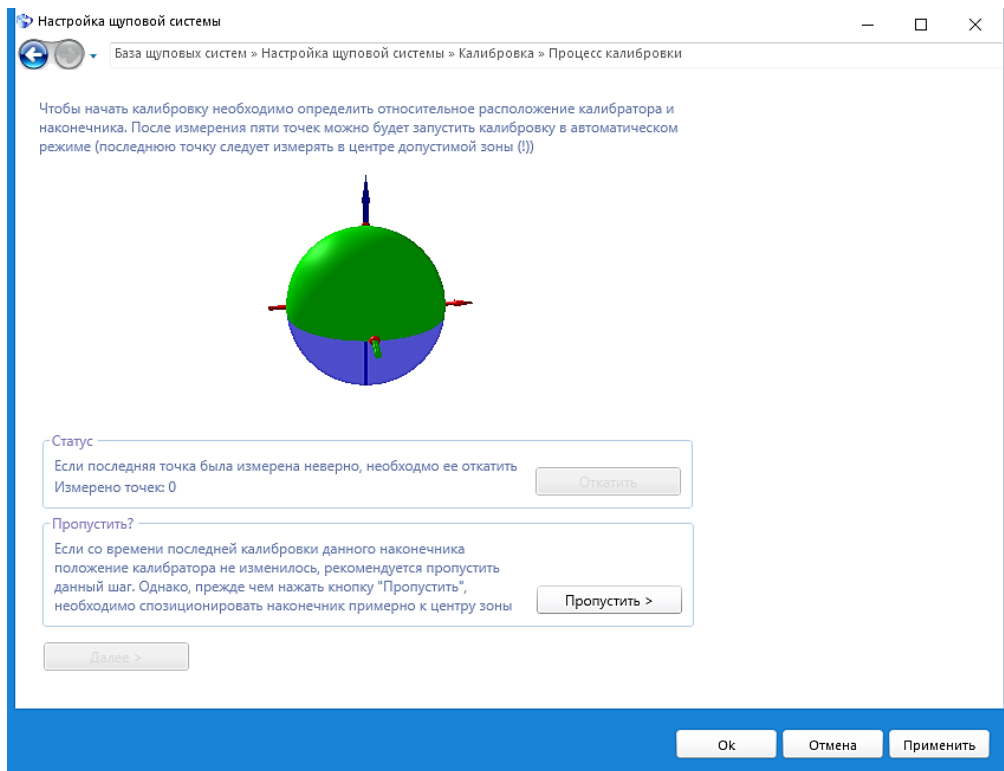


Рисунок 14 – Получение первых пяти точек

После того, как вручную сфера была измерена, на рабочем столе следуют нажать кнопку «далее» и машина автоматически выполнит объезд сферы с выбранными параметрами.

Если процесс калибровки завершился успешно, то появляется отчет о калибровке наконечника, в котором кратко приведены данные о калибровке, а также произведена визуализация зафиксированных отклонений (рис. 15).

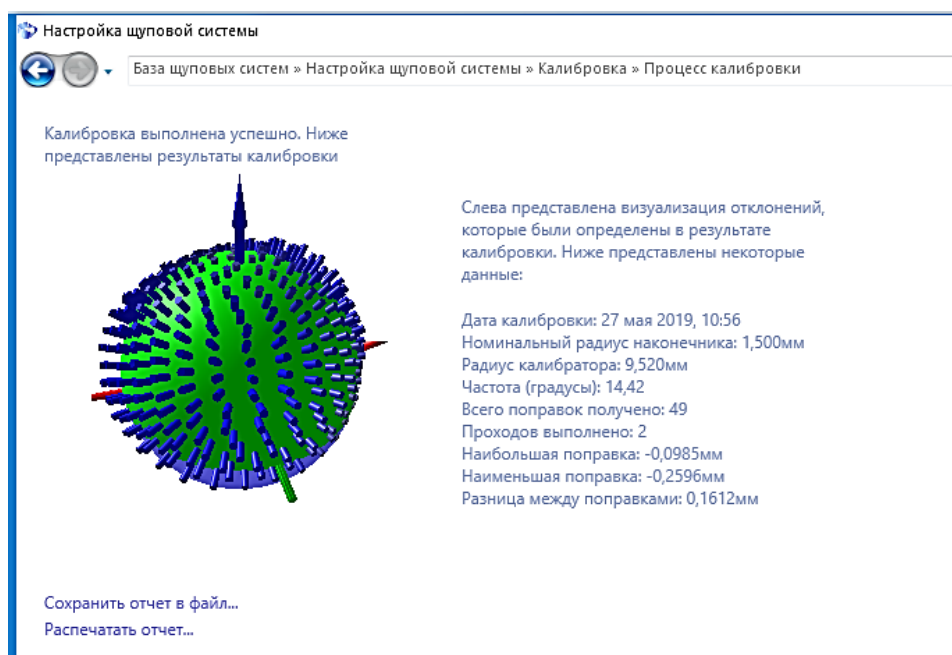


Рисунок 15 – Отчет о калибровке

Следует вывести измерительную головку в нерабочую зону с помощью джойстика.

## **2.9 Установка детали на стол (ч. 1, п. 3)**

## **2.10 Создание стратегии измерения для элементов**

Стратегия измерения элемента – это принцип размещения измеряемых точек на поверхности элемента.

Чтобы создать стратегию измерения для элемента детали следует вызвать контекстное меню, выбрать «Создать» - появится панель для настройки стратегии измерения (рис. 17).

Иногда при экспорте из CAD-редактора элементы «разбиваются» на несколько кусков (рис. 16). Редактор позволяет логически объединять элементы в один. Для этого необходимо воспользоваться кнопкой в верхней части панели для настройки стратегии измерения (рис. 17).



Рисунок 16 – Пример элемента состоящего из нескольких частей

Можно удалить стратегию измерения воспользовавшись контекстным меню или кнопкой в верхнем правом углу панели (рис. 17).

Настройка стратегии измерения начинается с автоматической расстановки точек одной из стандартных стратегий, а затем редактируется в ручном режиме.

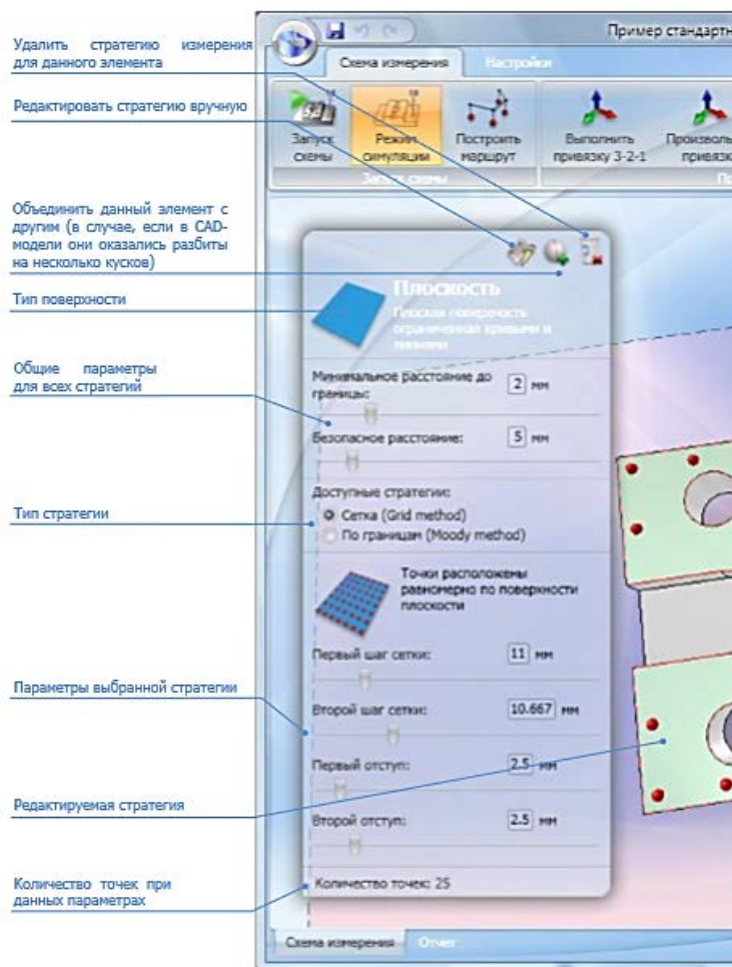


Рисунок 17 – Редактирование стратегии измерения

Независимо от типа элемента для всех стратегий доступны два параметра: минимальное расстояние до границы и безопасное расстояние (рис. 17). Параметр «Безопасное расстояние» определяет, с какого расстояния от детали щуп начнет движение к поверхности. Параметр «Минимальное расстояние до границы» позволяет отсечь точки, которые оказались близко к границам элемента. В зависимости от типа элемента доступны различные стратегии измерения.

**Сетка на плоскости.** Позволяет разместить точки равномерно по поверхности плоскости. Задаются два отступа с разных направлений, а также шаг в одном направлении (т.е. расстояние между соседними точками) и шаг в другом направлении (рис. 18).

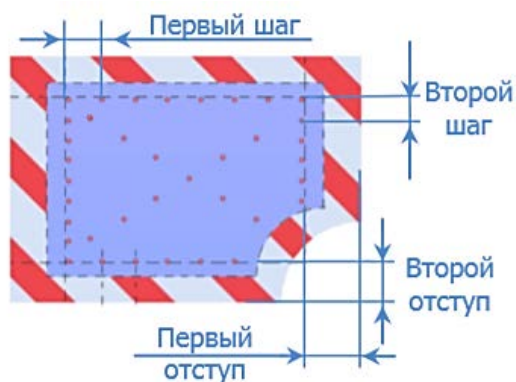


Рисунок 18- Сетка на плоскости

**Граничный метод на плоскости.** Позволяет расположить измеряемые точки в шести направлениях (на шести отрезках) (рис. 19). Позволяет регулировать шаг, с которым расставляются точки на отрезках, а также учитывает отступы.

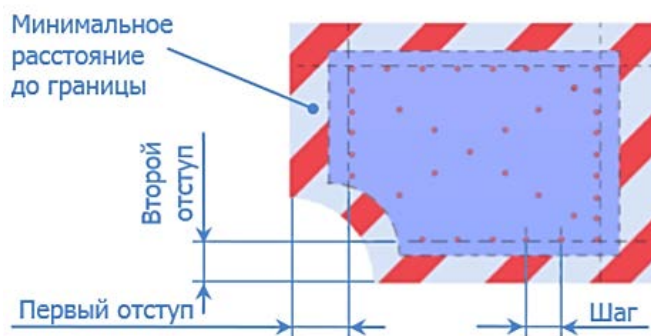


Рисунок 19 – Граничный метод

**Стратегия для цилиндра по сечениям.** Точки располагаются в нескольких сечениях. Есть возможность регулировать количество сечений, количество точек в сечении и отступы сверху и снизу (рис. 20).

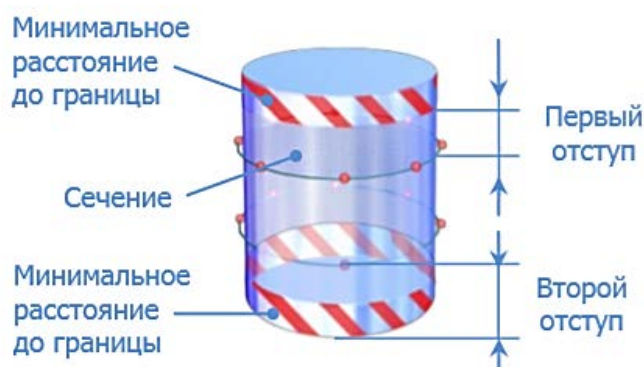


Рисунок 20 – Измерение цилиндра по сечениям

**Стратегия для цилиндра по спирали.** Точки располагаются на спирали, проходящей по поверхности цилиндра с указанным шагом. Имеется возможность регулировать количество точек на шаг спирали, а также отступы сверху и снизу (рис. 21).

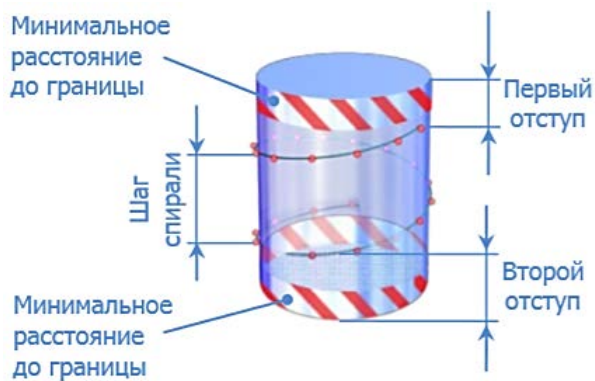


Рисунок 21 – Измерение цилиндра по спирали

**Стратегии для конуса** подобны стратегиям цилиндра, также доступны по сечениям и по спирали (рис. 22).

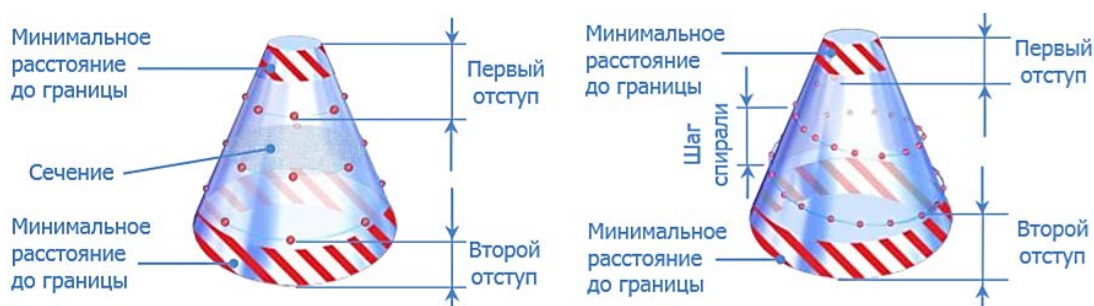


Рисунок 22 – Стратегии для конуса

**Для сферы** доступна стратегия сеткой, позволяющая расставлять точки равномерно по поверхности сферы. Расположение точек регулируется за счет угла между сечениями и расстояния между точками в сечении (рис.23).



Рисунок 23 – Стратегия для сферы по сетке

**Стратегия измерения тора по сечениям.** Можно управлять количеством сечений и точек в сечении (рис. 24).



Рисунок 24 – Сечение тора

**Стратегия измерения тора по спирали.** Имеется возможность управлять шагом спирали и количеством точек на один виток (рис. 25).

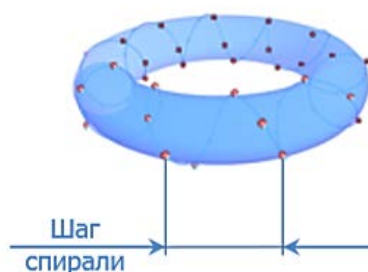


Рисунок 25 – Измерение тора по спирали

**Для сплайновой поверхности** предусмотрена стратегия, распределяющая равномерно точки по поверхности (рис. 26).

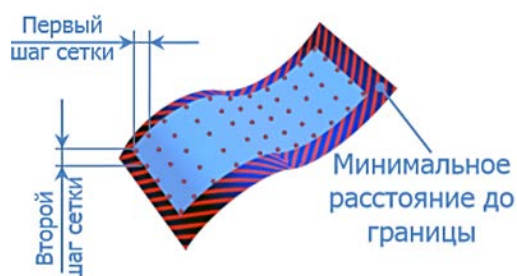


Рисунок 26 – Стратегия для сплайновой поверхности

В случае если ни одна из стандартных стратегий не подходит, то в программе предусмотрена возможность размещать точки вручную. Для этого следует нажать кнопку «Редактировать точки» в верхнем правом углу панели для настройки стратегии измерения после чего редактор перейдет в режим ручного редактирования точек.

Для редактирования точек в данном режиме следует выделить точку и «перетащить» ее, удерживая левую клавишу мыши. Добавление новой точки можно сделать двойным щелчком, удаление – клавишей Delete.

При координатных измерениях число точек измерения для отдельного элемента детали определяется, в зависимости от вида элемента, отклонений его формы, задачи измерения (геометрических параметров, подлежащих определению), допустимой погрешности измерения. Минимальное число точек, по которым могут быть определены параметры размеров и расположения геометрически идеальных (номинальной формы) поверхностей и линий для часто встречающихся элементов, приведено в таблице 2.

Таблица 2 - Минимальное число точек измерения для определения параметров размера и расположения элементов номинальной формы

Элемент	Минимальное число точек
Точка	1
Прямая	2
Окружность	3
Плоскость	3
Сфера	4
Цилиндр	5
Конус	6
Тор	7

### 2.11 Расстановка запрещенных зон

Как правило, измеряемое изделие закрепляется на столе с помощью специальных креплений. Если не учитывать их геометрическое расположение, то в процессе измерения машина столкнется с одним из них. Чтобы исправить ситуацию, можно использовать САД-модель с расположенными на ней зажимами, а можно воспользоваться инструментом, который позволит отметить часть пространства как недоступную для машины.

Для того чтобы войти в режим расстановки запрещенных зон нужно выбрать в главном меню «Запрещенные зоны - Редактировать» (рис. 27).

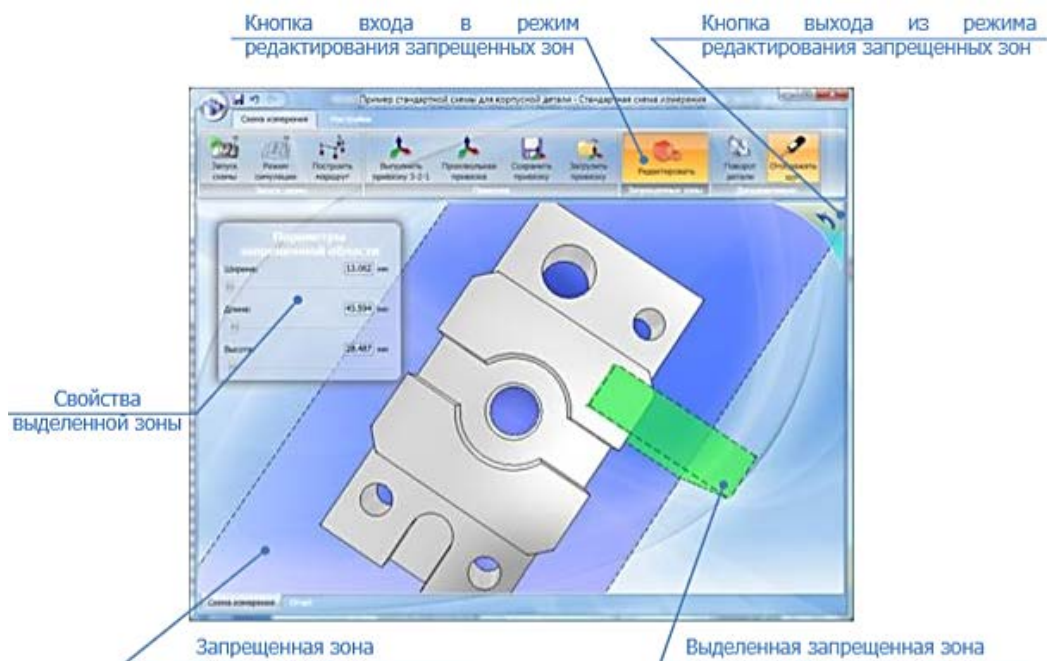


Рисунок 27 – Редактирование запрещенных зон

Выделить запрещенную зону можно левой клавишей мыши. Удаление зоны осуществляется клавишей Delete. Чтобы создать новую зону следует сделать двойной клик, потянуть мышью в сторону для образования основания параллелограмма, затем выполнить клик и отрегулировать зону по высоте. Изменять параметры (длину, ширину, высоту) позволяет панель со свойствами, которая отображается для выделенной зоны. Перемещение зоны производится следующим образом: зажав левую клавишу мыши на одной из сторон зоны, смещать зону в направлении перпендикулярном данной стороне.

### 2.12 Создание отчета

Для того, чтобы создать отчет, в левом нижнем углу следует щелкнуть закладку «Отчет», на экране появится лист А4.

Нажимаем «3D Отклонение расположения» появляется модель детали

Все расчеты в редакторе происходят с элементами, которые называются «Заменяющие элементы» — это геометрические элементы, полученные в результате аппроксимации какого-либо примитива по координатам точек.



Анализ расположения в пространстве использует следующие типы геометрических элементов:

- Плоскость;
- Сфера;
- Цилиндр;
- Конус;
- Тор;
- Сплайновая поверхность;
- Сплайновая кривая;
- Окружность;
- Прямая;
- Точка;
- Группа точек.

Аппроксимация элементов – это нахождение заменяющих элементов по измеренным точкам на их поверхности. Существует несколько различных методов аппроксимации геометрического элемента. Ниже описаны три основных метода (нахождение среднего, прилегающего или минимальной зоны).

Средний элемент – поверхность, имеющая номинальную форму и такие размеры и/или расположение, чтобы сумма квадратов расстояний между реальным и средним элементами в пределах нормируемого участка имела минимальное значение.

Прилегающей поверхностью называется поверхность, имеющая форму номинальной поверхности, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, что отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имеет минимальное значение. Это понятие относится к прилегающей плоскости, прилегающей прямой, однако указанное условие минимального значения отклонения не распространяется на отклонения формы цилиндра и окружности.

Прилегающим цилиндром (конусом, сферой, тором) называется цилиндр (конус, сфера, тор) минимального диаметра, описанного вокруг реальной наружной поверхности, или максимального диаметра, вписанного в реальную внутреннюю поверхность.

Вместо прилегающего цилиндра (конуса, сферы, тора) в качестве базы для определения отклонений допускается также использовать цилиндр минимальной зоны.

Цилиндр (конус, сфера, тор) минимальной зоны – цилиндр (конус, сфера, тор), соприкасающийся с реальной поверхностью и расположенный вне материала так, чтобы наибольшее расстояние между реальной поверхностью и заменяющим элементом имело минимальное значение.

Чтобы создать элемент можно выбрать в меню его тип и метод аппроксимации (рис. 27), затем выбрать поверхности, которые относятся к данному элементу, и завершить создание кнопкой в верхнем правом углу.

Выбор нескольких поверхностей позволяет, например, аппроксимировать одну плоскость из двух площадок на детали, если это требуется с точки зрения контроля, или выбрать две половинки одной поверхности, «разбитой» при экспорте из CAD редактора.

Инструменты для аппроксимации расположены на соответствующей вкладке на панели инструментов (рис. 28).

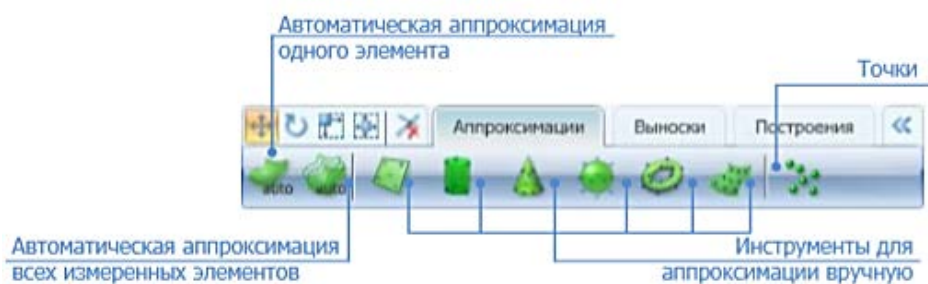


Рисунок 28 – Инструменты аппроксимации для анализа расположения в пространстве

Чтобы указать допуск в редакторе, необходимо выбрать соответствующий инструмент на вкладке «Выноски» на панели инструментов

(рис. 29) и щелчком мыши указать аппроксимированный элемент геометрии в эскизе.

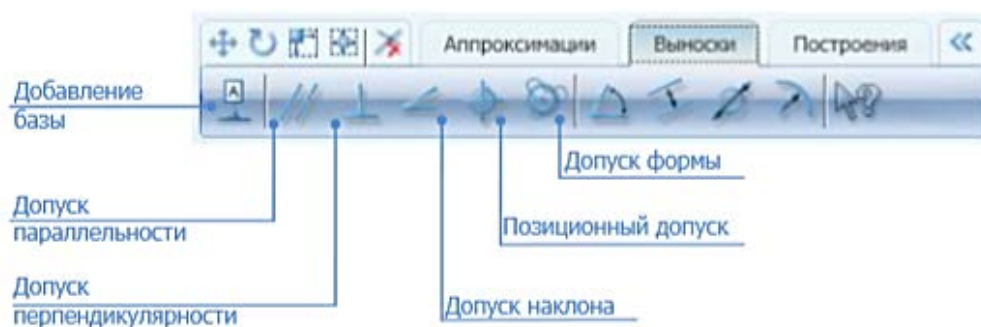


Рисунок 29 – Панель инструментов, указание допусков

Для установки допуска следует на базовой плоскости установить базу. Для этого следует выбрать соответствующую кнопку в панели инструментов («База») и «кликнуть» мышью на соответствующем элементе. Затем выбрать один из инструментов, позволяющих задавать допуск и «кликнуть» на соответствующем элементе (рис. 30).

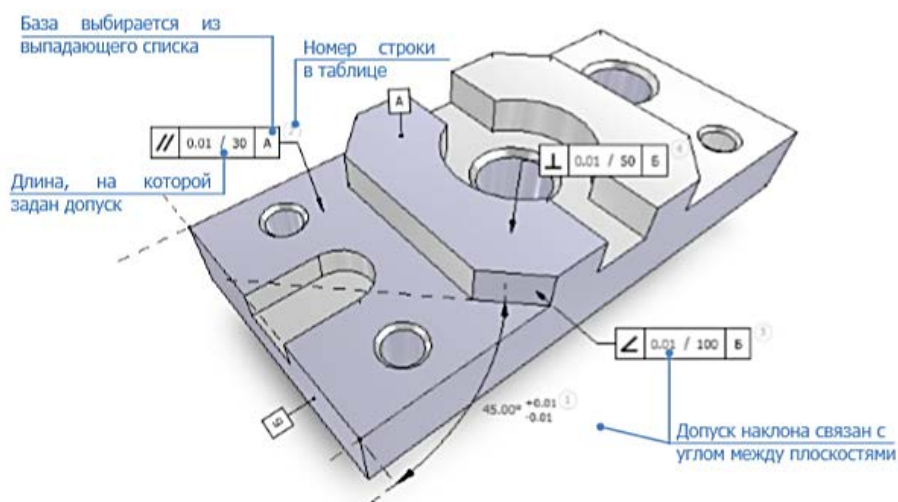


Рисунок 30 – Пример расстановки допусков

Для допусков параллельности, перпендикулярности требуется указать только базу. Для допуска наклона требуется также наличие указанного углового размера (рис. 30).

Позиционный допуск можно привязать только к точке. Расчет позиционного допуска производится следующим образом: из всех связанных с

точкой размеров выбирается наиболее отклоняющийся от номинала, данное отклонение и считается действительным (рис. 31).

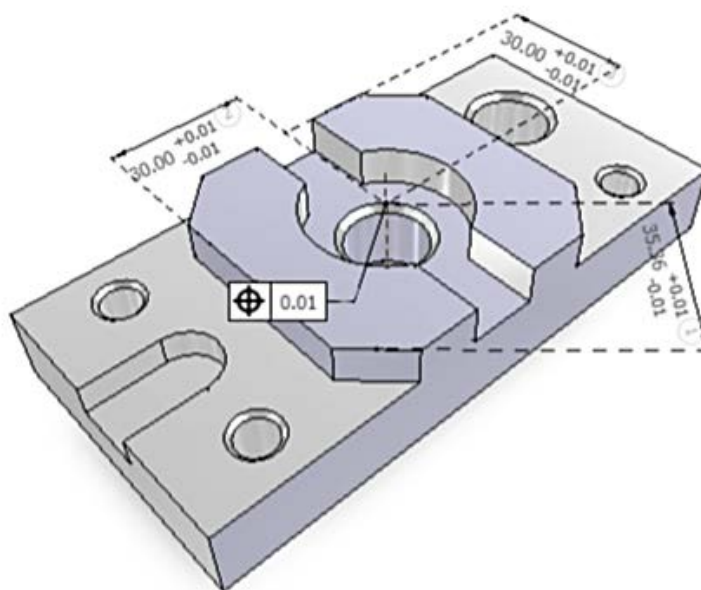


Рисунок 31 – Пример установки позиционного допуска

Наиболее часто возникает необходимость указать размер элемента. В программном обеспечении ТЕХНОкоорд предусмотрена возможность вынесения углового, линейного, радиального и диаметального размеров. Чтобы добавить размер в редакторе, необходимо выбрать соответствующий инструмент (Рис. 32) на вкладке «Выноски» и щелкнуть на элемент геометрии.



Рисунок 32 – Отклонения расположения, панель инструментов, размерные параметры

Построенные выноски можно перемещать мышью.

Линейный размер позволяет вывести в отчет расстояние между двумя точками. Чтобы вывести в отчет линейный размер, следует выбрать инструмент «Линейный размер», нажать левую кнопку мыши на первой точке и отпустить на второй, в результате чего появится элемент, визуально отображающий

расстояние (рис. 33), и соответствующая строка в таблице. Чтобы удалить созданный размер достаточно удалить соответствующую строку в таблице («крестик» с правой стороны).

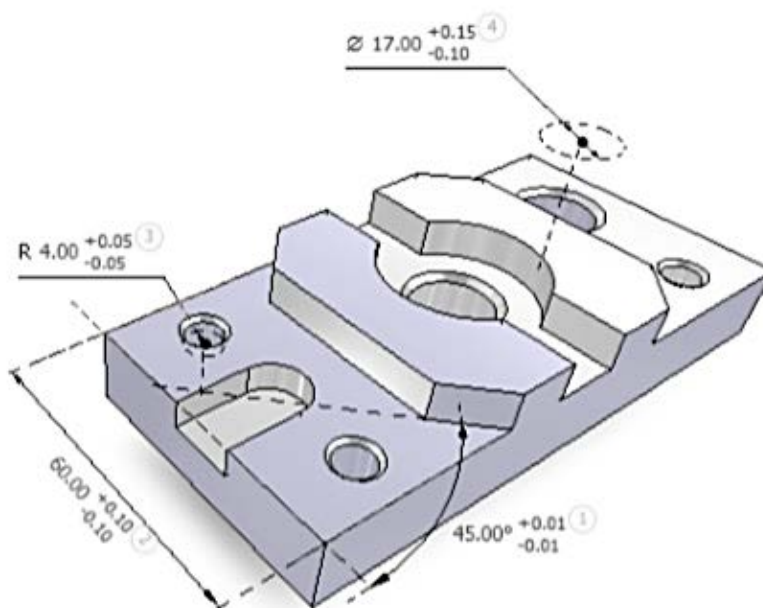


Рисунок 33 – Пример указания размеров

Чтобы получить расстояние между плоскостью и точкой можно получить проекцию данной точки на плоскость и построить расстояние между двумя точками. Аналогично можно получить расстояние от точки до прямой.

Угловой размер позволяет вывести в отчет угол между двумя плоскостями или между линией и плоскостью. Радиальный и диаметральные размеры позволяют вывести в отчет радиус (или диаметр) цилиндра, сферы или окружности (рис. 33).

### 2.13 Привязка

Для того чтобы производить перемещения машины вокруг детали, измерять точки на ее поверхности необходимо узнать, как расположена деталь на столе. Такой процесс называется привязка текущего расположения детали к САД-модели.

Привязка производится в ручном режиме. Пользователю необходимо измерить несколько точек, расположенных на определенных поверхностях детали, после чего будет выполнен расчет перевода координат из системы координат модели в систему координат детали.

Чтобы начать привязку следует нажать кнопку в главном меню «Выполнить привязку 3-2-1» (рис. 34). Для данной привязки требуется обязательное наличие трех непараллельных плоскостей.

Первым шагом мастера будет выбор трех непараллельных плоскостей.

При выборе плоскостей рекомендуется руководствоваться следующими правилами:

1) Выбирать плоскости, расположенные перпендикулярно осям машины. Это связано с тем, что при измерении в ручном режиме важно производить измерение, двигаясь по нормали к поверхности детали, а проще всего это сделать, если поверхность перпендикулярна одной из осей;

2) Рекомендуется выбирать плоскости с большой площадью.

После выбора плоскостей мастер по очереди будет предлагать измерить три, две и одну точку на соответствующих плоскостях, поочередно подсвечивая их. Рекомендуется выбирать наиболее удалённые друг от друга точки.

Запрещается:

- первые три точки выбирать лежащие на одной прямой;
- две точки на второй плоскости измерять на прямой, перпендикулярной линии пересечения первой и второй плоскости.

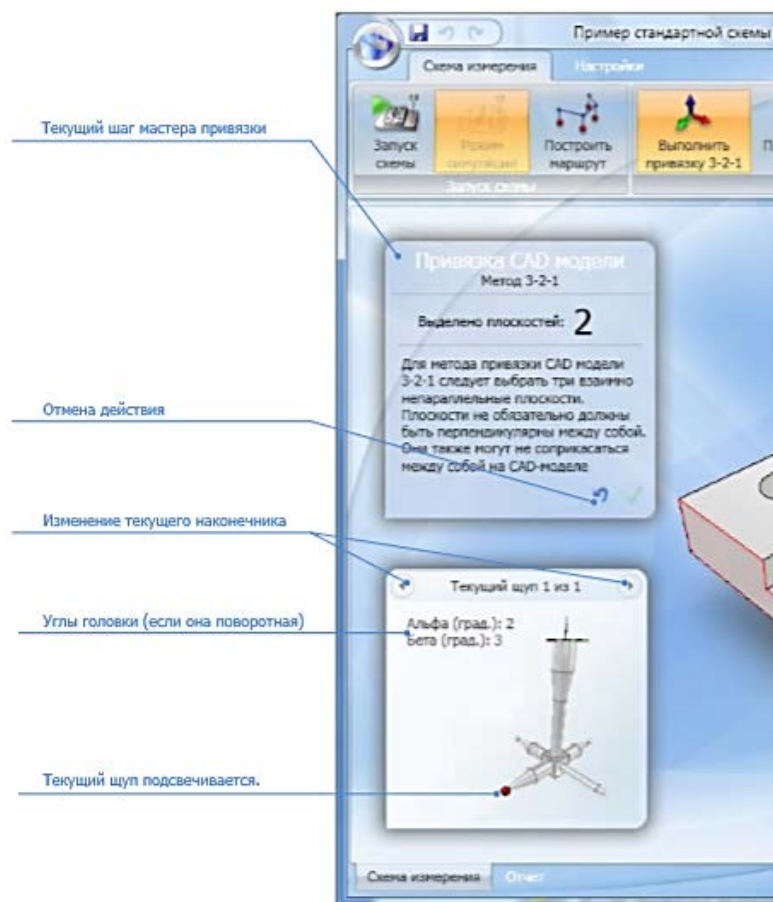


Рисунок 34 – Привязка 3-2-1

## 2.14 Запуск схемы

Для запуска схемы на реальной машине следует убедиться, что кнопка «Режим симуляции» неактивна, и нажать кнопку «Запуск схемы» (рис. 35). Машина произведет подключение, выход в ноль, затем начнут выполняться запрограммированные действия.



Рисунок 35 – Главное меню схемы измерения

Существует возможность запустить измерение только одного элемента, для этого следует правой клавишей мыши вызвать контекстное меню данного элемента и выбрать «Измерить»

Чтобы измерить несколько элементов, можно выделить элементы с зажатой клавишей Ctrl, вызвать контекстное меню и выбрать «Измерить».

### **2.15 Сохранение отчета**

Для того, чтобы сохранить отчет нужно перейти в меню работы с файлом и выбрать «Сохранить».



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Высококвалифицированный персонал – это достаточно важный элемент конкурентоспособности любого предприятия, особенно в тех областях, где резко ощущается потребность специалистов. В данном случае, это касается работы на КИМ. Специалист в данной области должен обладать широким спектром знаний для того, чтобы получать надёжные результаты.

Координатные измерения применяются в разных областях производства. С помощью КИМ можно определить и размеры, и отклонения формы и расположения поверхностей деталей.

В решении ряда задач, связанных с эксплуатацией учебной КИМ с ЧПУ модели НИИК-701 и программным обеспечением ТЕХНОкоорд поможет данное учебное пособие, которое содержит теоретические сведения по работе на КИМ.

Рассмотрение терминов, определений и последовательностей действий при подготовке к измерениям и непосредственно при измерениях на КИМ, которые содержит пособие, позволяет повысить уровень технической грамотности обучающихся, тем самым, создавая базу для дальнейшего совершенствования их знаний в области координатных измерений.

Данное учебное пособие будет полезно студентам высших учебных заведений, студентам колледжей, а также специалистам при переподготовке в профессиональных центрах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Слепцов В. В. Информационно-измерительные и управляющие системы координатно-измерительных машин и измерительных роботов. Концепция проектирования: монография / В. В. Слепцов, А. В. Тихонравов, Р. Ю. Курдюков; под ред. В.В. Слепцова. – М.: МГУПИ, 2008. - 95 с.
2. Чапала О.В. Координатно-измерительные машины и их применение. [Электронный ресурс] // Новаинфо. – 2016. – № 57. – Режим доступа: <http://novainfo.ru/article/10054>
3. Челябинский научно-исследовательский и конструкторский институт средств контроля и измерения в машиностроении [Электронный ресурс]. – Электрон. дан.: ЧелябНИИконтроль.РФ – Челябинск, 2003-2019. – Режим доступа: <http://www.toolmaker.ru/main.php> (дата обращения: 16.04.19)

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Дидактический тест

### Дидактический тест для контроля знаний по эксплуатации координатно-измерительной машины с числовым программным управлением модели НИИК-701

#### *Инструкция*

Тест состоит из 30 заданий, рассчитан на 60 минут. Выполняйте задания последовательно, следуя указаниям. Свои ответы вносите в бланк ответов. Оценка результатов определяется по числу правильных ответов:

Задание закрытой формы оцениваются в 1 балл. Максимальное количество баллов -12.

Задание открытой формы оценивается в 5,5 баллов. Максимальное количество баллов - 60.

Задание на установление соответствия оценивается в 4 балла. Максимальное количество баллов - 16.

Задание на установление последовательности оценивается в 4 балла. Максимальное количество баллов - 12.

**Указание 1.** Завершите утверждение 1 и 2, подбирая в пропущенные строки недостающую информацию.

1. Координатно-измерительная машина с числовым программным управлением модели НИИК-701 предназначена для \_\_\_\_\_

---

---

---

---

2. Дополнительное оснащение – оптический узел и осветительное устройство позволяет проводить \_\_\_\_\_

---

---

**Указание 2.** Завершите утверждение 3, выбрав один из предлагаемых вариантов окончания и заполните форму ответа.

3. В качестве системы координат при координатных измерениях используется:

- а) прямоугольная декартова система координат;
- б) цилиндрическая полярная система координат;
- в) сферическая система координат.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**Указание 3.** В задании 4 установите соответствие информации левого и правого столбцов и заполните форму ответа.

4. Установите соответствие между составными частями КИМ (обозначены цифрами) на рисунке 1 и их названиями:

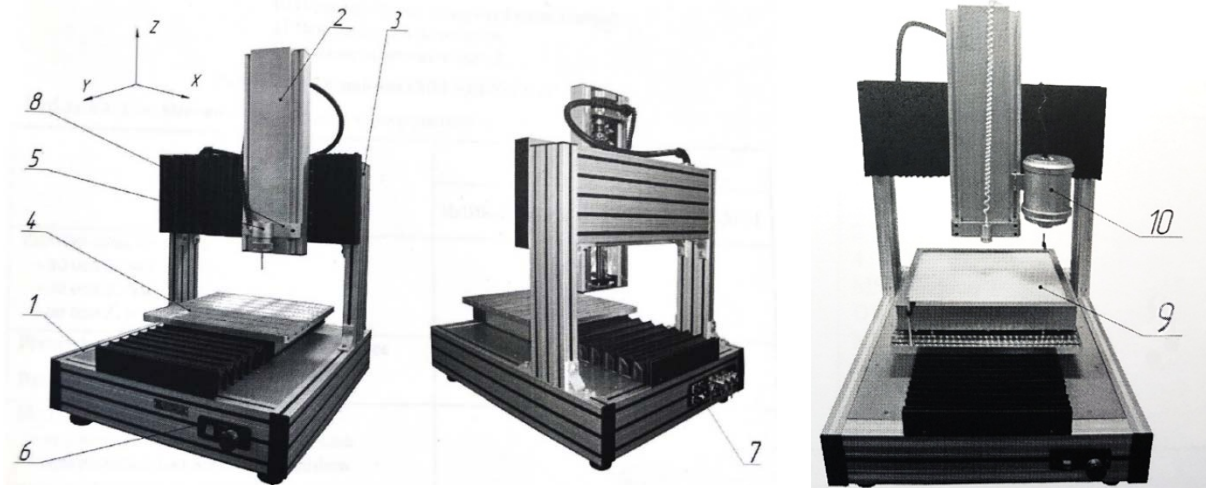


Рисунок 1 - Составные части КИМ модели НИИК-701

СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ (ЦИФРА)	НАЗВАНИЕ
1	А) Контактная головка
2	Б) Рабочий стол
3	В) Задняя панель
4	Г) Осветительное устройство
5	Д) Портал
6	Е) Станина
7	Ж) Оптический узел
8	З) Стойка
9	И) Передняя панель
10	К) Планка

Ответ: 1 - \_\_\_\_; 2 - \_\_\_\_; 3 - \_\_\_\_; 4 - \_\_\_\_; 5 - \_\_\_\_; 6 - \_\_\_\_; 7 - \_\_\_\_; 8 - \_\_\_\_; 9 - \_\_\_\_; 10 - \_\_\_\_.

**Указание 4.** Завершите утверждения 5 и 6, подбирая в пропущенные строки недостающую информацию.

5. Нормальная температура для проведения измерений на КИМ составляет \_\_\_\_\_ °С.

6. Устройство, обеспечивающее работу КИМ, выполняется следующим образом:

На направляющих качения \_\_\_\_\_ расположен \_\_\_\_\_ . К станине крепится \_\_\_\_\_. На ребрах \_\_\_\_\_ крепятся направляющие качения и измерительные линейки. Преобразователи линейных перемещений крепятся с помощью закладных гаек в Т-образные пазы алюминиевого профиля. Данные преобразователи, расположенные вдоль осей, образуют декартову систему координат. На направляющих качения \_\_\_\_\_ размещена \_\_\_\_\_, которая может перемещаться в двух взаимно – перпендикулярных направлениях. К \_\_\_\_\_ при помощи \_\_\_\_\_ крепится \_\_\_\_\_ с наконечником.

Для измерений по стандартной оптической схеме на \_\_\_\_\_ сбоку дополнительно размещен \_\_\_\_\_, который может перемещаться вверх и вниз вместе со стойкой. При использовании для измерений \_\_\_\_\_ оптического \_\_\_\_\_ узла \_\_\_\_\_ устанавливается \_\_\_\_\_ на \_\_\_\_\_. Осветительное устройство крепится к \_\_\_\_\_ двумя планками с помощью закладных гаек и шпилек.

**Указание 5.** Завершите утверждения 7, 8 и 9 выбрав один из предлагаемых вариантов окончания и заполните форму ответа.

7. Включение - выключение КИМ осуществляется с помощью:

- а) аварийной кнопки, расположенной на передней панели;
- б) кнопки, расположенной на задней панели;
- в) кнопки, расположенной на передней панели.

Ответ: \_\_\_\_\_.

8. На рисунке 2 изображен общий вид контактной измерительной головки. Её основными частями являются:

- а) 1 - измерительный наконечник; 2 – контактная измерительная головка;
- б) 1 - контактная измерительная головка; 2 - измерительный наконечник;
- в) 1- станина; 2 - измерительный наконечник.

Ответ: \_\_\_\_\_.

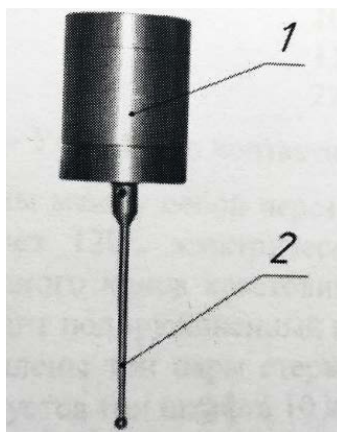


Рисунок 2 - Общий вид контактной измерительной головки

9. После каждого измерения координат отдельной точки измерительный наконечник:

- а) перемещается назад, противоположно движению измерения;
- б) перемещается вверх, противоположно движению измерения;
- в) перемещается вперед, противоположно движению измерения;
- г) перемещается вниз, противоположно движению измерения.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**Указание 6.** Завершите утверждение 10, подбирая в пропущенные строки недостающую информацию.

10. Эксплуатационные ограничения до начала работ на КИМ состоят в следующем:

- 1) \_\_\_\_\_;
- 2) \_\_\_\_\_;
- 3) \_\_\_\_\_;
- 4) \_\_\_\_\_;
- 5) \_\_\_\_\_.

**Указание 7.** В задании 11 и 12 установите правильную последовательность действий и заполните форму ответа.

11. При подготовке к работе на КИМ, последовательность действия будет следующая:

- а) Проверить заземление и включить КИМ в сеть через сетевой фильтр;
- б) До начала работы произвести тщательный осмотр изделия, удалить с него посторонние предметы, протереть смоченной в обезжиривателе тряпочкой, которая не оставляет ворса;
- в) Убедиться, что никакие кабели не препятствуют работе подвижных частей КИМ;
- г) Ознакомится перед началом работы с настоящей инструкцией по эксплуатации КИМ.

Ответ: \_\_\_\_\_.

12. Последовательность действий при закреплении детали на рабочем столе будет следующая (рис. 3):

- а) Лёгким усилием нажать на середину планки, что позволит прижать деталь 3.
- б) Необходимо стойку 1 вставить в Т – образный паз рабочего стола и закрутить в закладную гайку, которая вставляется в нижнюю часть Т – образного паза.
- в) Планку 2 установить сверху на стойку 1.

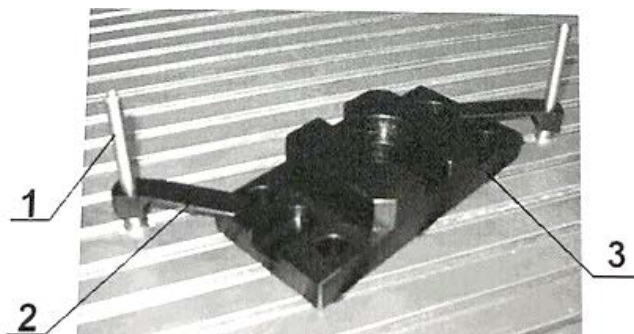


Рисунок 3 – Общий вид закрепления детали на рабочем столе

Ответ: \_\_\_\_\_.

**Указание 8.** Завершите утверждение 13 выбрав один из предлагаемых вариантов окончания и заполните форму ответа.

13. При установке детали на измерительный стол необходимо учитывать допустимый вес детали. Какое количество килограмм он не должен превышать?

- а) 22;
- б) 25;
- в) 20;
- г) 21.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**Указание 9.** Завершите утверждения 14, 15 и 16, подбирая в пропущенные строки недостающую информацию.

14. Стратегия измерения элемента – это принцип

\_\_\_\_\_.

15. Заменяющие элементы — это \_\_\_\_\_, полученные в результате аппроксимации какого-либо примитива по \_\_\_\_\_ точек.

16. Щуповая система — это \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_.

**Указание 10.** Завершите утверждения 17 и 18 выбрав один из предлагаемых вариантов окончания и заполните форму ответа.

17. Какое количество равномерно распределенных по поверхности сферы точек надо измерить в ручном режиме при калибровке, чтобы узнать положение сферы относительно щупа?

- а) три
- б) четыре
- в) пять
- г) шесть

Ответ: \_\_\_\_\_.

18. Сколько непараллельных плоскостей обязательно требуется для привязки 3-2-1?

- а) две
- б) три
- в) четыре

Ответ: \_\_\_\_\_.

**Указание 11.** Завершите утверждение 19 выбрав один или несколько из предлагаемых вариантов окончания и заполните форму ответа.

19. Для всех стратегий доступны два параметра:

- а) минимальное расстояние до границы



- б) безопасное расстояние
- в) максимальное расстояние до границы
- г) шаг между точками
- д) отступ

Ответ: \_\_\_\_\_.

**Указание 12.** Завершите утверждение 20, подбирая в пропущенные строки недостающую информацию.

20. Анализ расположения в пространстве использует следующие типы геометрических элементов:

- 1) \_\_\_\_\_;
- 2) \_\_\_\_\_;
- 3) \_\_\_\_\_;
- 4) \_\_\_\_\_;
- 5) \_\_\_\_\_;
- 6) \_\_\_\_\_;
- 7) \_\_\_\_\_;
- 8) \_\_\_\_\_;
- 9) \_\_\_\_\_;
- 10) \_\_\_\_\_;
- 11) \_\_\_\_\_.

**Указание 13.** Завершите утверждения 21 и 22, подбирая в пропущенные строки недостающую информацию.

21. Средний элемент – поверхность, \_\_\_\_\_ и такие размеры и/или расположение, чтобы сумма квадратов расстояний между реальным и средним элементами в пределах нормируемого участка имела \_\_\_\_\_.

22. Прилегающей поверхностью называется поверхность, имеющая \_\_\_\_\_, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, что отклонение от нее \_\_\_\_\_ реальной поверхности в пределах нормируемого участка имеет \_\_\_\_\_.

**Указание 14.** В заданиях 23, 24 и 25 установите соответствие информации левого и правого столбцов и заполните форму ответа.

23. Установите соответствие между терминами и их определениями

ТЕРМИН	ОПРЕДЕЛЕНИЕ
1) Безопасное расстояние	А) расстояние между соседними точками
2) Минимальное расстояние до границы	Б) определяет, с какого расстояния от детали щуп начнет движение к поверхности
3) Шаг	В) позволяет отсечь точки, которые оказались близко к границам элемента

Ответ: 1 - \_\_\_\_; 2 - \_\_\_\_; 3 - \_\_\_\_.

24. Установить соответствие между параметрами стратегиями (обозначенными цифрами) на рисунке 4 и их названиями

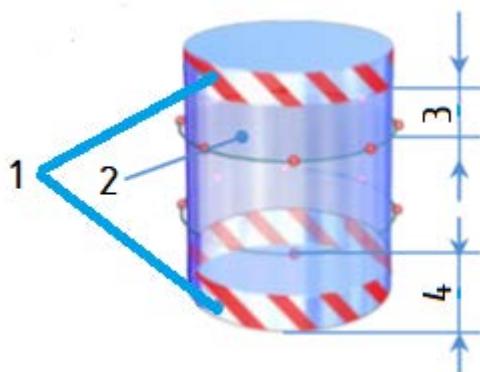


Рисунок 4 – Стратегия для цилиндра по сечениям

ПАРАМЕТР СТРАТЕГИИ (ЦИФРА)	НАЗВАНИЕ
1	А) Сечение
2	Б) Первый отступ
3	В) Минимальное расстояние до границы
4	Г) Второй отступ

Ответ: 1 - \_\_\_\_; 2 - \_\_\_\_; 3 - \_\_\_\_; 4 - \_\_\_\_.

25. Установить соответствие между инструментами допусков (обозначенными цифрами) на рисунке 5 и их названиями



Рисунок 5 - Панель инструментов, указание допусков

ИНСТРУМЕНТЫ ДОПУСКОВ (ЦИФРА)	НАЗВАНИЕ
1	А) Допуск параллельности
2	Б) Допуск формы
3	В) Допуск наклона
4	Г) Добавление базы
5	Д) Допуск перпендикулярности
6	Е) Позиционный допуск

Ответ: 1 - \_\_\_\_; 2 - \_\_\_\_; 3 - \_\_\_\_; 4 - \_\_\_\_; 5 - \_\_\_\_; 6 - \_\_\_\_.

**Указание 15.** Завершите утверждения 26, 27 и 28, выбрав один или несколько из предлагаемых вариантов окончания и заполните форму

26. Расстановка запрещенных зон является:

а) обязательным действием, так как измеряемое изделие закрепляется на столе с помощью специальных креплений и если не учитывать их геометрическое расположение, то в процессе измерения машина столкнется с одним из них;

б) необязательным действием, так как измеряемое изделие закрепляется на столе с помощью специальных креплений и если учитывать их геометрическое расположение, то в процессе измерения машина столкнется с одним из них;

в) обязательным действием, так как данный инструмент, позволяет отмечать часть пространства как недоступную для машины;

г) необязательным действием, так как данный инструмент, не позволяет отмечать часть пространства как недоступную для машины.

Ответ: \_\_\_\_\_.

27. При привязке детали к CAD-модели рекомендуется выбирать плоскости:

а) с меньшей площадью;

- б) с большой площадью;
- в) расположенные перпендикулярно осям машины;
- г) расположенные параллельно осям машины.

Ответ: \_\_\_\_\_.

28. Выберите утверждения, которые являются верными:

- а) для допусков параллельности, перпендикулярности требуется указать только базу;
- б) позиционный допуск можно привязать к точке и к углу;
- в) линейный размер позволяет вывести в отчет расстояние между двумя точками;
- г) для допуска наклона требуется наличие указанного углового размера.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**Указание 16.** Завершите утверждение 29 выбрав один из предлагаемых вариантов окончания и заполните форму ответа.

29. Калибровка наконечника производится с помощью:

- а) калибровочной плоскости;
- б) калибровочного конуса;
- в) калибровочной сферы;
- г) калибровочного цилиндра

Ответ: \_\_\_\_\_.

**Указание 17.** В задании 30 установите правильную последовательность действий и заполните форму ответа.

30. Для того, чтобы создать новую запрещенную зону следует выполнить действия в следующей последовательности:

- а) выполнить клик;
- б) отрегулировать зону по высоте;
- в) сделать двойной клик;
- г) потянуть мышь в сторону для образования основания параллелограмма.

Ответ: \_\_\_\_\_.

### **Эталон правильных ответов**

**1.** Координатно-измерительная машина с числовым программным управлением модели НИИК-701 предназначена для измерения геометрических

параметров объектов (деталей) путем измерения координат отдельных точек поверхностей объекта в принятой системе координат (прямоугольной декартовой) и последующей математической обработки измеренных координат для определения линейных и угловых размеров, отклонений формы и расположения;

2. Дополнительное оснащение – оптический узел и осветительное устройство позволяет проводить неразрушающий контроль плоских, легко деформируемых деталей;

3. а) прямоугольная декартовая система координат;

4. 1 – Е) Станина

2 – З) Стойка

3 – Д) Портал

4 – Б) Рабочий стол

5 – А) Контактная головка

6 – И) Передняя панель

7 – В) Задняя панель

8 – К) Планка

9 – Г) Осветительное устройство

10 – Ж) Оптический узел;

5.  $20 \pm 2$ ;

6. На направляющих качения станины расположен рабочий стол. К станине крепится портал. На ребрах станины крепятся направляющие качения и измерительные линейки. Преобразователи линейных перемещений крепятся с помощью закладных гаек в Т-образные пазы алюминиевого профиля. Данные преобразователи, расположенные вдоль осей, образуют декартовую систему координат. На направляющих качения портала размещена стойка, которая может перемещаться в двух взаимно – перпендикулярных направлениях. К стойке при помощи планки крепится контактная измерительная головка с наконечником.

Для измерений по стандартной оптической схеме на стойке сбоку дополнительно размещен оптический узел, который может перемещаться вверх и вниз вместе со стойкой. При использовании для измерений оптического узла устанавливается осветительное устройство на рабочий стол. Осветительное устройство крепится к рабочему столу двумя планками с помощью закладных гаек и шпилек.

7. в) кнопки, расположенной на передней панели;

8. б) 1 - контактная измерительная головка; 2 - измерительный наконечник;

9. а) перемещается назад, противоположно движению измерения;

10. 1) КИМ должна быть установлена на надежном основании, которое обеспечивает удобный доступ к рабочей зоне и всем органам управления. Не допускаются прогибы, шатания, вибрации при работе.

2) Для подключения электропитания КИМ, электрическая проводка должна находиться в непосредственной близости от места установки. Обязательно использовать РОЗЕТКИ С ЗАЗЕМЛЕНИЕМ! КИМ подключать

через сетевой фильтр типа «Pilot» и использовать источники бесперебойного питания соответствующей мощности.

3) Перед проведение измерений на КИМ, все детали и составные узлы машины должны прогреться в течении не менее 15 минут. Нормальная температура для проведения измерений на КИМ  $(20 \pm 2)$  °С. Допускается проводить учебные измерения при рабочей температуре от +17 до +30 °С. Для выравнивания температуры измеряемой детали и узлов КИМ необходимо разместить детали рядом с КИМ не менее чем за сутки до проведения измерений.

4) Визуальный контроль должен быть составной частью запланированных работ при пусконаладке и в повседневном режиме измерения. КИМ разрешается эксплуатировать только тогда, когда составные части КИМ не имеют внешних механических повреждений. Кабели должны быть в безупречном состоянии. Они не должны иметь прогибов и повреждений.

5) Если обнаружались какие-либо неисправности, КИМ не включать в сеть до их устранения.

11. г, б, в, а;

12. б, в, а;

13. в) 20

14. Стратегия измерения элемента – это принцип размещения измеряемых точек на поверхности элемента

15. Заменяющие элементы — это геометрические элементы, полученные в результате аппроксимации какого-либо примитива по координатам точек.

16. Щуповая система – это набор щупов, которые расположены в пространстве.

17. в) пять

18. б) три

19. а) минимальное расстояние до границы; б) безопасное расстояние

20. 1) Плоскость;

2) Сфера;

3) Цилиндр;

4) Конус;

5) Тор;

6) Сплайновая поверхность;

7) Сплайновая кривая;

8) Окружность;

9) Прямая;

10) Точка;

11) Группа точек.

21. Средний элемент – поверхность, имеющая номинальную форму и такие размеры и/или расположение, чтобы сумма квадратов расстояний между реальным и средним элементами в пределах нормируемого участка имела минимальное значение.

22. Прилегающей поверхностью называется поверхность, имеющая форму номинальной поверхности, соприкасающаяся с реальной

поверхностью и расположенная вне материала детали так, что отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имеет минимальное значение.

**23.** 1 - Б; 2 – В; 3 – А.

**24.** 1 - В; 2 - А; 3 - Б; 4 – Г.

**25.** 1 - Г; 2 - А; 3 - Д; 4 - Б; 5 - Е; 6 - В.

**26.** а) обязательным действием, так как измеряемое изделие закрепляется на столе с помощью специальных креплений и если не учитывать их геометрическое расположение, то в процессе измерения машина столкнется с одним из них;

в) обязательным действием, так как данный инструмент, позволяет отмечать часть пространства как недоступную для машины.

**27.** б) с большой площадью;

в) расположенные перпендикулярно осям машины.

**28.** а) для допусков параллельности, перпендикулярности требуется указать только базу;

в) линейный размер позволяет вывести в отчет расстояние между двумя точками;

г) для допуска наклона требуется наличие указанного углового размера.

**29.** в) калибровочной сферы.

**30.** в, г, а, б

## ПРИЛОЖЕНИЕ В - Перечень опубликованных статей

№	Название публикации	Библиографическое описание
1	2	3
1	Устройство и работа учебной координатно-измерительной машины с числовым программным управлением модели НИИК-701	Бирюкова Е.А., Козлова А.А., Мигачева Г.Н. Устройство и работа учебной координатно-измерительной машины с числовым программным управлением модели НИИК-701 // Техническое регулирование в едином экономическом пространстве: сборник статей VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Екатеринбург, 23 мая 2019 г. / ФГАОУ ВО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т». Екатеринбург, 2019. С. 175-180.
2	Разработка процесса калибровки щупа на учебной координатно-измерительной машине с числовым программным управлением модели НИИК-701	Бирюкова Е.А., Козлова А.А., Мигачева Г.Н. Разработка процесса калибровки щупа на учебной координатно-измерительной машине с числовым программным управлением модели НИИК-701 // Техническое регулирование в едином экономическом пространстве: сборник статей VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Екатеринбург, 23 мая 2019 г. / ФГАОУ ВО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т». Екатеринбург, 2019. С. 17-24.
3	Алгоритм работы на учебной координатно-измерительной машине с числовым программным управлением модели НИИК-701	Бирюкова Е. А., Козлова А. А., Мигачева Г. Н. Алгоритм работы на учебной координатно-измерительной машине с числовым программным управлением модели НИИК-701 // Наука без границ. 2019. № 4(32). С. 25-29.
4	Разработка дидактического теста для контроля знаний по эксплуатации учебной координатно-измерительной машины	Бирюкова Е. А., Козлова А. А., Мигачева Г. Н. Разработка дидактического теста для контроля знаний по эксплуатации учебной координатно-измерительной машины // Наука без границ. 2019. № 4(32). С. 30-34.



1	2	3
5	Модель разработки инструкции по эксплуатации учебной координатно-измерительной машины	Бирюкова Е. А., Козлова А. А., Мигачева Г. Н. Модель разработки инструкции по эксплуатации учебной координатно-измерительной машины // Актуальная наука [Текст]: Международный научный журнал. – Волгоград: НИЦ «Абсолют», 2019. – № 4 (21). С. 14-18
6	Оформление отчёта на учебной координатно-измерительной машине с ЧПУ модели НИИК-701	Бирюкова Е. А., Козлова А. А. Оформление отчёта на учебной координатно-измерительной машине с ЧПУ модели НИИК-701 // Научный ответ на вызовы современности: технический и технологический аспекты: сборник статей Международной научно-практической конференции (1 мая 2019 г, г. Самара). - Уфа: Аэтерна, 2019. – 48 с
7	Разработка лабораторной работы «Математическое базирование детали на учебной координатно-измерительной машине»	Бирюкова Е. А., Козлова А.А., Мигачева Г.Н. Разработка лабораторной работы «Математическое базирование детали на учебной координатно-измерительной машине» // Наука без границ. 2019. № 5(33). С. 53-57.
8	Алгоритм разработки инструкции по эксплуатации координатно-измерительных машин	Бирюкова Е. А., Козлова А.А., Мигачева Г.Н. Алгоритм разработки инструкции по эксплуатации координатно-измерительных машин. Стратегии устойчивого развития мировой науки // Сборник научных работ 51й Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения (г. Москва, апрель 2019). — Москва: ЕНО, 2019. — 418 с.
9	Учебное пособие по использованию координатно-измерительной машины с числовым программным управлением модели НИИК-701 для лабораторных занятий	Бирюкова Е. А., Козлова А.А., Мигачева Г.Н. Учебное пособие по использованию координатно-измерительной машины с числовым программным управлением модели НИИК-701 для лабораторных занятий // Центр педагогического мастерства «Новые идеи». – Москва, 2019. Режим доступа: <a href="http://konkursidei.ru/publikaciya_materialov/katalog_publicacij/">http://konkursidei.ru/publikaciya_materialov/katalog_publicacij/</a>