

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

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ЛАБОРАТОРНЫХ 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: 375

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 МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ЛАБОРАТОРНЫХ 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

Е.А. Бирюкова

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 65 страницах, содержит 9 рисунков, 3 таблицы, 33 источника литературы, а также 3 приложения на 69 страницах.

Ключевые слова: КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ МАШИНА, АВТОМАТИЗАЦИЯ, ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ, АЛГОРИТМ РАБОТЫ, МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, КОМПЕТЕНЦИИ, ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, КООРДИНАТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ.

Библиографическое описание ВКР

Бирюкова Е.А. Разработка методических указаний для проведения лабораторных занятий с использованием учебной координатно-измерительной машины / Е.А. Бирюкова; Рос. гос. проф.-пед. ун-т; Институт инж.-пед. образования, каф. инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и металлургии. – Екатеринбург, 2019. – 134 с.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка методических указаний для проведения лабораторных работ с использованием учебной координатно-измерительной машины.

В выпускной квалификационной работе разработан алгоритм проведения лабораторных работ на учебной координатно-измерительной машине и методические указания для проведения лабораторных работ с использованием учебной координатно-измерительной машины. Данные методические указания включают в себя шесть лабораторных работ. Также, разработаны видеоуроки.

По результатам работы опубликовано 8 статей и электронное учебное пособие.

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

					44.03.04.375 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Бирюкова Е.А.			Разработка методических указаний для проведения лабораторных занятий с использованием координатно-измерительной машины	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Мигачева Г.Н.					2	134
Реценз.						ФГАОУ ВО РГППУ ИИПО каф. ИММ гр.КМ-401п		
Н. Контр.		Категоренко Ю.И.						
Утверд.		Гузанов Б.Н.						

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	8
1.1 Общие сведения о техническом контроле.....	8
1.2 Автоматизация проектирования технологий контроля на координатно-измерительных машинах.....	13
1.3 Сравнение координатно-измерительных машин.....	14
1.4 Описание и работа учебной КИМ с ЧПУ модели НИИК-701.....	20
2 АНАЛИЗ, СИСТЕМАТИЗАЦИЯ И ОТБОР ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	28
2.1 Требования, предъявляемые к методическим указаниям.....	28
2.2 Методика проведения лабораторных работ	34
2.3 Разработка алгоритма проведения лабораторных работ на КИМ	35
3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЧЕБНОЙ КИМ.....	40
3.1 Лабораторная работа №1 «Калибровка щупа на координатно-измерительной машине»	41
3.2 Лабораторная работа №2 «Математическое базирование детали типа «Корпус» на координатно-измерительной машине»	43
3.3 Лабораторная работа №3 «Создание стратегии измерения линейных параметров деталей».....	44
3.4 Лабораторная работа №4 «Создание стратегии измерения угловых параметров деталей».....	46
3.5 Лабораторная работа №5 «Создание стратегии измерения отклонений формы и расположения поверхностей».....	47
3.6 Лабораторная работа №6 «Комплексное задание»	49
3.7 Оценка эффективности обучения на учебной КИМ	50

4 РАЗРАБОТКА ВИДЕОУРОКОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЧЕБНОЙ КИМ.....	55
5 РЕЗУЛЬТАТЫ АПРОБАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЧЕБНОЙ КИМ	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	59
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	62
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Методические указания для выполнения лабораторных работ с использованием учебной координатно-измерительной машины.....	67
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Ход занятий лабораторных работ	135
ПРИЛОЖЕНИЕ В – Перечень опубликованных статей	136

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;
- ФГОС ВО – Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования;
- ЧПУ – числовое программное управление;
- САД – система автоматизированного проектирования (3d-модель детали).

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире автоматизация процесса измерения является важной производственной задачей для повышения качества машиностроительного производства. Современное метрологическое обеспечение повышает эффективность производства и качества выпускаемой продукции, а также дает возможность получать достоверные результаты измерений на каждом этапе производства. В связи с этим, в технологический процесс внедряются автоматизированные средства измерения, а именно координатно-измерительные машины.

Высококвалифицированный персонал – это достаточно важный элемент конкурентоспособности любого предприятия. Для работы на КИМ необходимы специалисты в области координатных измерений. Специалист в данной области должен обладать определенным рядом компетенций для того, чтобы получать надёжные результаты. На подготовку таких специалистов направлено введение нового поколения Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования [6].

Главными целями в реализации ФГОС ВО являются компетенции, которые студенты получают в ходе обучения. Под термином компетенция понимается способность применять полученные знания, умения, а также личностные качества в определенной области для успешной профессиональной деятельности.

В соответствии с новыми требованиями ФГОС, образовательные программы дисциплин должны быть ориентированы на повышение качества подготовки специалистов на основе создания механизмов эффективного освоения студентами компетенций, необходимых в профессиональной деятельности.

Так как КИМ – это современное средство измерения, необходимо включать в программу для подготовки специалистов в высших учебных заведениях, колледжах и других образовательных учреждениях обучение на КИМ в виде теоретических и лабораторных занятий. Такое обучение позволяет повысить уровень технической грамотности обучающихся, тем самым, создавая базу для

дальнейшего совершенствования их знаний в области координатных измерений.

Учебная КИМ с ЧПУ 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 методические указания для проведения лабораторных занятий с использованием координатно-измерительной машины [6].

Вышеизложенное обуславливает актуальность темы выпускной квалификационной работы: «Разработка методических указания для проведения лабораторных работ с использованием учебной координатно-измерительной машины».

Объект: учебная координатно-измерительная машина с числовым программным управлением модели НИИК-701.

Предмет: разработка методических указаний для проведения лабораторных занятий с использованием координатно-измерительной машины.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка методических указания для проведения лабораторных работ с использованием учебной координатно-измерительной машины.

Задачи выпускной квалификационной работы:

- проанализировать литературные источники;
- раскрыть общие сведения о техническом контроле;
- провести сравнение координатно-измерительных машин;
- выполнить описание работы учебной КИМ с ЧПУ модели НИИК-701;
- провести анализ, систематизацию и отбор теоретической части содержания учебного материала для разработки лабораторных работ;
- разработать алгоритм проведения лабораторных работ на учебной КИМ;
- разработать методические указания для лабораторных занятий;

– разработать видеоуроки для проведения лабораторных занятий с использованием учебной КИМ;

– определить критерии оценки эффективности обучения на КИМ и в ходе апробации проверить результативность разработанных методических указаний.

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 [11]. 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 [11].

Объектом технического контроля является продукция, процесс ее создания, хранения, транспортирования, ремонта и соответствующая техническая документация [11].

Предотвращение выпуска и поставки продукции, которая не соответствует качеству или комплектации по требованиям проектно-конструкторской и технологической документации является целью технического контроля [11].

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 [15].

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 [15].

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» [15].

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.

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 [15].

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. Контроль производится на каждой технологической операции [15].

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 (скобы, калибры).

Операционный контроль проводят исполнитель операций, мастера, работники ОТК по планам, установленным соответствующей документацией и в зависимости от требований, предъявляемых к качеству деталей. Операционный контроль осуществляют, как правило, на всех стадиях производства [15].

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 .

При серийном типе производства разрабатывается технология контроля с маршрутно-операционным и операционным описанием [15].

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 [15].

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 [15].

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 [15].

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 [15].

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 [17].

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 Δ и предельной погрешности средства контроля δ . 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 [15].

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 применяются в основном в крупносерийном и массовом производстве.

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 [33].

В связи с этим, предприятия переходят на автоматизирование технологий контроля с помощью координатно-измерительных машин. Они являются наиболее эффективными на сегодняшний день [33].

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 [33].

Новые измерительные системы и автоматизированные 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 [33].

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 [32].

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

На производстве КИМ используют для приемочного контроля деталей. КИМ позволяет проконтролировать практически все нормируемые параметры за одну установку, как в лаборатории, так и в цеховых условиях [6].

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.

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

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 [25].

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 [25].

По своему назначению и по конструкции эти машины могут быть разделены на две группы: КИМ со стойкой легкой конструкции и КИМ со стойкой тяжелой конструкции. К этому же типу машин можно отнести КИМ, которые получили название измерительные роботы [25].

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.

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, порталного типа.

Мостовые КИМ -машины, в которых подвесной элемент располагается на колоннах (стойках) и при измерении датчик касания перемещается по всем координатам (рис. 1г). Мостовые КИМ аналогичны по конструкции порталным машинам с неподвижным порталом [25].

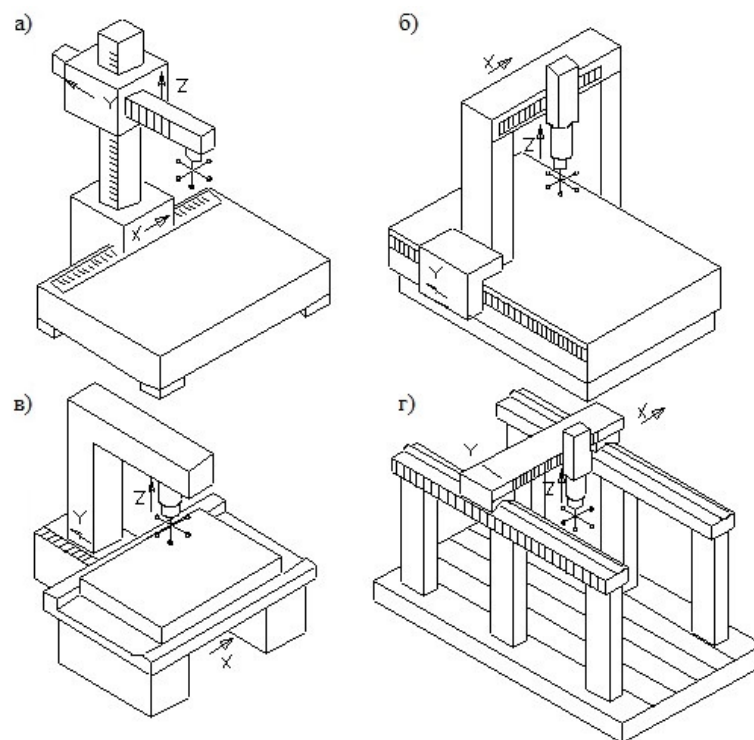


Рисунок 1 – Виды компоновок КИМ

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, на рисунке 2 приведена трехкоординатная измерительная машина «DEA Global» [21].

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

Координатно-измерительные машины 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) [21].

На рисунке 2 изображен общий вид машины трехкоординатной измерительной DEA Global [21].



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

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

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 [30].

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.

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 КИМ порядка микрон, или микрометров, что составляет одну миллионную часть метра [30].

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 [30].

На рисунке 3 представлен общий вид КИМ «CimCore».



Рисунок 3 – Общий вид координатно-измерительной машины «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
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, °C	20 ± 2	20 ± 5
Относительная влажность воздуха, %	90 без конденсации	от 10 до 90 без конденсации

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 [7].

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.

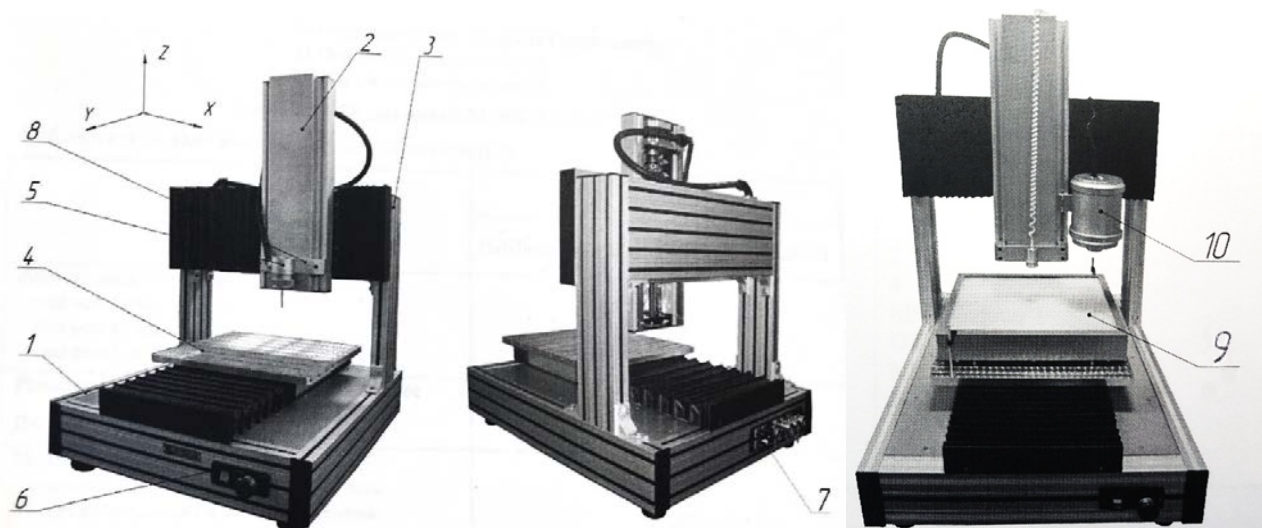


Рисунок 4 – Составные части учебной КИМ модели НИИК-701
 1 – станина; 2 – стойка; 3 – портал; 4 – рабочий стол; 5 – контактная головка;
 6 – передняя панель; 7 – задняя панель; 8 – планка; 9 – осветительное устройство;
 10 – оптический узел

Каркас КИМ изготовлен из упрочненного, термообработанного алюминиевого профиля, что в сочетании с порталной конструкцией обеспечивает большую жесткость прибора [7].

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 [7].

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 [7].

Оптический узел обеспечивает бесконтактные измерения 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].

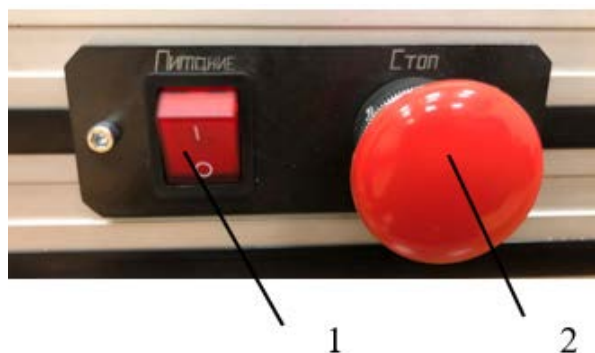


Рисунок 5 – Передняя панель
1 – кнопка включения-выключения; 2 – кнопка аварийная

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 [7].

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].

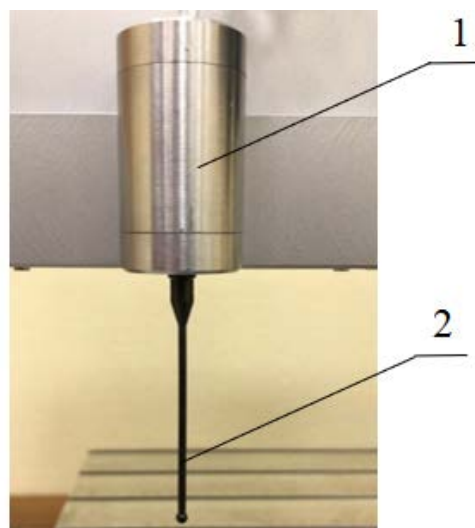


Рисунок 6 – Общий вид контактной измерительной головки
1 – контактная измерительная головка; 2 – измерительный наконечник

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 [7].



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 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 учебной 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 определить отклонения датчика, которые возникают при измерении под разными

ми углами к поверхности. В качестве калибратора выбирается сфера с аттестованным радиусом и отклонением формы не более 0,5 мкм. 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].

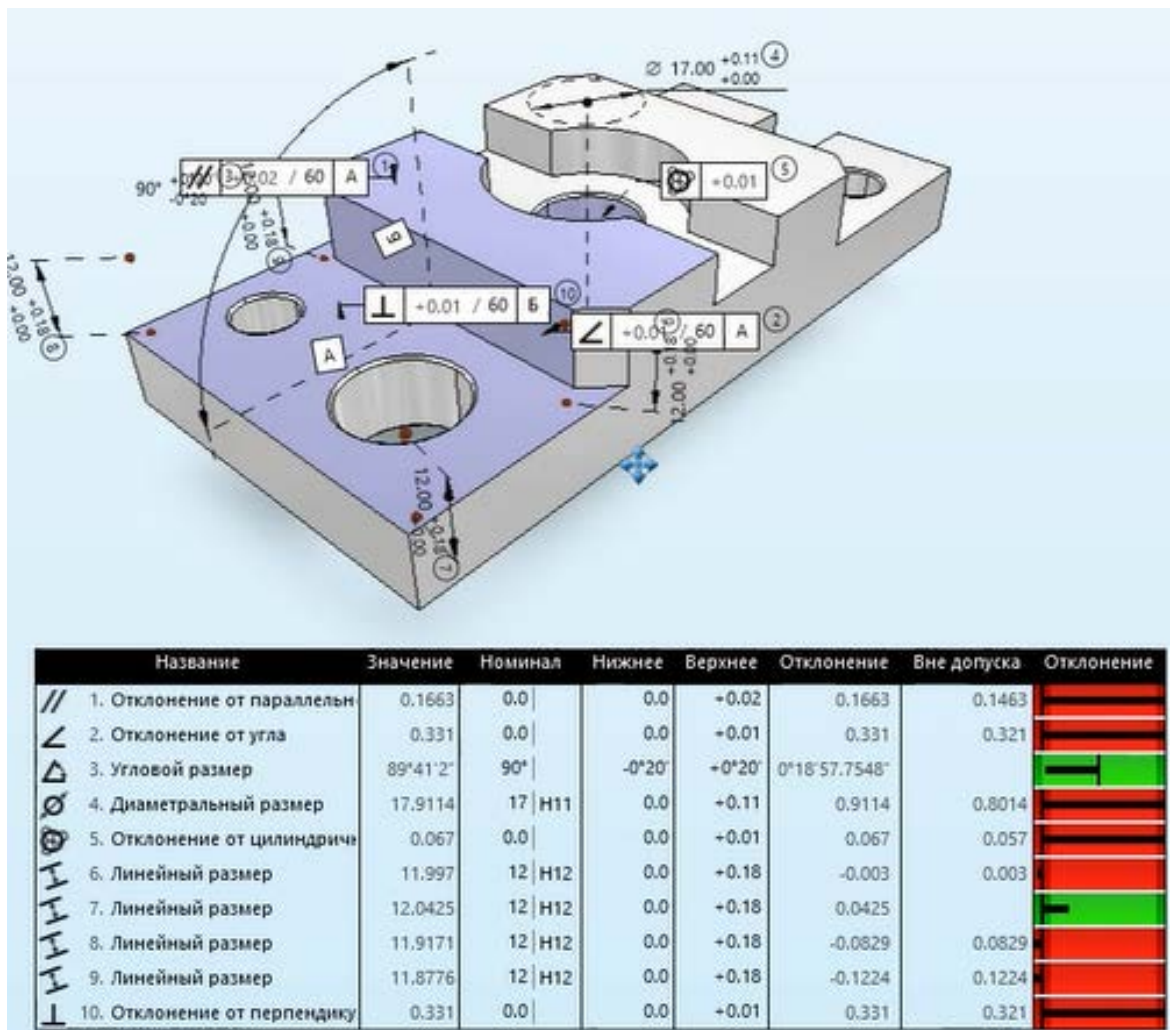


Рисунок 8 – Пример отчета

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 ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Требования, предъявляемые к методическим указаниям

Для того, чтобы лабораторные занятия были эффективны, необходима обязательная подготовка к их проведению, как со стороны преподавателя, так и со стороны студентов. Кафедра в начале семестра или учебного года должна обеспечить обучающихся методическими материалами для своевременной подготовки их к занятиям [16].

Методические указания разрабатываются по составу и выполнению, в данном случае, лабораторных работ, где важно обратить внимание на последовательность действий и соблюдение определенных мер предосторожности. Методические указания раскрывают порядок, логику и акценты изучения какой-либо темы занятия.

Задача методических указаний – показывать наиболее эффективные и рациональные варианты, образцы действий применительно к определенному виду деятельности. В методических указаниях обязательно содержится указание по организации и проведению одной или нескольких конкретных работ, которые иллюстрируют методику или технологию непосредственно на практике [18].

К содержанию методических указаний для студентов по выполнению лабораторных работ предъявляются следующие требования:

- четкость, ясность и краткость изложения;
- доступность изложения информации;
- структурированность описания работы;
- отсутствие готовых решений, допускающих механическое выполнение учебных заданий;
- минимизация затрат времени студента на выполнение рутинных операций;

- оптимальность объема заданий лабораторной работы [18].

Содержание должно быть технически грамотным, включать необходимый иллюстративный материал, поясняющий текст, и представлять студенту возможности для обдумывания, анализа и выполнения самостоятельных действий.

Методические указания должны иметь следующую структуру:

- титульный лист;
- оборотная сторона титульного листа;
- содержание;
- введение;
- пояснительная записка (основная часть);
- список рекомендуемой литературы по данной теме;
- приложения (при необходимости).

Поясним отдельные элементы структуры методических указаний.

Титульный лист методических указаний по выполнению лабораторных работ и практических занятий должен содержать следующие элементы:

- наименование вышестоящей организации (Министерство науки и высшего образования Российской Федерации);
- полное наименование учебного заведения;
- наименование вида издания;
- указание на то, кому адресованы методические указания (педагогам, родителям, кураторам, студентам и т.д.);
- сведения о направлении и профиле подготовки;
- место и год издания методических указаний [16].

Оборотная сторона титульного листа должна включать в себя следующие элементы:

- сведения о составителе(лях): инициалы, фамилия, должность;
- аннотация - краткая характеристика, в данном случае учебного пособия, которая раскрывает содержание методических указаний, новизну, назначение;

– сведения о рассмотрении методических указаний по выполнению лабораторных работ комиссией кафедры и комиссией института с подписью заведующего кафедрой и председателя комиссии с указаниями даты и номера протоколов.

Содержание включает в себя упорядоченный перечень наименований всех структурных элементов сборника методических указаний по выполнению лабораторных работ с указанием номеров страниц, с которых начинается их местоположение в сборнике. Содержание размещается после титульного листа, с этого раздела начинается нумерация страниц.

Введение должно содержать сведения, характеризующие следующее:

- назначение методических указаний;
- роль и место лабораторных работ в ходе подготовки кадров по данному профилю;
- общую цель и задачи выполнения лабораторных работ;
- роль самостоятельной работы студентов в изучении курса;
- укрупненные требования к знаниям и умениям, приобретаемым при выполнении лабораторных работ в соответствии с компетенциями по конкретному направлению подготовки;
- структуру и реферативное содержание сборника;
- условия и особенности выполнения лабораторных работ;
- виды контроля знаний студентов и форму их отчетности.

В **пояснительной записке**, или, по-другому, **основной части**, должно быть представлено описание каждой лабораторной работы. Основная часть определяет содержание, объем и порядок выполнения предусмотренных работ. Каждая лабораторная работа должна включать в себя заголовочную и основную части [18].

Заголовочная часть состоит из следующих элементов:

- указание на организационную форму обучения (в нашем случае лабораторная работа);

- порядковый номер работы;
- формулировка темы;
- цель и задачи (приобретаемые умения, навыки и практический опыт) лабораторной работы;
- перечень обеспечивающих средств, используемых при выполнении работы;
- продолжительность занятия (в академических часах) [18].

Порядковый номер лабораторной работы и количество часов, отведенных на ее выполнение, должны соответствовать рабочей программе. Тема лабораторной работы должна отражать ее преимущественную познавательно-практическую направленность.

Определение цели работы является наиболее трудным и ответственным этапом в разработке методических указаний. В конечном итоге, цель работы определяет в известной степени требования к умениям студентов применять полученные знания на практике, которые должны соответствовать требованиям ФГОС на уровне выпускника.

При невозможности сформулировать единую цель работы допускается формулировка нескольких целей, объединенных логической направленностью.

Задачи лабораторной работы должны указывать на умения, навыки и практический опыт, которые должны быть освоены студентом при ее выполнении.

Обеспечивающие средства должны характеризовать используемые в ходе выполнения работы учебные материалы, технические средства, оборудование.

Основная часть методических указаний по выполнению лабораторной работы должна включать:

- пояснения к работе (теоретические положения), в которых следует отразить краткие теоретические сведения по предлагаемой студенту лабораторной работе. Теоретические положения формируют представление о содержании лабораторной работы; устанавливают требования к уровню знаний и умений, практического опыта необходимых для выполнения заданий лабораторной ра-

боты; раскрывают ее особенности, логику мыслительных и практических операций; могут содержать основы теоретической части;

– контрольные вопросы, при допуске к работе призваны проверить усвоение студентами необходимого теоретического материала. Контрольные вопросы после окончания работы призваны обеспечить самопроверку надежности знаний и умений, приобретенных в ходе выполнения лабораторной работы. Количество и содержание вопросов определяется составителем и должно быть достаточным для проверки знаний, в том числе и на этапе допуска к работе;

– содержание работы, порядок выполнения лабораторной работы должен быть представлен перечнем видов работы, которые необходимо выполнить в ходе занятия для реализации его цели и задач;

– указания по технике безопасности на рабочем месте (общие по всему курсу, но можно включать их в пояснения к каждой работе);

– методические указания по выполнению раскрывают последовательность приемов и методов, которые обеспечивают выполнение заданий по получению, обработке и представлению заданного материала в форме, пригодной для проведения его анализа. В зависимости от целей работы приводятся конкретные инструкции по выполнению работы;

– требования к отчету должны содержать сведения о форме представления результатов работы (рекомендации по их оценке и выработке самостоятельно аргументированных выводов, указывается состав и форма отчета о проделанной работе).

Список рекомендуемой литературы должен содержать сведения о литературе, из которой студент может получить информацию, необходимую для самостоятельной подготовки к выполнению работы.

Приложения могут включать в себя нормативно-справочные материалы, обеспечивающие выполнение работ (технические характеристики аппаратуры, показатели объектов, нормы и нормативы, варианты заданий, чертежи и др.).

Требования к оформлению текста [19]:

- формат А 4;
- ориентация – книжная;
- поля: верхнее, нижнее – 2 см, правое – 1,5, левое – 3 см;
- номера страниц – арабскими цифрами, внизу страницы, выравнивание по центру, титульный лист включается в общую нумерацию, но не нумеруется;
- шрифт – Times New Roman;
- высота шрифта – 12 (14) пунктов;
- красная строка (отступ 1,25 см);
- междустрочный интервал – полуторный;
- выравнивание текста – по ширине.

1. Текст разделяется на разделы в соответствии с последовательностью работ. Им присваиваются порядковые номера и обозначаются арабскими цифрами. Наименования разделов в тексте оформляют в виде заголовков. Заголовок раздела набирается заглавными буквами, шрифт 14, выделяется полужирным, размещается по центру. Основной текст отделяется от заголовка пустой строкой. Заголовки подразделов начинаются с абзаца. Точку в конце заголовков не ставят. Подчеркивать заголовки не следует. Каждый раздел рекомендуется начинать с нового листа;

2. В содержании последовательно перечисляются заголовки разделов и подразделов, если такие имеются, с указанием номеров листов, на которых начинается материал;

3. Иллюстрации обозначаются словом «Рисунок» и нумеруется в порядке их упоминания в тексте;

4. Приложения располагают в самом конце работы в порядке их упоминания в тексте. Каждое приложение начинается с новой страницы. Посередине страницы пишут слово «Приложение» и его обозначают заглавной буквой русского алфавита, например «Приложение А» [19].

2.2 Методика проведения лабораторных работ

Лабораторное занятие - одна из форм организации педагогом учебной деятельности студентов, в которой главное является их практическая деятельность, которая осуществляется на основе специально разработанных заданий в условиях лаборатории или специально оборудованного кабинета [20].

Лабораторные работы могут носить репродуктивный, частично-поисковый и поисковый характер. При планировании лабораторных работ и практических занятий преподавателю необходимо находить оптимальное соотношение репродуктивных, частично-поисковых и поисковых работ, чтобы обеспечить высокий уровень интеллектуальной деятельности студентов.

Работы, носящие репродуктивный характер, отличаются тем, что при их проведении студенты пользуются подробными инструкциями, в которых указаны: цель работы, пояснения (теория, основные характеристики), оборудование, аппаратура, материалы и их характеристика, порядок выполнения работы, таблицы, выводы (без формулировок), контрольные вопросы и специальная литература.

Работы, носящие частично-поисковый характер, отличаются тем, что при их проведении студенты не пользуются подробными инструкциями, им не задан порядок выполнения необходимых действий, от студентов требуется самостоятельный подбор оборудования, выбор способов выполнения работы с помощью инструктивной и справочной литературы [20].

Работы, носящие поисковый характер, отличаются тем, что студенты должны решить новую для них проблему, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания.

Преподаватель осуществляет руководство лабораторной работой в форме инструктирования: вводного, текущего и заключительного.

Методика проведения лабораторных работ, в основном, сводится к следующему [19]:

- сообщение темы и цели работы;

- актуализация теоретических знаний, которые необходимы для рациональной работы с оборудованием, осуществления эксперимента или другой практической деятельности;
- сообщение порядка выполнения лабораторной работы;
- инструктаж по технике безопасности (по необходимости);
- разбор с преподавателем основных и наиболее сложных вопросов, необходимых для освоения темы занятия;
- демонстрация преподавателем методики практических приемов по данной теме;
- ознакомление со способами фиксации полученных результатов и требованиями к отчету;
- проведение лабораторной работы, самостоятельная работа студентов под контролем преподавателя;
- обобщение и систематизация полученных результатов (в виде таблиц, графиков, скриншотов);
- выполнение отчета о проделанной работе;
- подведение итогов занятия.

2.3 Разработка алгоритма проведения лабораторных работ на КИМ

Алгоритм работы на учебной координатно-измерительной машине с числовым программным управлением модели НИИК-701, представленный на рисунке 9, направлен на адаптацию преподавателей кафедры инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и металлургии к обучению студентов на современной учебной КИМ [1].

В последующем ниже тексте данного подраздела будет показана реализация выделенных процессов – элементов алгоритма [1].

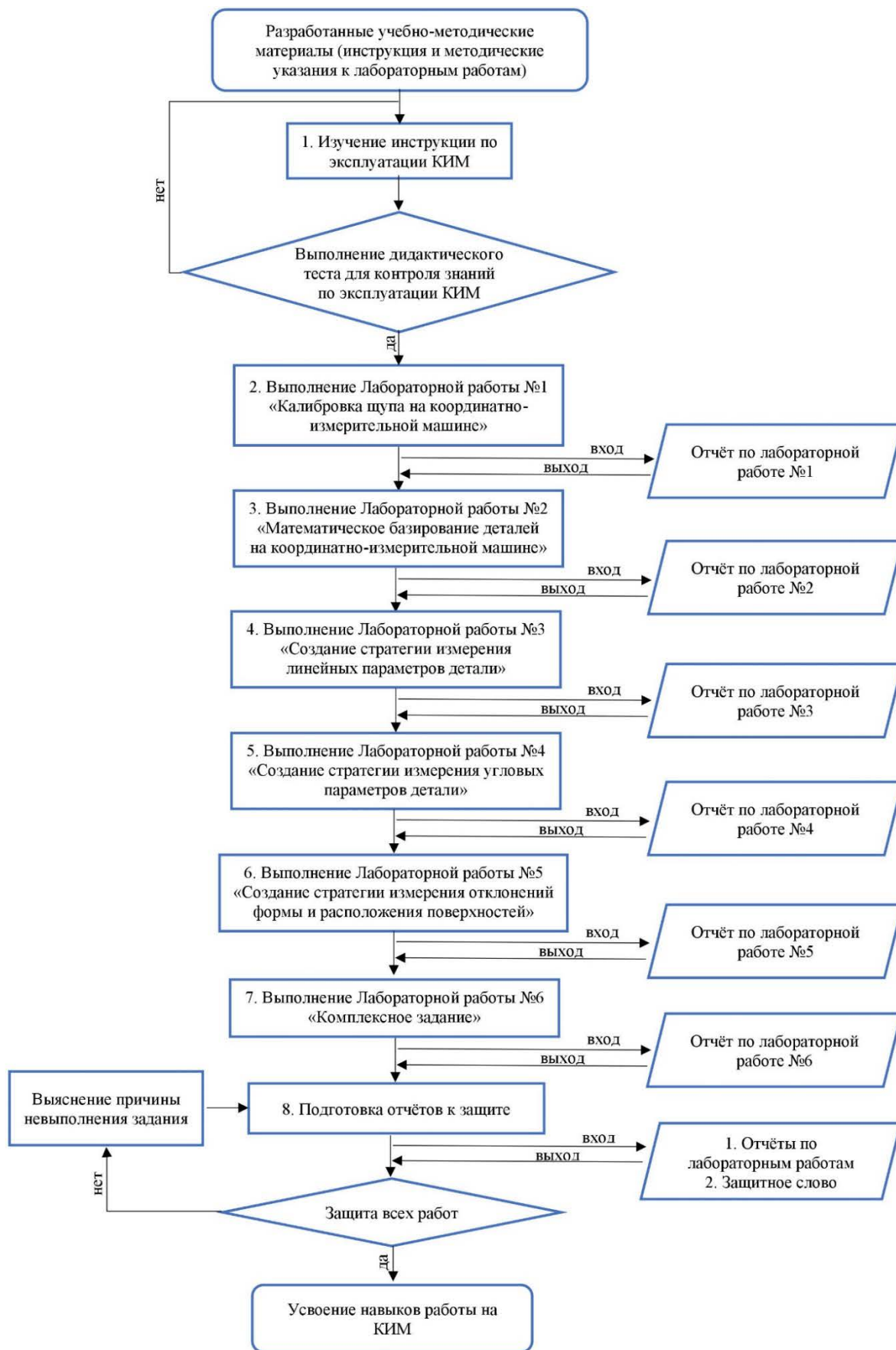


Рисунок 9 - Алгоритм проведения лабораторных работ на учебной координатно-измерительной машине с ЧПУ модели НИИК-701

Предлагаемый 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» [13; 22].

В связи с тем, что учебная КИМ с ЧПУ модели НИИК-701 была установлена на базе института инженерно-педагогического образования РГППУ, возникла необходимость разработать инструкцию по эксплуатации КИМ и по работе с программным обеспечением ТЕХНОКоорд, а также разработать методические указания к лабораторным работам, что и было выполнено. Данные учебно-методические материалы являются «входом» для реализации процессов, входящих в алгоритм [1].

Первый блок алгоритма «Изучение инструкции по эксплуатации КИМ» отвечает за выполнение этого процесса и является первым звеном в изучении студентами работы на координатно-измерительной машине.

Внутри следующего элемента-ромба записывается логическое условие, то есть после изучения инструкции обучающимся необходимо выполнить дидактический тест для контроля знаний по эксплуатации КИМ. Из вершин ромба выходят альтернативные ветви решения. Стрелка «Да», при условии, что тест выполнен на определенное количество баллов, обозначает переход в следующий, второй блок, а стрелка «Нет», если тест не выполнен на определенное количество баллов, обозначает переход к предыдущему блоку для повторного изучения инструкции [1].

Со второго по седьмой блоки алгоритма направлены на выполнение лабораторных работ и усвоение последовательности действий при эксплуатации современных КИМ. После каждой лабораторной работы определен «вход» и «выход». «Вход» отвечает за форму подачи данных, в данном случае, завершение выполнения лабораторной работы предусматривается выполнением отчета. После того, как отчет выполнен, осуществляется переход к следующей работе [1].

Выполнение Лабораторной работы №1 «Калибровка щупа на координатно-измерительной машине» выполняется с целью формирования первичных навыков создания щуповой системы и выполнения калибровки щупа на координатно-измерительной машине, для определения отклонений датчика, которые возникают при измерении под разными углами к поверхности.

Выполнение Лабораторной работы №2 «Математическое базирование деталей на координатно-измерительной машине» проводится для того, чтобы научить студентов выполнять привязку системы координат определенной детали к системе координат КИМ.

Лабораторная работа №3 «Создание стратегии измерения линейных параметров детали» направлена на создание стратегии измерения для элементов, то есть размещения измеряемых точек на поверхности САД-модели измеряемой детали, а также измерения линейных параметров детали. Линейный размер позволяет вывести в отчет расстояние между двумя точками.

Выполнение Лабораторной работы №4 «Создание стратегии измерения угловых параметров детали» также позволяет создать стратегии измерения для элементов и измерить угловые параметры детали. Угловой размер в дальнейшем потребуется также для того, чтобы определить допуск наклона, а также позволяет вывести в отчет угол между двумя плоскостями или между линией и плоскостью.

Шестой блок «Выполнение Лабораторной работы №5 «Создание стратегии измерения отклонений формы и расположения поверхностей» предусматривает создание стратегии для дальнейших измерений и определения отклонений формы и расположения поверхностей.

Седьмой блок «Выполнение Лабораторной работы №6 «Комплексное задание» объединяет между собой все предыдущие лабораторные работы и предусматривает самостоятельное выполнение студентом заданий, представленных в этой работе.

Восьмым блоком алгоритма является подготовка или доработка всех отчетов и защитного слова к дальнейшей защите работ.

Логическим условием следующего элемента-ромба является защита отчетов. Она проводится студентами перед одногруппниками в виде защитного слова, презентации, а также предоставлением преподавателю всех отчетов, объединенных в один документ Microsoft Word в электронном виде. Если по каким-то обстоятельствам студент не предоставляет все, что необходимо для защиты работ, то выясняются причины данных ситуаций. После чего студент возвращается к тому боку алгоритма, где у него наблюдаются «пробелы», а после выполнения всех необходимых работ переходит к восьмому блоку алгоритма.

«Выходом» из алгоритма по работе на учебной координатно-измерительной машине с числовым программным управлением модели НИИК-701 является усвоение студентами умений работы на КИМ [1].

Данный алгоритм описывает порядок действий студента для решения такой проблемы, как умение работать на КИМ. Специалист в области метрологии должен обладать широким спектром знаний для того, чтобы получать надёжные результаты, но большинство выпускников, работа которых связана с измерениями (в нашем случае инженеров по метрологии, контролеров ОТК) приходя на производство знают о КИМ только на теории. Именно поэтому необходимо учитывать это и включать в программу для подготовки специалистов в высших учебных заведениях, колледжах и других образовательных учреждениях обучение на КИМ [1].

3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЧЕБНОЙ КИМ

Выполнение лабораторных работ позволяет сформировать общие профессиональные компетенции при освоении образовательной программы. На лабораторных занятиях обучающиеся овладевают первоначальными профессиональными умениями и навыками, которые в дальнейшем закрепляются и совершенствуются в процессе предполагаемых учебным заведением практик.

При разработке содержания лабораторных занятий следует учитывать, чтобы совокупности по учебной дисциплине и междисциплинарному курсу охватывали весь круг профессиональных умений, на подготовку к которым ориентирована данная дисциплина и междисциплинарный курс, а, в совокупности, по всем учебным дисциплинам и профессиональным модулям, охватывали всю профессиональную деятельность, к которой готовится студент [19].

В соответствии с рабочей программой дисциплины «Технический контроль в машиностроении», которая составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям, у студента, в результате её освоения должны быть сформированы следующие компетенции [24; 31]:

- ПК-5 (способность анализировать профессионально-педагогические ситуации);
- ПК-9 (готовность к формированию у обучающихся способности к профессиональному самовоспитанию);
- ПСК-1 (готовность участвовать в разработке и реализации технологических процессов обработки и контроля деталей машин и механизмов в процессе обучения рабочих, служащих и специалистов среднего звена в области технического регулирования соответствующего квалификационного уровня);

– ПСК-4 (готовность выполнять работы по метрологическому обеспечению производства и образовательного учреждения);

– ПСК-6 (готовность к обучению рабочих, служащих и специалистов среднего звена отраслевым технологиям обработки, сборки и контроля точности деталей машин);

– ПСК-8 (готовность к формированию комплекса учебно-производственных работ при подготовке рабочих, служащих и специалистов среднего звена механосборочного производства);

– ПСК-9 (готовность к отбору и структурированию содержания обще-профессиональных дисциплин и профессиональных модулей для подготовки рабочих, служащих и специалистов среднего звена механосборочного производства).

Исходя из вышеизложенного был отобран теоретический материал и разработаны методические указания для проведения лабораторных работ с использованием учебной КИМ по дисциплине «Технический контроль в машиностроении», а также при реализации дополнительных образовательных программ, которые находятся на стадии разработки.

Данные методические указания приведены в приложении А, которые содержат 66 страниц, 6 лабораторных работ, 25 рисунков, а также 5 таблиц.

3.1 Лабораторная работа №1 «Калибровка щупа на координатно-измерительной машине»

Цель работы: сформировать первичные навыки создания щуповой системы и выполнения калибровки щупа на координатно-измерительной машине.

Задачи работы:

1. Изучить особенности создания щуповой системы, её учетной записи и геометрии;

2. Научиться устанавливать наконечник в измерительную головку и калибровочную сферу на стол;

3. Научиться производить создание щуповой системы, калибровку щупа и определение погрешностей.

Заданием для всех студентов является создание щуповой системы и проведение калибровки щупа в соответствии с теоретическими положениями лабораторной работы №1, представленной в приложении А.

Порядок выполнения лабораторной работы, следующий:

1. Изучить теоретическую часть. Ответить на контрольные вопросы;
2. Включить компьютер с программным обеспечением ТЕХНОкоорд;
3. Запустить программу ТЕХНОкоорд;
4. Подготовить КИМ к работе;
5. Включить КИМ;
6. Выбрать САД-модель детали;
7. Создать щуповую систему;
8. Сделать скриншот созданной щуповой системы;
9. Вкрутить наконечник в измерительную головку;
10. Установить калибровочную сферу на рабочий стол КИМ;
11. Произвести калибровку щупа;
12. Сделать скриншот отчета о калибровке;
13. Проанализировать данные, определенные в результате калибровки;
14. Завершение выполнения лабораторной работы предусматривается выполнением отчета, который должен включать в себя:
 - титульный лист;
 - наименование работы;
 - цель работы;
 - краткое поэтапное описание хода создания щуповой системы, калибровки и получения отчёта о калибровке;
 - скриншоты модели созданной щуповой системы и отчёта о калибровке;
 - вывод по работе.

Ход занятия представлен в приложении Б.

3.2 Лабораторная работа №2 «Математическое базирование детали типа «Корпус» на координатно-измерительной машине»

Цель работы: сформировать первичные навыки выполнения привязки системы координат детали к системе координат КИМ.

Задачи работы:

1. Изучить особенности выполнения привязки системы координат детали к системе координат КИМ по схеме «Привязка 3-2-1»;
2. Научиться устанавливать измеряемую деталь на рабочий стол;
3. Научиться выполнять привязку системы координат детали к системе координат КИМ по схеме «Привязка 3-2-1».

Заданием для всех студентов является осуществление привязки САД-модели в соответствии с теоретическими положениями лабораторной работы №2, представленной в приложении А.

Порядок выполнения лабораторной работы, следующий:

1. Изучить теоретическую часть. Ответить на контрольные вопросы;
2. Изучить чертеж детали типа «Корпус»;
3. Включить компьютер с программным обеспечением ТЕХНОкоорд;
4. Запустить программу ТЕХНОкоорд;
5. Подготовить КИМ к работе;
6. Включить КИМ;
7. Выбрать САД-модель детали;
8. Установить деталь на рабочий стол КИМ;
9. Проверить настройки щуповой системы;
10. Сделать скриншот щуповой системы;
11. Расставить запрещенные зоны;
12. Произвести привязку САД-модели, после чего сделать скриншот;
13. Сделать скриншот редактора после окончания привязки САД-модели;
14. Завершение выполнения лабораторной работы предусматривается выполнением отчета, который должен включать в себя:

- титульный лист;
- наименование работы;
- цель работы;
- краткое поэтапное описание хода математического базирования детали;
- скриншоты щуповой системы и окон редактора до и после привязки CAD-модели;
- вывод по работе.

Ход занятия представлен в приложении Б.

3.3 Лабораторная работа №3 «Создание стратегии измерения линейных параметров деталей»

Цель работы: сформировать первичные навыки создания стратегии измерения линейных размеров по стандартной контактной схеме на КИМ.

Задачи работы:

1. Изучить особенности создания стратегии измерения по стандартной контактной схеме на КИМ;
2. Закрепить умение устанавливать измеряемую деталь на рабочий стол;
3. Закрепить умение выполнять привязку системы координат детали к системе координат КИМ по схеме «Привязка 3-2-1»;
4. Научиться применять методы аппроксимации при координатном измерении линейных параметров деталей.

Данная лабораторная работа предусматривает 10 вариантов заданий. В соответствии с вариантами заданий и теоретическими положениями лабораторной работы в соответствии с теоретическими положениями лабораторной работы №3, представленной в приложении А, изучив чертежи деталей, студентам необходимо измерить один диаметральный размер, то есть одно из отверстий детали и один линейный размер.

Порядок выполнения лабораторной работы, следующий:

1. Изучить теоретическую часть. Ответить на контрольные вопросы;
2. Изучить требования чертежа детали в соответствии с вариантами;

3. Включить компьютер с программным обеспечением ТЕХНОкоорд;
4. Запустить программу ТЕХНОкоорд;
5. Подготовить КИМ к работе;
6. Включить КИМ;
7. Выбрать САД-модель детали;
8. Установить деталь на рабочий стол КИМ;
9. Проверить настройки щуповой системы;
10. Произвести привязку САД-модели;
11. Создать стратегию измерения элементов детали;
12. Построить маршрут измерения;
13. Сделать скриншот маршрута измерения;
14. Расставить запрещенные зоны;
15. Создать отчет и расставить размерные параметры;
16. Выполнить измерения;
17. Сделать скриншот модели детали с выбранными параметрами контроля и таблицы параметров контроля;
18. Сохранить отчет;
19. Завершение выполнения лабораторной работы предусматривается выполнением отчета, который должен включать в себя:
 - титульный лист;
 - наименование работы;
 - цель работы;
 - краткое поэтапное описание создания стратегии измерения;
 - скриншоты маршрута измерения детали, модели детали с выбранными параметрами контроля и таблицы параметров после измерения;
 - вывод по работе.

Ход занятия представлен в приложении Б.

3.4 Лабораторная работа №4 «Создание стратегии измерения угловых параметров деталей»

Цель работы: сформировать первичные навыки создания стратегии измерения угловых размеров по стандартной контактной схеме на КИМ.

Задачи работы:

1. Закрепить умение создания стратегии измерения по стандартной контактной схеме на КИМ;
2. Закрепить умение выполнять привязку системы координат детали к системе координат КИМ по схеме «Привязка 3-2-1»;
3. Научиться применять методы аппроксимации при координатном измерении угловых параметров деталей.

Данная лабораторная работа предусматривает 2 варианта заданий. В соответствии с вариантами заданий и теоретическими положениями лабораторной работы №4, представленной в приложении А, изучив чертежи деталей, студентам необходимо измерить заданные углы детали.

Порядок выполнения лабораторной работы, следующий:

1. Изучить теоретическую часть. Ответить на контрольные вопросы;
2. Изучить требования чертежа детали;
3. Включить компьютер с программным обеспечением ТЕХНОкоорд;
4. Запустить программу ТЕХНОкоорд;
5. Подготовить КИМ к работе;
6. Включить КИМ;
7. Выбрать САД-модель детали;
8. Установить деталь на рабочий стол КИМ;
9. Проверить настройки щуповой системы;
10. Произвести привязку САД-модели;
11. Создать стратегию измерения элементов детали;
12. Построить маршрут измерения;
13. Сделать скриншот маршрута измерения;
14. Расставить запрещенный зоны;

15. Создать отчёт и расставить размерные параметры;
16. Выполнить измерение;
17. Сделать скриншот модели детали с выбранными параметрами контроля и таблицы параметров контроля;
18. Сохранить отчет;
19. Завершение выполнения лабораторной работы предусматривается выполнением отчета, который должен включать в себя:
 - титульный лист;
 - наименование работы;
 - цель работы;
 - краткое поэтапное описание создания стратегии измерения;
 - скриншоты маршрута измерения детали, модели детали с выбранными параметрами контроля и таблицы параметров после измерения;
 - вывод по работе.

Ход занятия представлен в приложении Б.

3.5 Лабораторная работа №5 «Создание стратегии измерения отклонений формы и расположения поверхностей»

Цель работы: сформировать первичные навыки создания стратегии измерения отклонений формы и расположения поверхностей по стандартной контактной схеме на КИМ.

Задачи работы:

1. Закрепить умение создания стратегии измерения по стандартной контактной схеме на КИМ;
2. Закрепить умение выполнять привязку системы координат детали к системе координат КИМ по схеме «Привязка 3-2-1»;
3. Научиться применять методы аппроксимации при координатном измерении отклонений формы и расположения поверхностей.

Данная лабораторная работа предусматривает 10 вариантов заданий. В соответствии с вариантами заданий и теоретическими положениями лаборатор-

ной работы №5, представленной в приложении А, изучив чертежи деталей, студентам необходимо измерить заданное отклонение от цилиндричности, отклонение от параллельности, отклонение от наклона и отклонение от перпендикулярности.

Порядок выполнения лабораторной работы, следующий:

1. Изучить теоретическую часть. Ответить на контрольные вопросы;
2. Изучить требования чертежа детали в соответствии с вариантами;
3. Включить компьютер с программным обеспечением ТЕХНОкоорд;
4. Запустить программу ТЕХНОкоорд;
5. Подготовить КИМ к работе;
6. Включить КИМ;
7. Выбрать САД-модель детали;
8. Установить деталь на рабочий стол КИМ;
9. Проверить настройки щуповой системы;
10. Произвести привязку САД-модели;
11. Создать стратегию измерения элементов детали;
12. Построить маршрут измерения;
13. Сделать скриншот маршрута измерения;
14. Расставить запрещенный зоны;
15. Создать отчет и расставить размерные параметры;
16. Выполнить измерение;
17. Сделать скриншот модели детали с выбранными параметрами контроля и таблицы параметров контроля;
18. Сохранить отчет;
19. Завершение выполнения лабораторной работы предусматривается выполнением отчета, который должен включать в себя:
 - титульный лист;
 - наименование работы;
 - цель работы;
 - краткое поэтапное описание создания стратегии измерения;

– скриншоты маршрута измерения детали, модели детали с выбранными параметрами контроля и таблицы параметров после измерения;

– вывод по работе.

Ход занятия представлен в приложении Б.

3.6 Лабораторная работа №6 «Комплексное задание»

Цель работы: закрепить навыки проведения измерений по стандартной контактной схеме на КИМ.

Задачи работы:

1. Закрепить умение создания стратегии измерения по стандартной контактной схеме на КИМ;

2. Закрепить умение выполнять привязку системы координат детали к системе координат КИМ по схеме «Привязка 3-2-1»;

3. Закрепить умение применять методы аппроксимации при координатном измерении линейных параметров;

4. Закрепить умение применять методы аппроксимации при координатном измерении угловых параметров;

5. Закрепить умение применять методы аппроксимации при координатном измерении отклонений формы и расположения поверхностей.

Данная лабораторная работа предусматривает 8 вариантов заданий. В соответствии с вариантами заданий и теоретическими положениями лабораторной работы №6 представленной в приложении А, изучив чертежи деталей, студентам необходимо выполнить подготовку к измерениям, то есть настройку щуповой системы, калибровку, привязку САД-модели детали, а затем измерить одно из заданных отверстий детали, один линейный размер, один угловой размер, отклонение от цилиндричности, отклонение от параллельности и отклонение от перпендикулярности.

Порядок выполнения лабораторной работы, следующий:

1. Изучить теоретическую часть. Ответить на контрольные вопросы;

2. Изучить требования чертежа детали в соответствии с вариантами;

3. Включить компьютер с программным обеспечением ТЕХНОкоорд;
4. Запустить программу ТЕХНОкоорд;
5. Подготовить КИМ к работе;
6. Включить КИМ;
7. Выбрать САД-модель детали;
8. Установить деталь на рабочий стол КИМ;
9. Проверить настройки щуповой системы;
10. Произвести привязку САД-модели;
11. Создать стратегию измерения элементов детали;
12. Построить маршрут измерения;
13. Сделать скриншот маршрута измерения;
14. Расставить запрещенный зоны;
15. Создать отчет и расставить размерные параметры;
16. Выполнить измерение;
17. Сделать скриншот модели детали с выбранными параметрами контроля и таблицы параметров контроля;
18. Сохранить отчет;
19. Завершение выполнения лабораторной работы предусматривается выполнением отчета, который должен включать в себя:
 - титульный лист;
 - наименование работы;
 - цель работы;
 - краткое поэтапное описание работы;
 - скриншоты маршрута измерения детали, модели детали с выбранными параметрами контроля и таблицы параметров после измерения;
 - вывод по работе.

3.7 Оценка эффективности обучения на учебной КИМ

Оценка эффективности обучения является важным этапом процесса обучения. Ее смысл состоит в том, чтобы установить, какую пользу от обучения по-

лучают студенты, или выяснить, является ли одна форма обучения более эффективной, чем другая [16].

Информацию, полученную в результате оценки эффективности, необходимо анализировать и использовать в будущем. Оценка эффективности обучения обучающихся позволяет постоянно работать над повышением качества обучения, избавляясь от таких учебных программ и форм обучения, которые не оправдали возложенных на них надежд. В идеале, оценку эффективности обучения следует производить постоянно.

Оценка эффективности обучения может проводиться с помощью тестов, опросных листов (карточек обратной связи), заполняемых обучающимися, экзаменов, зачетов. Оценивать эффективность обучения могут как сами обучающиеся, так и специалисты отделов обучения или преподаватели.

Можно выделить несколько критериев, обычно используемых при оценке эффективности обучения:

- мнение обучающихся;
- усвоение учебного материала;
- поведенческие изменения.

Выяснение мнения обучающихся о проведенной лабораторной работе, по которой они только что прошли обучение, о ее полезности, интересности является принятой практикой. Это предполагает выяснение их мнения по следующим вопросам [16]:

- содержание занятия (насколько интересно, практическая ценность, доступность для понимания);
- качество преподавания (квалификация преподавателя, стиль преподавания, используемые методы обучения);
- общие условия и обстановка во время обучения (физические условия, отсутствие отвлечений, комфортность и т.д.);
- степень достижения целей обучения (соответствие ожиданиям слушателей, готовность слушателей использовать результаты обучения в дальнейшем).

Еще одним ценным источником информации об отношении слушателей к занятию или учебному курсу в целом, может быть неформальное общение со студентами и наблюдение за ними как во время занятий, так и в перерывах, и после окончания занятий. Замечания, комментарии, вопросы, задаваемые во время перерывов или в конце занятия, обычно отражают общее отношение слушателей к преподавателю и к содержанию курс.

Чтобы оценить степень усвоения обучающимися учебного материала преподаватель должен ответить на два главных вопроса:

1. Что должен уметь делать обучающийся, чтобы продемонстрировать, что он усвоил тему/предмет?

2. Что должен знать обучающийся? На какие вопросы он должен быть способен дать ответы?

Именно полнота усвоения знаний и прочность приобретенных навыков являются теми показателями, на основе которых оценивается успех обучения.

Оценить полноту усвоения учебного материала можно при помощи устных опросов, контрольных работ, тестирования, устных или письменных зачетов и экзаменов. Как письменная, так и устная форма проверки знаний предполагает, что обучающимся задают разнообразные вопросы.

Наиболее эффективной формой оценки полноты усвоения учебного материала для системы профессионального образования является подготовка студентами выступлений в виде защиты своей работы [16].

Оценка эффективности обучения на учебной КИМ связана с выполнением последней, шестой лабораторной работы. Данная работы предусматривает самостоятельное выполнение задания в соответствии с вариантом.

После выполнения завершающей лабораторной работы, студенту необходимо доработать, оформить в соответствии с требованиями, представленными в методических указаниях и объединить все ранее сделанные отчеты в единый документ Microsoft Word для того, чтобы предоставить отчет о работах на проверку преподавателю. Следующим шагом является зачет в виде защиты выполненных отчетов. Она проводится студентами перед одногруппниками в виде

защитного слова, презентации и ответов на вопросы студентов, а также преподавателя.

По итогам защиты студенту выставляются баллы, в соответствии с положением о рейтинговой системе РГППУ [23]. Положение предусматривает:

– 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, за выполнение лабораторных работ, тестирования 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.).

Положительная оценка на экзамене/зачете определена в интервале от 10 до 30 баллов:

– 10 баллов – «удовлетворительно». Выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями. Студент ответил на контрольные вопросы с замечаниями. Студент демонстрирует неглубокие теоретические знания, проявляет слабо сформированные навыки анализа явлений и процессов, недостаточное умение делать аргументированные выводы, показывает недостаточно свободное владение речью, терминологией, логичностью и последовательностью изложения, делает ошибки, которые может исправить только при коррекции преподавателем;

– 20 баллов – «хорошо». Выполнены все задания лабораторной работы. Студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями. Студент демонстрирует прочные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, показывает свободное владение монологической речью, но при этом делает несущественные ошибки, которые быстро исправляет самостоятельно или при незначительной коррекции преподавателем;

– 30 баллов – «отлично». Выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы. Студент демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, показывает сво-

бодное владение монологической речью и способность быстро реагировать на уточняющие вопросы [23].

Максимальная итоговая сумма рейтинговых баллов равняется 100 за работу в семестре. Итоговая оценка по дисциплине с экзаменом или дифференцированным зачетом выставляется с учетом работы в семестре и результатов экзамена/дифференцированного зачета (баллы суммируются) в соответствии со следующей шкалой [23]:

- 0-55 – «неудовлетворительно»;
- 55-70 баллов – «удовлетворительно»;
- 71-85 баллов – «хорошо»;
- 86-100 баллов – «отлично».

4 РАЗРАБОТКА ВИДЕОУРОКОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЧЕБНОЙ КИМ

В современном мире человек окружен всевозможными информационными технологиями: компьютеры, ноутбуки, планшеты, электронные книги и смартфоны. Все это делает нашу жизнь разнообразной и более удобной [10].

Современные студенты – это поколение высоких технологии, бумажные носители становятся им неинтересны и, зачастую, непонятны. Поэтому, педагогу необходимо учиться подстраиваться под изменяющуюся действительность, учиться использовать цифровые технологии, в процессе преподавания той или иной дисциплины.

Видеоурок может быть двух типов:

1. Когда учащиеся смотрят обучающее видео от 5 до 15 минут, где сначала им рассказывается теория (новые материал, правильная последовательность действий, возможно, вводится новая лексика по теме занятия), а затем приводятся примеры, происходит демонстрация какого-либо действия. Данный метод предполагает самостоятельную работу учителя на всех этапах подготовки. Педагогу необходимо иметь специальную программу для записи видео и уметь ей пользоваться (например, это можно делать в программе Sony Vegas Pro 13.01), уметь грамотно составлять презентации в PowerPoint, с помощью программы Bandicam записывать происходящее на экране компьютера - это ляжет в основу видеоролика, озвучивать подготовленный материал таким образом, чтобы теоретическая часть была доступна и понятна студентам [10];

2. Когда во время занятия обучающиеся смотрят небольшие видеоролики (фрагменты из художественных и документальных фильмов, научно-познавательных программ), которые носят познавательных характер (расширение материала, закрепление повторение). После просмотра, чаще всего, студенты выполняют ряд коммуникативных заданий.

При использовании такого типа видеоурока преподавателю необходимо подобрать фрагменты видео, подходящие по смысловому содержанию урока

и изучаемого учащимися материала, то есть создавать видео самому не нужно [10].

Несмотря на то, что видеоурок – это всего лишь фрагмент занятия, во время которого студент получает ту или иную информацию посредством цифрового носителя, учится ее воспринимать и адекватно применять при выполнении задания, видеоурок – это метод, который повышает интерес к изучаемому предмету и дает возможность качественно улучшить свои результаты.

В выпускной квалификационной работе разработано 5 видеоуроков для проведения следующих лабораторных работ с использованием учебной КИМ:

1. Лабораторная работа №1 «Калибровка щупа на координатно-измерительной машине»;

2. Лабораторная работа №2 «Математическое базирование деталей типа «Корпус» на координатно-измерительной машине»;

3. Лабораторная работа №3 «Создание стратегии измерения линейных параметров деталей»;

4. Лабораторная работа №4 «Создание стратегии измерения угловых параметров деталей»;

5. Лабораторная работа №5 «Создание стратегии измерения отклонений формы и расположения поверхностей».

Шестая, завершающая лабораторная работа «Комплексное задание» не предусматривает видеоурока, так как данная работа должна быть сделана студентом самостоятельно, на основе уже выполненных лабораторных работ.

Несмотря на трудоемкость и время, потраченное на подготовку материала, данный вид обучения оправдывает себя на занятиях. Интересная подача нового материала способствует росту его усвоения.

Разработанные видеоуроки позволяют обучающимся воспринять новую для них информацию и применить ее при выполнении лабораторных работ, а также помогут преподавателям в процессе проведения занятий.

5 РЕЗУЛЬТАТЫ АПРОБАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЧЕБНОЙ КИМ

Апробация проведения лабораторных работ с использованием учебной координатной-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».

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

На дисциплине «Технический контроль в машиностроении» обучающиеся были предварительно ознакомлены с инструкцией по эксплуатации учебной КИМ, после чего прошли дидактический тест для контроля знаний и допуска к работе на КИМ.

После приветствия обучающихся, проверки их готовности к занятию, проверки присутствующих и сообщении темы занятия, проводилась актуализация знаний.

Затем студенты получили методические указания и приступили к изучению теоретических положений по предстоящей лабораторной работе, после чего ответили на контрольные вопросы для допуска к работе, которые призваны проверить усвоение необходимого изученного теоретического материала.

Далее, обучающимся был показан видеоурок по соответствующей лабораторной работе, была проведена демонстрация работы на КИМ, затем студенты выбирали свой вариант (если это предусматривается лабораторной работой) и приступали к выполнению задания.

В процессе выполнения, большую часть работы студенты выполняли самостоятельно. Мы контролировали выполнение работы и, при необходимости, оказывали помощь. Им был интересен процесс измерения деталей с помощью современного средства измерения – КИМ. Студенты достаточно быстро и про-

сто проанализировали незамедлительно полученные результаты, так как им не пришлось считать отклонения и итоговый результат вручную, потому что программа выдает уже готовый и наглядный отчет. Завершение выполнения лабораторной работы предусматривается выполнением отчета о проделанной работе.

Вопросы, замечания и комментарии, о которых говорили обучающиеся, помогли нам усовершенствовать методические указания для того, чтобы они стали более понятны при обучении.

В целом, проведенные лабораторные работы были полезны и интересны студентам. Психологические и эмоциональные реакции обучающихся носили позитивный характер. Им понравился настолько автоматизированный и инновационный характер контроля параметров деталей.

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

По итогам выполнения выпускной квалификационной работы разработаны методические указания для проведения лабораторных работ с использованием учебной координатно-измерительной машины.

В результате проделанной работы были выполнены поставленные задачи.

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 лабораторных работ. Определены требования, предъявляемые к методическим указаниям, а именно к структуре и к содержанию. Методические указания должны быть четкими, ясными и доступными для студентов, описание заданий должно быть структурировано и оптимально по объему. Также, раскрыто понятие лабораторной работы и проанализирована методика ее проведения.

Разработан алгоритм проведения лабораторных работ на учебной КИМ, который направлен на адаптацию преподавателей кафедры инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и металлургии к 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 обучение студентов работе на КИМ.

Разработаны методические указания для проведения лабораторных работ с использованием учебной КИМ по дисциплине «Технический контроль в машиностроении», а также при реализации дополнительных образовательных программ, которые находятся на стадии разработки. Данные методические указания включают в себя шесть лабораторных работ:

1. Лабораторная работа №1 «Калибровка щупа на координатно-измерительной машине»;
2. Лабораторная работа №2 «Математическое базирование деталей типа «Корпус» на координатно-измерительной машине»;
3. Лабораторная работа №3 «Создание стратегии измерения линейных параметров деталей»;
4. Лабораторная работа №4 «Создание стратегии измерения угловых параметров деталей»;

5. Лабораторная работа №5 «Создание стратегии измерения отклонений формы и расположения поверхностей»;

6. Лабораторная работа №6 «Комплексное задание».

Также, разработано пять видеоуроков для проведения лабораторных работ, которые позволят обучающимся воспринять новую для них информацию и применить ее на практике, а также помогут преподавателям в процессе проведения занятий. Шестая, завершающая лабораторная работа не предусматривает видеоурока, так как она должна быть сделана студентом самостоятельно, на основе уже выполненных лабораторных работ.

Определены критерии оценки эффективности обучения на КИМ и в ходе апробации проверена результативность разработанных методических указаний. Проведенные лабораторные работы были полезны и интересны студентам. Психологические и эмоциональные реакции обучающихся носили позитивный характер. Им понравился настолько автоматизированный и инновационный характер контроля параметров деталей. Вопросы, замечания и комментарии, о которых говорили обучающиеся, помогли нам усовершенствовать методические указания для того, чтобы они стали более понятны при обучении.

Таким образом, проделанная работы должна помочь студентам освоить работу на учебной координатно-измерительной машине, а также приобрести новые компетенции, предусмотренные учебной программой, для будущего выполнения своих трудовых функций, как на предприятиях, при техническом контроле, так и в образовательных учреждениях, при обучении студентов.

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. 30-34.
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 эконо-

мическом 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. Режим доступа: http://konkursidei.ru/publikaciya_materialov/katalog_publicacij/ (Дата обращения: 03.05.2019).

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. Гатовская Д. А. Видеоурок — новый метод обучения [Текст] // Педагогика: традиции и инновации: материалы VI Междунар. науч. конф. (г. Челябинск, февраль 2015 г.). – Челябинск: Два комсомольца, 2015. – С. 126-127. – Режим доступа: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/147/7124/> (Дата обращения: 04.06.2019).

11. 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: 31.05.2019).

12. 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/1200009548> (Дата обращения: 03.06.2019).

13. ГОСТ ИСО 9001-2011. Системы менеджмента качества. Требования [Электронный ресурс]. – Введ. 2011-12-22 // Техэксперт: электронный фонд правовой и нормативно–технической документации – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-iso-9001-2011> (Дата обращения: 03.06.2019).

14. 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. 2015-08-10. – М.: Стандартиформ, 2015 г. – 89 с. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200123255> (Дата обращения: 31.05.2019).

15. 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.

16. Звонников В.И. Современные средства оценивания результатов обучения: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 224 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. Малькова Л.А. Что такое методическая разработка и требования, предъявляемые к ней. Как написать методическую разработку / – М.: ГАПОУ МОК им. В. Талалихина. 2014 – 26 с.

19. Методическое пособие по разработке и оформлению методических указаний для студентов по выполнению лабораторных и практических работ [Текст]: методические рекомендации для преподавателей / О.В. Курбатова, Л.Б. Красноперова, С.А. Солдатенко. - п. Металлплощадка, 2017, 28с.

20. 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-т, 2010. 148 с.

21. Описание типа средств измерения. Машины трехкоординатные измерительные DEA Global [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: http://tps.faculty.ifmo.ru/infiles/dea_gb_050705_63813.pdf (Дата обращения: 31.05.2019).

22. Процессный подход [Электронный ресурс] // Менеджмент качества. – 2019. – Режим доступа: http://www.kpms.ru/General_info/Process_approach.htm (Дата обращения: 03.06.2019).

23. 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).

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

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

26. Российская Федерация. Законы. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» [Электронный ресурс]. – Введ. 2008–12–30 // Техэксперт: электронный фонд правовой и нормативно–технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902107146> (Дата обращения: 03.06.2019).

27. Российская Федерация. Законы. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Введ. 2012–12–29 // Техэксперт: электронный фонд правовой и нормативно–технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902389617> (Дата обращения: 03.06.2019).

28. Слепцов В. В. Информационно-измерительные и управляющие системы координатно-измерительных машин и измерительных роботов. Концепция

проектирования: монография / В. В. Слепцов, А. В. Тихонравов, Р. Ю. Курдюков; под ред. Слепцова В. В. – М.: МГУПИ, 2008. – 95 с.

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

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

31. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям) [Электронный ресурс]: утвержден приказом Минобрнауки России от 22 февраля 2018г., № 124 // Официальный сайт компании «КонсультантПлюс». КонсультантПлюс: справочно-правовая система. – 2019 – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_293565/ (Дата обращения: 31.05.2019).

32. 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).

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

**ПРИЛОЖЕНИЕ А – Методические указания для выполнения
лабораторных работ с использованием учебной 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
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения
в машиностроении и металлургии

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для выполнения лабораторных работ
с использованием учебной координатно-измерительной машины

для студентов всех форм обучения
направления подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
профиля подготовки «Машиностроение и материалобработка»

Екатеринбург
РГППУ
2019

Методические указания для выполнения лабораторных работ с использованием учебной координатно-измерительной машины. Екатеринбург, ФГАОУ ВО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2019. 66 с.

В настоящих методических указаниях приведены исходные теоретические положения и описание лабораторных работ с использованием учебной координатно-измерительной машины.

Предназначены для студентов всех форм обучения, обучающихся по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям) и профилю подготовки «Машиностроение и материалобработка», а также преподавателям дисциплины «Технический контроль в машиностроении».

Составитель: канд. тех. наук, доцент Г.Н. Мигачева
студент Е.А. Бирюкова

Одобрены на заседании кафедры инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и металлургии.

Протокол от _____ 2019 г., № ____.

Заведующий кафедрой
инжиниринга и профессионального
обучения в машиностроении и
металлургии

Б.Н. Гузанов

Рекомендованы к печати научно-методической комиссией Институт инженерно-педагогического образования РГППУ.

Протокол от _____ 2019 г., № ____.

Председатель научно-
методической комиссии

А.О. Прокубовская

Директор Института
ИПО

Е.В. Чубаркова

© ФГАОУ ВО «Российский
государственный профессионально-
педагогический университет», 2019
© Бирюкова Е.А., Мигачева Г.Н. 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	70
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 КАЛИБРОВКА ЩУПА НА КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ.....	71
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ БАЗИРОВАНИЕ ДЕТАЛИ ТИПА «КОРПУС» НА КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ	81
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 СОЗДАНИЕ СТРАТЕГИИ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ.....	88
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 СОЗДАНИЕ СТРАТЕГИИ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ.....	100
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 СОЗДАНИЕ СТРАТЕГИИ ИЗМЕРЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ.....	108
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6 КОМПЛЕКСНОЕ ЗАДАНИЕ	115
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	122
ПРИЛОЖЕНИЕ А - Образец оформления титульного листа отчёта	124
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Чертеж детали типа «Корпус».....	126
ПРИЛОЖЕНИЕ В – Чертеж детали типа «Корпус» для лабораторной работы №3	127
ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Чертеж детали типа «Крышка» для лабораторной работы №3	128
ПРИЛОЖЕНИЕ Д – Чертеж детали типа «Корпус» для лабораторной работы №4.....	129
ПРИЛОЖЕНИЕ Е – Чертеж детали типа «Крышка» для лабораторной работы №4.....	130
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж – Чертеж детали типа «Корпус» для лабораторной работы №5.....	131
ПРИЛОЖЕНИЕ К - Чертеж детали типа «Крышка» для лабораторной работы №5.....	132
ПРИЛОЖЕНИЕ Л - Чертеж детали типа «Корпус» для лабораторной работы №6.....	133
ПРИЛОЖЕНИЕ М - Чертеж детали типа «Крышка» для лабораторной работы №6.....	134

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 позволяют обучающимся получить практические навыки работы с современными КИМ, закрепить теоретические знания, научиться проектировать эффективные процессы технического контроля.

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 РГППУ. В связи с этим, возникла необходимость разработать методические указания для выполнения лабораторных работ с использованием учебной координатно-измерительной машины.

В настоящих методических указаниях приведены исходные теоретические положения и описание лабораторных работ с использованием учебной КИМ. Они должны помочь студентам освоить работу на учебной КИМ, а также приобрести новые компетенции, предусмотренные учебной программой, для будущего выполнения своих трудовых функций, как на предприятия, при техническом контроле, так и в образовательных учреждениях, при обучении студентов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

КАЛИБРОВКА ЩУПА НА КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ

Цель работы: сформировать первичные навыки создания щуповой системы и выполнения калибровки щупа на координатно-измерительной машине.

Задачи работы:

1. Изучить особенности создания щуповой системы, её учетной записи и геометрии;
2. Научиться устанавливать наконечник в измерительную головку и калибровочную сферу на стол;
3. Научиться производить создание щуповой системы, калибровку щупа и определение погрешностей.

Обеспечивающие средства:

- инструкция по эксплуатации координатно-измерительной машины с числовым программным управлением модели НИИК-701;
- методические указания для выполнения лабораторной работы;
- персональный компьютер с программным обеспечением ТЕХНОкоорд;
- координатно-измерительная машина с числовым программным управлением модели НИИК-701.

Работа рассчитана на 4 академических часа.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 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).

Чтобы открыть щуповую систему, следует нажать «Настройка» → «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. 1).

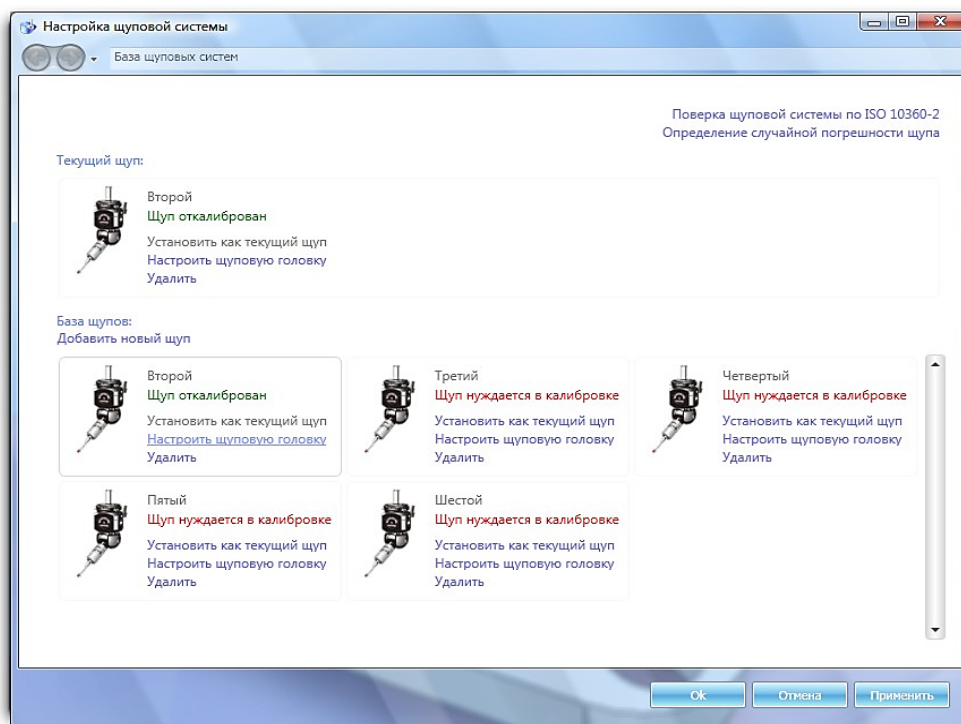


Рисунок 1 – Окно со списком щупов

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 (рис. 2). Чтобы удалить щуп следует нажать на кнопку «Удалить», учетная запись исчезнет из списка.

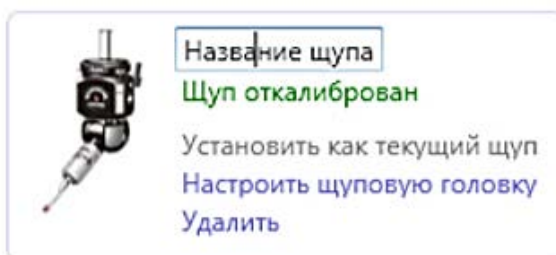


Рисунок 2 – Редактирование названия щупа

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 3 - Учетная запись щупа

Надпись «Система откалибрована» означает, что наконечники щупа настроены и откалиброваны, а надпись «Система не откалибрована» означает, что не все наконечники 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. 4).

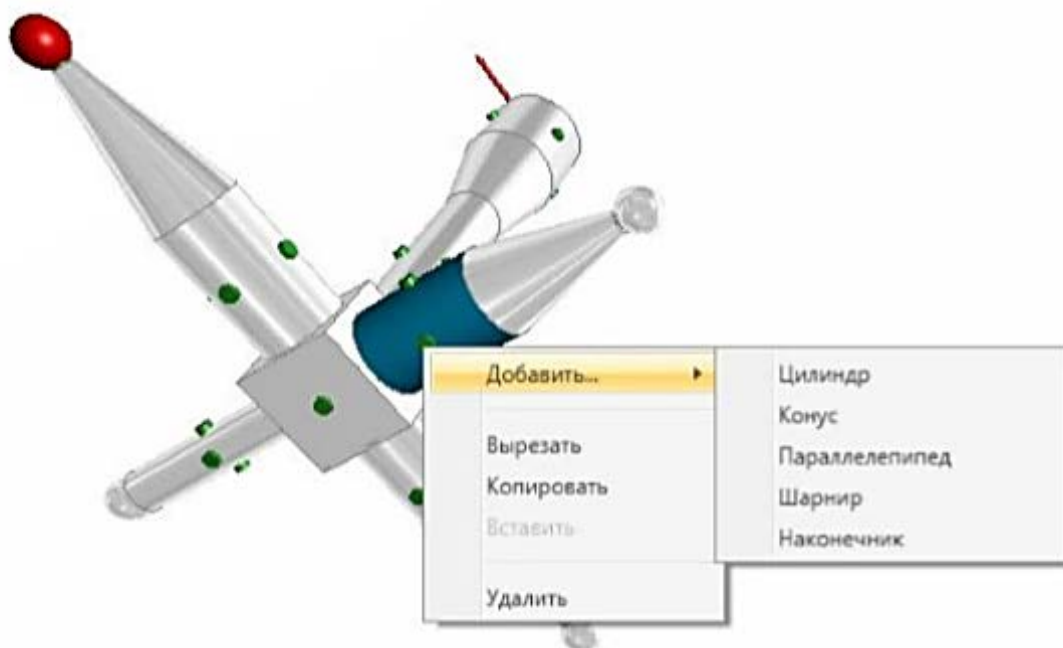


Рисунок 4 - Контекстное меню редактора геометрии щуповой системы

Чтобы добавить первый элемент - цилиндр, следует вызвать контекстное меню, щёлкнув в любом месте и выбрать «Добавить... → Цилиндр» (если цилиндр уже добавлен, то по нему необходимо сразу щелкнуть и указать его высоту и диаметр). 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.

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. 5).

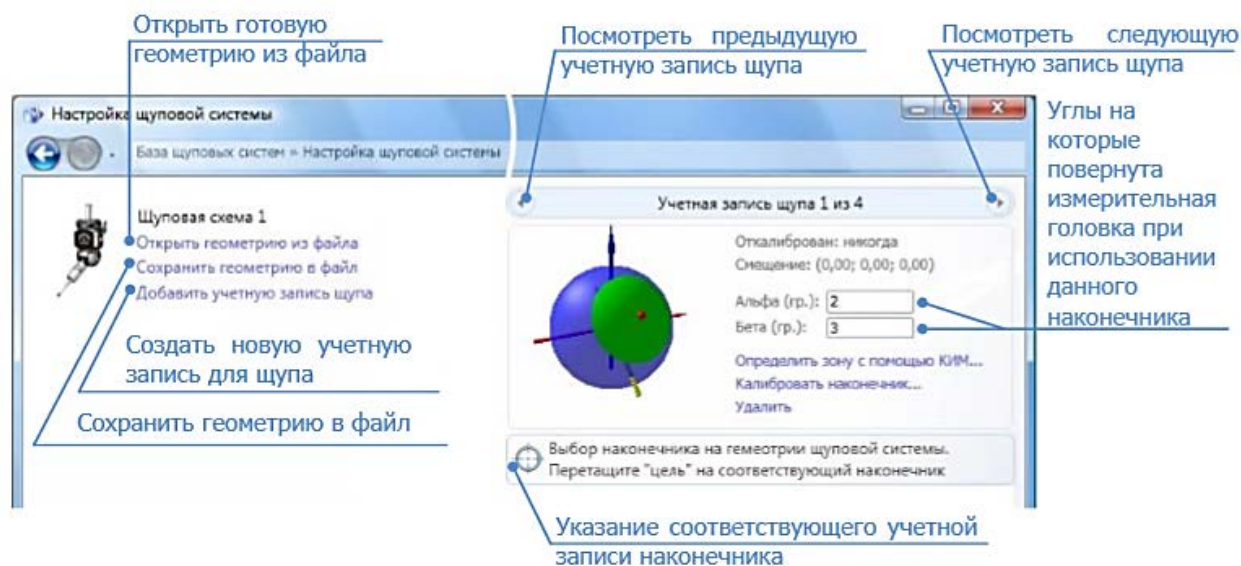


Рисунок 5 - Учетные записи наконечников

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

1.2 Вкрутить наконечник в измерительную головку

В том случае, если наконечник уже стоит в измерительной головке, то его необходимо выкрутить и вкрутить заново.

1.3 Установить калибровочную сферу на стол

В процессе выполнения калибровки положение калибровочной сферы (рис. 6) должно быть неизменным.

Для того, чтобы установить калибровочную сферу на стол, необходимо:

- прикрутить к ножке сферы гайку;
- вставить её в третий паз стола;
- по часовой стрелке вращать сферу за ножку до упора;
- закрутить гайку до конца.



Рисунок 6 – Общий вид калибровочной схемы

1.4 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. 7). Выбранные параметры, сохраняются, поэтому повторно вводить параметры не придется.

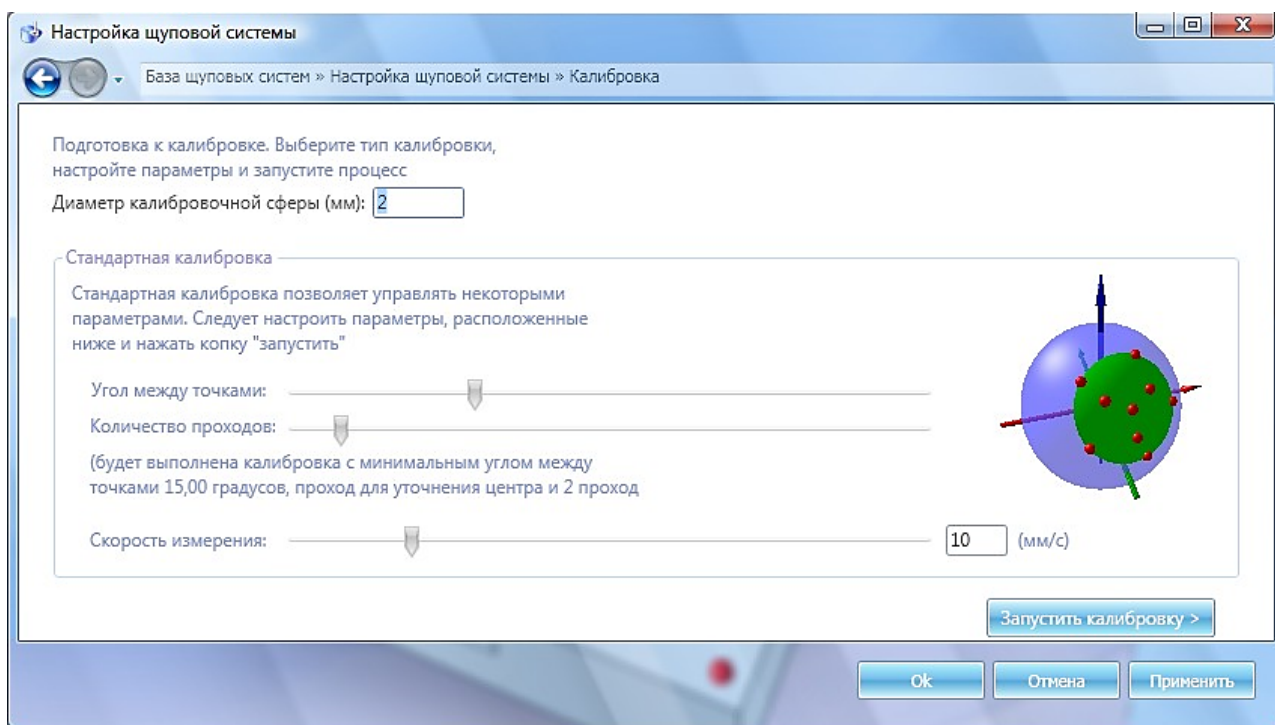


Рисунок 7 – Параметры калибровки наконечника

Чтобы запустить процесс калибровки с выбранными параметрами следует нажать кнопку «Запустить калибровку». После чего, в появившемся 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, то есть с помощью джойстика, пять равномерно распределенных по поверхности сферы точек (од-

на точку сверху сферы, четыре другие точки равномерно по экватору). На картинке в центре экрана изображено рекомендуемое расположение точек (рис. 8).

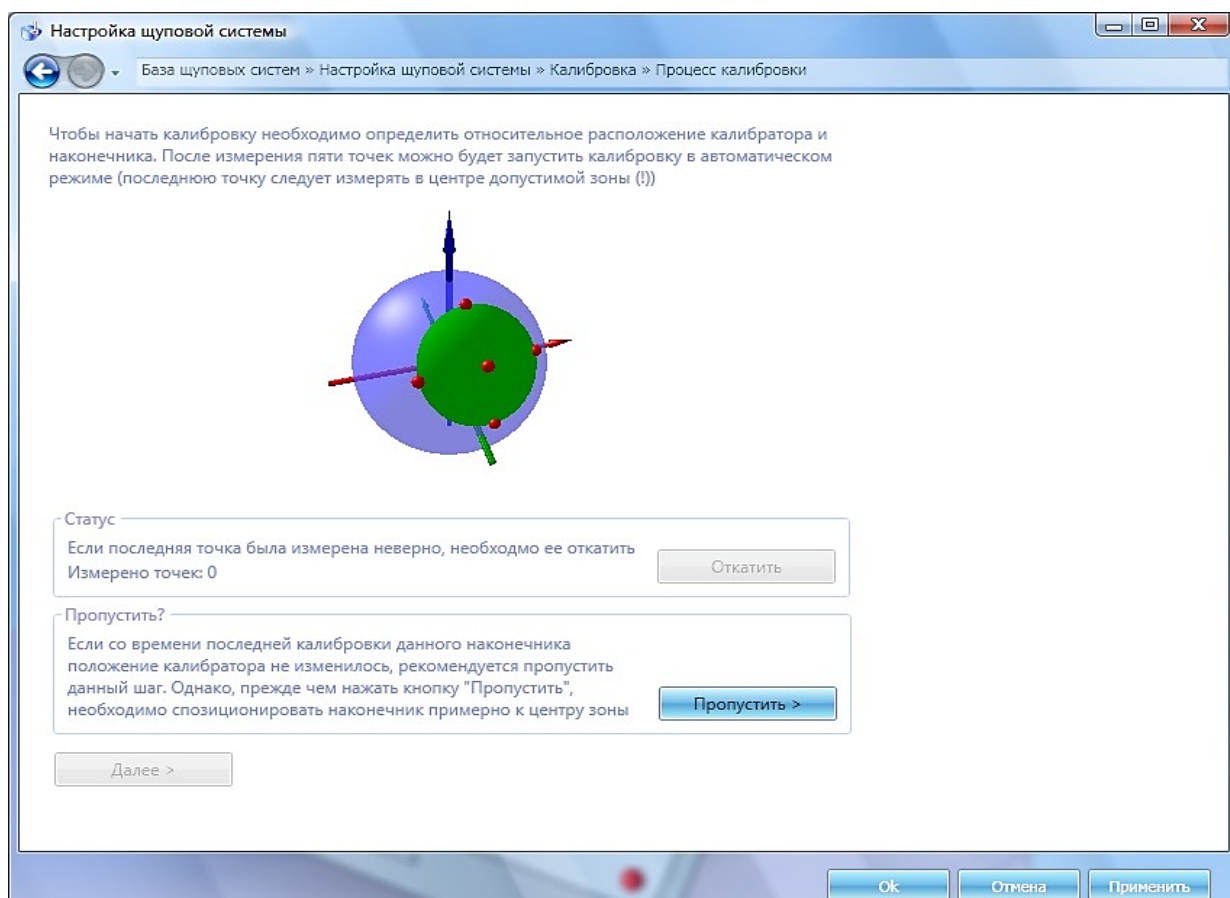


Рисунок 8 - Получение первых пяти точек

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

1.5 Отчёт о калибровке

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. 9).



Рисунок 9 – Отчет о калибровке

Следует вывести измерительную головку в нерабочую зону с помощью джойстика. Проанализировать данные, которые были определены в результате калибровки.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Порядок выполнения лабораторной работы заключается в следующем:

1. Изучить теоретическую часть. Ответить на контрольные вопросы;
2. Включить компьютер с программным обеспечением ТЕХНОокоорд;
3. Запустить программу ТЕХНОокоорд (рабочий стол → стандартная контактная схема);
4. Подготовить КИМ к работе:
 - произвести тщательный осмотр изделия, удалить с него посторонние предметы, протереть смоченной в обезжиривателе салфеткой, которая не оставляет ворса;
 - убедиться, что никакие кабели не препятствуют работе подвижных частей КИМ;
 - проверить заземление и подключить КИМ к сети через сетевой фильтр типа «Pilot».

5. Включить КИМ с помощью кнопки включения-выключения, которая расположена на передней панели;

6. Выбрать САД-модель детали;

В открытой программе ТЕХНОКоорд нажать меню работы с файлом → открыть → ТЕХНОКоорд документы → ТЕХНОКоорд 5.1 → примеры → НИИК-701.10.002_Корпус;

7. Создать щуповую систему в соответствии с пунктом 1.1 теоретической части;

8. Сделать скриншот созданной щуповой системы;

9. Вкрутить наконечник в измерительную головку в соответствии с пунктом 1.2 теоретической части;

10. Установить калибровочную сферу на рабочий стол КИМ в соответствии с пунктом 1.3 теоретической части;

11. Произвести калибровку щупа в соответствии с пунктом 1.4 теоретической части;

12. Сделать скриншот отчета о калибровке;

13. Проанализировать данные, которые были определены в результате калибровки;

14. Оформить отчет. Сделать вывод по работе.

3 ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет должен включать в себя:

1. Титульный лист (Приложение А);

2. Наименование работы;

3. Цель работы;

4. Краткое поэтапное описание хода создания щуповой системы, её калибровки и получения отчёта о калибровке;

5. Скриншоты модели созданной щуповой системы и отчёта о калибровке;

6. Вывод по работе.

4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется щуповой системой?
2. Что называется геометрией щуповой системы?
3. Для чего используется геометрия щуповой системы?
4. Что такое допустимая зона?
5. Какое количество равномерно распределенных по поверхности сферы точек надо измерить в ручном режиме при калибровке, чтобы узнать положение сферы относительно щупа?
6. С какой целью выполняется калибровка?
7. С помощью чего производится калибровка?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ БАЗИРОВАНИЕ ДЕТАЛИ ТИПА «КОРПУС» НА КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ

Цель работы: сформировать первичные навыки выполнения привязки системы координат детали к системе координат КИМ.

Задачи работы:

1. Изучить особенности выполнения привязки системы координат детали к системе координат КИМ по схеме «Привязка 3-2-1»;
2. Научиться устанавливать измеряемую деталь на рабочий стол;
3. Научиться выполнять привязку системы координат детали к системе координат КИМ по схеме «Привязка 3-2-1».

Обеспечивающие средства:

- инструкция по эксплуатации координатно-измерительной машины с числовым программным управлением модели НИИК-701;
- методические указания для выполнения лабораторной работы;
- персональный компьютер с программным обеспечением ТЕХНОкоорд;

– координатно-измерительная машина с числовым программным управлением модели НИИК-701.

Работа рассчитана на 4 академических часа.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Общие сведения

Математическое базирование – процедура, заключающаяся в расчете, расположения системы координат детали (СКД) по предварительно измеренным в системе координат машины (СКМ) точкам базовых элементов детали к последующей трансформации координат точек других элементов детали из СКМ в СКД.

Для того чтобы производить перемещения машины вокруг детали, измерять точки на ее поверхности необходимо узнать, как расположена деталь на столе (рис.10). Такой процесс называется привязка текущего расположения детали к САД-модели.

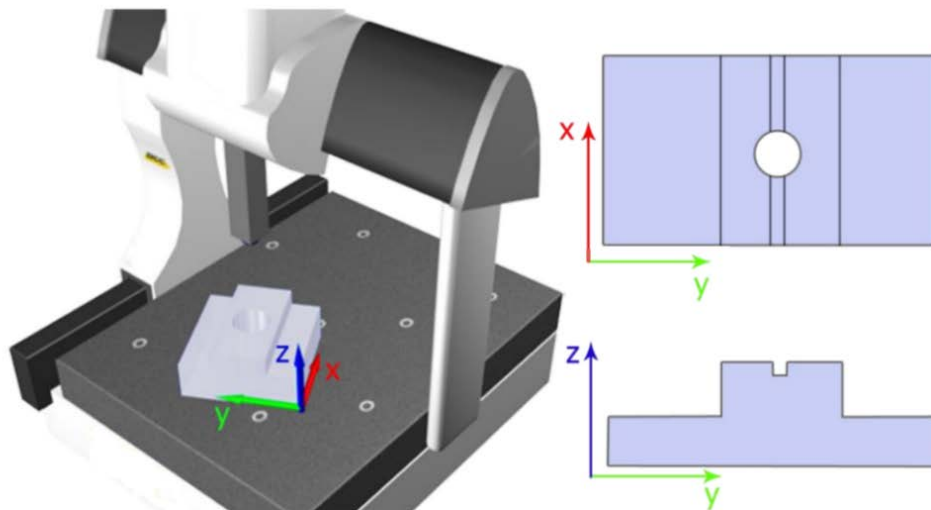


Рисунок 10- Привязка САД-модели

Привязка производится в ручном режиме, то есть с помощью джойстика. 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.

1.2 Установить деталь на рабочий стол

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

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

1.2.3 Детали должны быть всегда прочно закреплены (рис.11), чтобы они не могли двигаться или упасть с измерительного стола.

- стойку 1 вставить в Т – образный паз рабочего стола и закрутить в закладную гайку, которая вставляется в нижнюю часть Т – образного паза;
- планку 2 (рис. 11) установить сверху на стойку 1 (рис. 11);
- лёгким усилием нажать на середину планки, что позволит прижать деталь 3 (рис. 11).

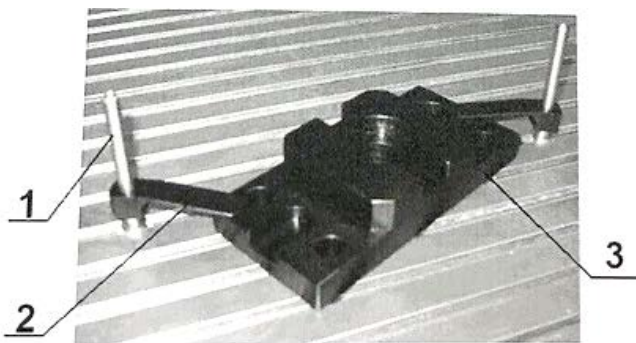


Рисунок 11 – Общий вид закрепления детали на рабочем столе
1 – стойка; 2 – планка; 3 - деталь

1.2.4 Деталь установить так, чтобы все необходимые измерения были выполнены без изменения положения детали.

1.3 Запустить программу ТЕХНОкоорд (Рабочий стол → Стандартная контактная схема)

1.4 Выбрать САД-модель детали

В открытой программе ТЕХНОкоорд нажать меню работы с файлом → открыть → ТЕХНОкоорд документы → ТЕХНОкоорд 5.1 → примеры → НИИК-701.10.002_Корпус.

1.5 Проверить настройки щуповой системы

Для того, чтобы проверить настройку щуповой системы следует нажать «Настройка» → «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.

1.6 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».

Выделить запрещенную зону можно левой клавишей мыши. Удаление зоны осуществляется клавишей Delete. Чтобы создать новую зону следует сделать двойной клик, потянуть мышь в сторону для образования основания параллелограмма, затем выполнить клик и отрегулировать зону по высоте. Изменить 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.

1.7 Выполнение привязки

Чтобы начать привязку следует нажать кнопку в главном меню «Выполнить привязку 3-2-1» (рис. 12). Для данной привязки требуется обязательное наличие трех непараллельных плоскостей.

Первым шагом мастера будет выбор трех непараллельных плоскостей.

При выборе плоскостей рекомендуется руководствоваться следующими правилами:

– 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;

– рекомендуется выбирать плоскости с большой площадью.

Первой выбранной плоскостью будет наиболее большая боковая плоскость. Второй будет боковая передняя плоскость. И третьей – верхняя плоскость.

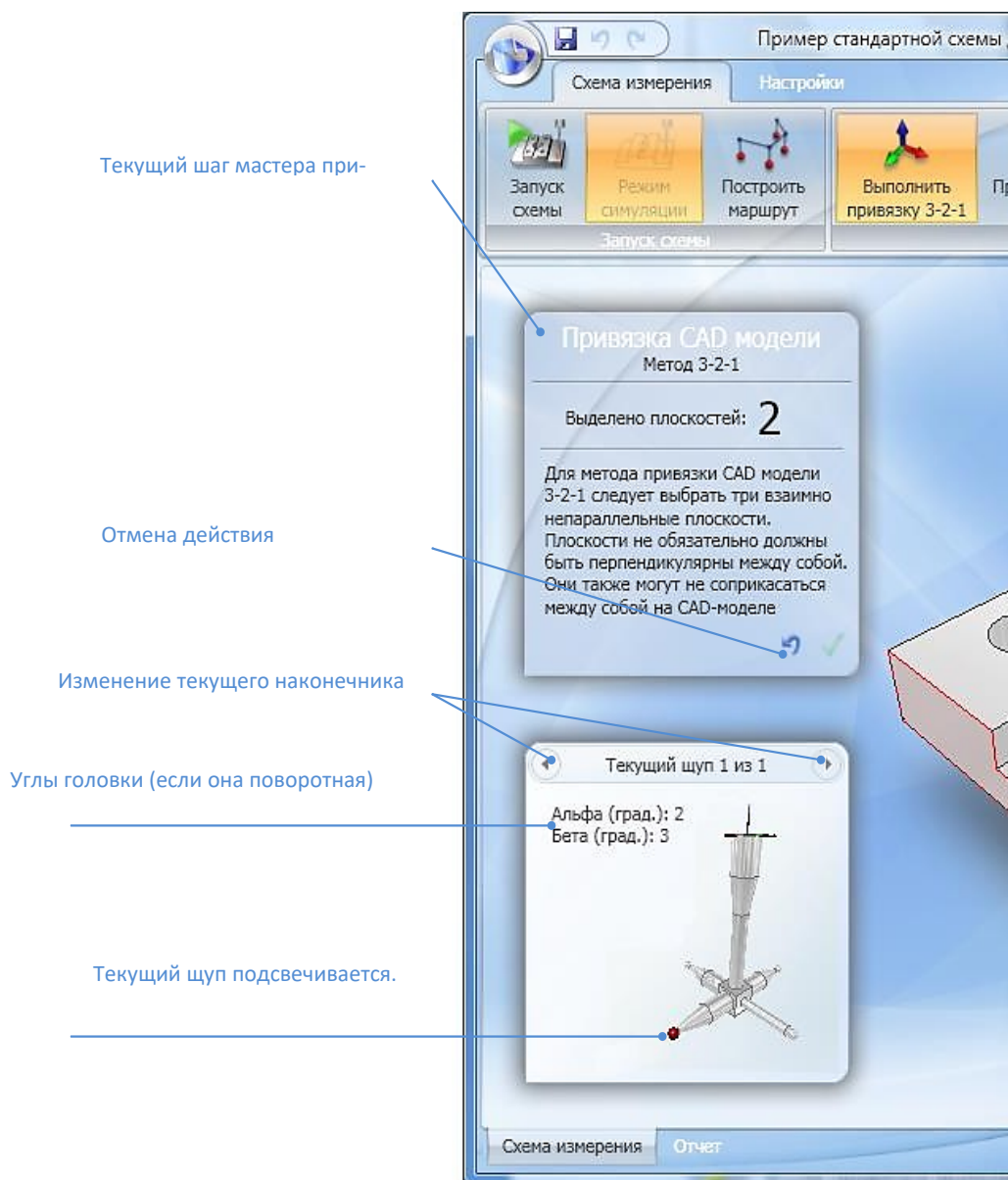


Рисунок 12 – Привязка 3-2-1

После выбора плоскостей мастер по очереди будет предлагать измерить три, две и одну точку на соответствующих плоскостях, поочередно подсвечивая их, после чего будет выполнен расчет перевода координат из системы координат модели в систему координат детали.

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.

Привязка производится в ручном режиме, то есть с помощью джойстика.

После успешной привязки, наконечник должен расположиться там, где он находится на самом деле. Он должен стоять ровно по вертикально по отношению к плоскостям детали.

Для контроля выполненной привязки нажимаем кнопку «Уточнить привязку» и машина в автоматическом режиме совершит объезд всех измеренных вами точек.

Если все прошло успешно, и машина полностью выполнила объезд, нажимаем кнопку в виде зеленой галочки «Применить привязку» и затем нажимаем кнопку «Сохранить привязку» в верхней панели окна.

Если привязка выполняется некорректно:

- проверьте, что не было измерено одинаковых точек;
- постарайтесь измерять точки, наиболее удаленные друг от друга;
- попробуйте выбрать плоскости с большей площадью;
- проверьте, что точки на отмеченных поверхностях были измерены соответствующими щупами.

После этого необходимо сделать скриншот окна редактора после окончания привязки САД-модели. После чего вывести измерительную головку в нерабочую зону с помощью джойстика.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Порядок выполнения лабораторной работы заключается в следующем:

1. Изучить теоретическую часть. Ответить на контрольные вопросы;
2. Изучить чертеж детали типа «Корпус», приложение Б;
3. Включить компьютер с программным обеспечением ТЕХНОкоорд;
4. Запустить программу ТЕХНОкоорд (рабочий стол → стандартная контактная схема);
5. Подготовить КИМ к работе:
 - произвести тщательный осмотр изделия, протереть смоченной в обезжиривателе салфеткой, которая не оставляет ворса;
 - убедиться, что никакие кабели не препятствуют работе подвижных частей КИМ;
 - проверить заземление и подключить КИМ к сети через сетевой фильтр типа «Pilot».
6. Включить КИМ с помощью кнопки включения-выключения, которая расположена на передней панели;
7. Выбрать САД-модель детали в соответствии с пунктом 1.4 теоретической части;
8. Установить деталь на рабочий стол КИМ в соответствии с пунктом 1.2 теоретической части;
9. Проверить настройки щуповой системы в соответствии с пунктом 1.5 теоретической части;
10. Сделать скриншот щуповой системы;
11. Расставить запрещенные зоны в соответствии с пунктом 1.6. теоретической части;
12. Произвести привязку САД-модели в соответствии с пунктом 1.7 теоретической части, сделав скриншот окна редактора до начала привязки;
13. Сделать скриншот окна редактора после окончания привязки САД-модели;
14. Оформить отчет. Сделать вывод по работе;

3 ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет должен включать в себя:

1. Титульный лист;
2. Наименование работы;
3. Цель работы;
4. Краткое поэтапное описание хода математического базирования детали;
5. Скриншоты шуповой системы и окон редактора до и после привязки САД-модели;
6. Вывод по работе.

4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие и в каком количестве требуются плоскости для выполнения «Привязки 3-2-1»?
2. Почему при выполнении «Привязки 3-2-1» происходит измерение координат именно шести точек?
3. Что запрещается делать при выполнении «Привязки 3-2-1» и почему?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

СОЗДАНИЕ СТРАТЕГИИ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ

Цель работы: сформировать первичные навыки создания стратегии измерения линейных размеров по стандартной контактной схеме на КИМ.

Задачи работы:

1. Изучить особенности создания стратегии измерения по стандартной контактной схеме на КИМ;
2. Закрепить умение устанавливать измеряемую деталь на рабочий стол;
3. Закрепить умение выполнять привязку системы координат детали к системе координат КИМ по схеме «Привязка 3-2-1»;

4. Научиться применять методы аппроксимации при координатном измерении линейных параметров деталей.

Обеспечивающие средства:

- инструкция по эксплуатации координатно-измерительной машины с числовым программным управлением модели НИИК-701;
- методические указания для выполнения лабораторной работы;
- персональный компьютер с программным обеспечением ТЕХНОкоорд;
- координатно-измерительная машина с числовым программным управлением модели НИИК-701.

Работа рассчитана на 4 академических часа.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Общие сведения

Работа КИМ основана на поочередном измерении координат определенного числа точек поверхности объекта измерения и последующих расчетах линейных и угловых размеров, отклонений размера, формы и расположения в соответствующих системах координат.

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

Стратегия измерения отображается на экране монитора в виде точек или траектории движения измерительного наконечника, расположенных на поверхностях 3D-модели детали. Для удобства работы на экране отображается положение измерительной головки.

1.2 Установить деталь на рабочий стол

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

1.3 Запустить программу ТЕХНОкоорд (Рабочий стол – Стандартная контактная схема).

1.4 Выбрать САD-модель детали

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

1.5 Проверить настройки щуповой системы

Для того, чтобы проверить настройку щуповой системы следует нажать «Настройка» → «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.

1.6 Выполнение привязки

Чтобы начать привязку следует нажать кнопку в главном меню «Выполнить привязку 3-2-1».

Первым шагом мастера будет выбор трех непараллельных плоскостей.

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.

1.7 Создание схемы измерения

Чтобы создать стратегию измерения для элемента детали следует вызвать контекстное меню, выбрать «Создать» - появится панель для настройки стратегии измерения (рис. 14).

Иногда при экспорте из САD-редактора элементы «разбиваются» на несколько кусков (рис. 13). Редактор позволяет логически объединять элементы в один. Для этого необходимо воспользоваться кнопкой в верхней части панели для настройки стратегии измерения (рис.14).



Рисунок 13 – Пример элемента состоящего из нескольких частей

Можно удалить стратегию измерения воспользовавшись контекстным меню или кнопкой в верхнем правом углу панели (рис. 14).

Настройка стратегии измерения начинается с автоматической расстановки точек одной из стандартных стратегий.

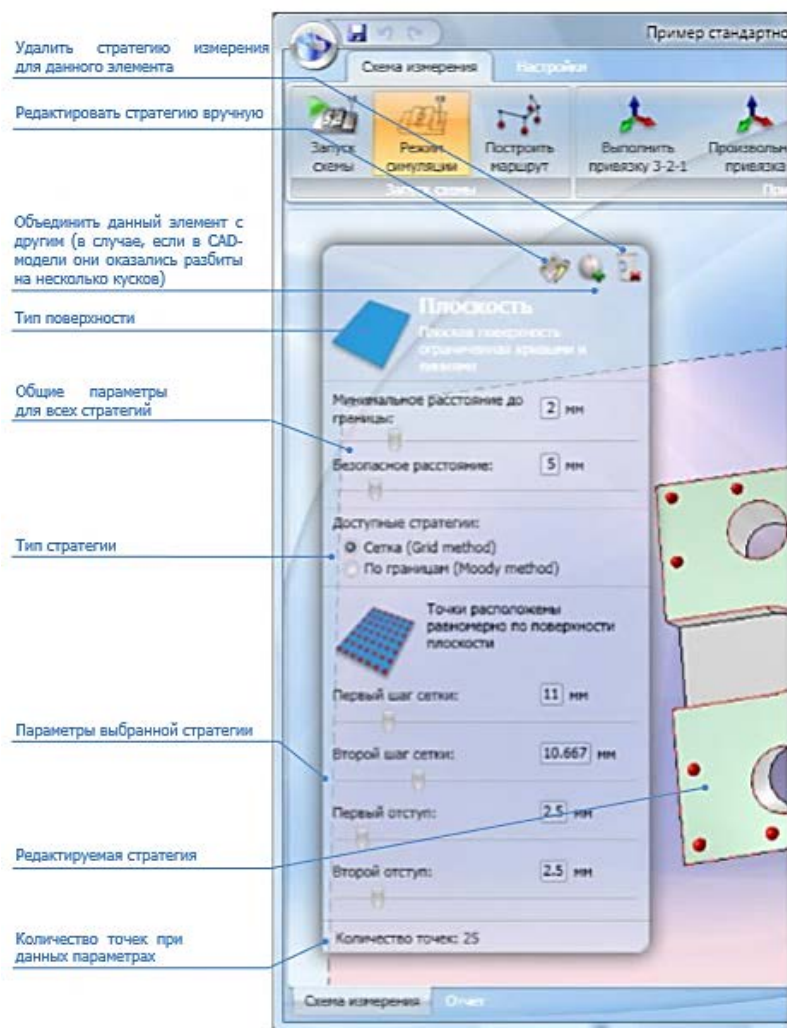


Рисунок 14 – Редактирование стратегии измерения

Независимо от типа элемента для всех стратегий доступны два параметра: минимальное расстояние до границы и безопасное расстояние (рис.14). Параметр «Безопасное расстояние» определяет, с какого расстояния от детали щуп начнет движение к поверхности. Параметр «Минимальное расстояние до границы» позволяет отсеять точки, которые оказались близко к границам элемента. В зависимости от типа элемента доступны различные стратегии измерения.

В данной лабораторной работе используется стратегия «Сетка на плоскости», а также «Стратегия для цилиндра по сечениям».

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. 15).

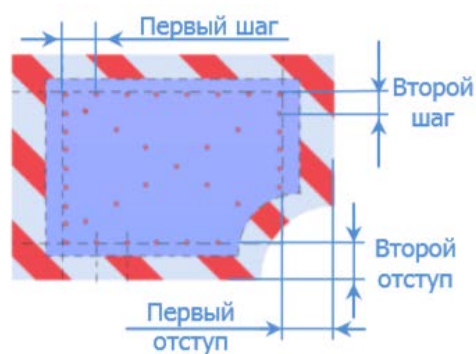


Рисунок 15- Сетка на плоскости

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. 16).

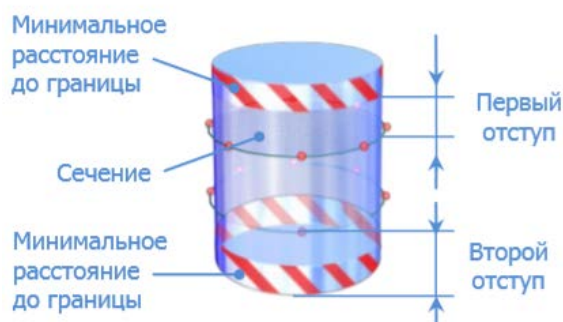


Рисунок 16 – Измерение цилиндра по сечениям

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 1.

Таблица 1 - 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

1.8 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 CAD-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. 17).

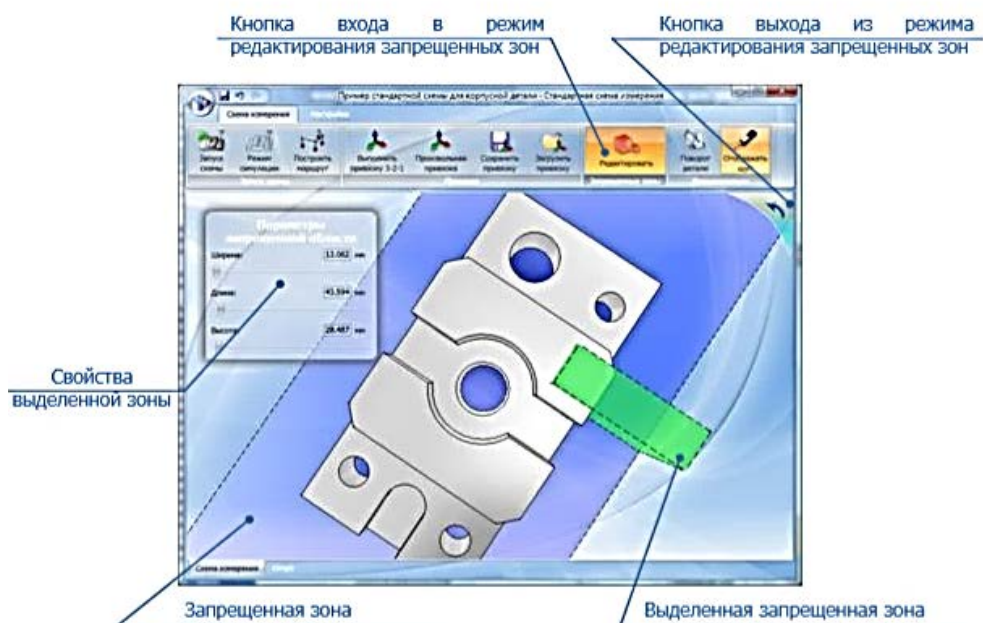


Рисунок 17 – Редактирование запрещенных зон

Выделить запрещенную зону можно левой клавишей мыши. Удаление зоны осуществляется клавишей Delete. Чтобы создать новую зону следует сде-

лать двойной клик, потянуть мышь в сторону для образования основания параллелограмма, затем выполнить клик и отрегулировать зону по высоте. Изменить 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.

1.9 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.

Аппроксимация элементов – это нахождение заменяющих элементов по измеренным точкам на их поверхности.

Существует несколько различных методов аппроксимации геометрического элемента (нахождение среднего, прилегающего или минимальной зоны). В данной лабораторной работе используется метод «Нахождение среднего».

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.

Чтобы создать элемент нужно выбрать в меню его тип и метод аппроксимации (рис. 17), 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. 18).

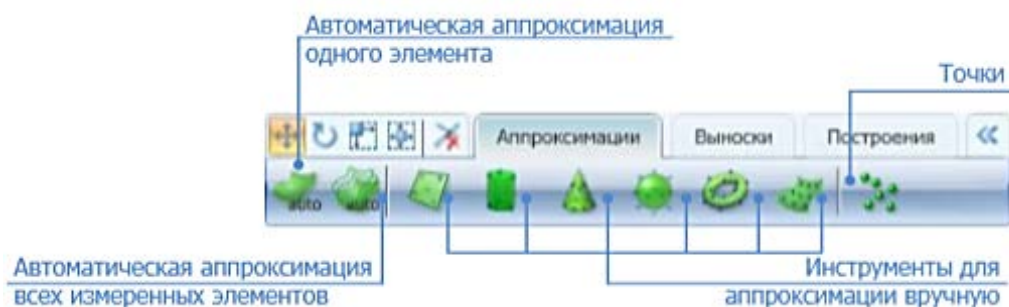


Рисунок 18 – Инструменты аппроксимации для анализа расположения в пространстве

Наиболее часто возникает необходимость указать размер элемента. В программном обеспечении ТЕХНОКоорд предусмотрена возможность вынесения линейного, радиального и углового размеров. Чтобы добавить размер в редакторе, необходимо выбрать соответствующий инструмент (рис. 19) на вкладке «Выноски» и щелкнуть на элемент геометрии.



Рисунок 19 – 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. 20), и соответствующая строка в таблице.

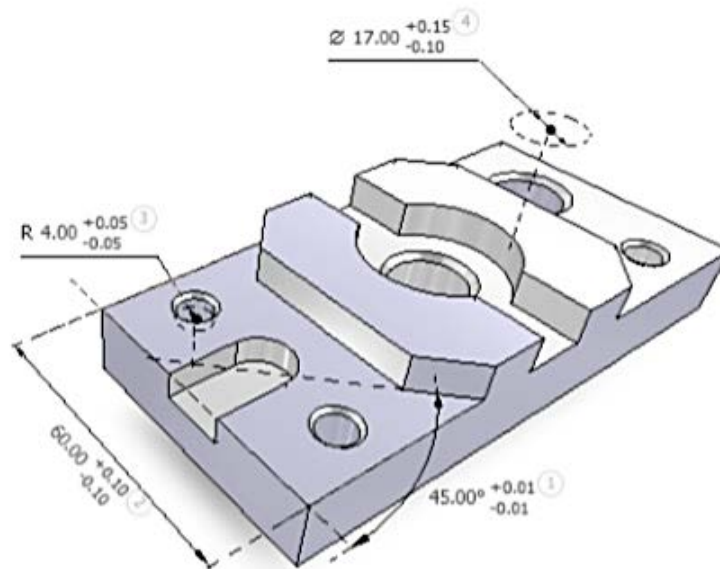


Рисунок 20 – Пример указания размеров

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.

1.10 Запуск схемы

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

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Порядок выполнения лабораторной работы заключается в следующем:

1. Изучить теоретическую часть. Ответить на контрольные вопросы;
2. Изучить требования чертежа детали в соответствии с вариантами, представленными в таблице 2;

Таблица 2 - Исходные данные для выполнения лабораторной работы

Вариант	Размерные параметры	Чертеж
1	Отверстие Ø17H11 (слева), линейный размер 12	Приложение В Чертеж детали
2	Отверстие Ø10H11 (слева), линейный размер 12	

3	Отверстие Ø17Н11 (в центре), линейный размер 14	типа «Корпус»
4	Радиус 7, линейный размер 18	
5	Отверстие Ø33Н11, линейный размер 8	
6	Отверстие Ø10Н11 (справа), линейный размер 12 (справа)	
7	Отверстие Ø20Н14 (в центре), линейный размер 15	Приложение Г Чертеж детали типа «Крышка»
8	Отверстие Ø20Н14, линейный размер 10	
9	Отверстие Ø16Н14, линейный размер 8	
10	Отверстие Ø10Н14, линейный размер 10	

3. Включить компьютер с программным обеспечением ТЕХНОкоорд;
4. Запустить программу ТЕХНОкоорд (рабочий стол → стандартная контактная схема);
5. Подготовить КИМ к работе:
 - произвести тщательный осмотр изделия, удалить с него посторонние предметы, протереть смоченной в обезжиривателе салфеткой, которая не оставляет ворса;
 - убедиться, что никакие кабели не препятствуют работе подвижных частей КИМ;
 - проверить заземление и подключить КИМ к сети через сетевой фильтр типа «Pilot».
6. Включить КИМ с помощью кнопки включения-выключения, которая расположена на передней панели;
7. Выбрать САД-модель детали в соответствии с пунктом 1.4. теоретической части и вашим вариантом;
8. Установить деталь на рабочий стол КИМ в соответствии с пунктом 1.2. теоретической части и вашим вариантом;
9. Проверить настройки щуповой системы в соответствии с пунктом 1.5. теоретической части;
10. Произвести привязку САД-модели в соответствии с пунктом 1.6. теоретической части;
11. Создать стратегию измерения элементов детали в соответствии с пунктом 1.7. теоретической части и заданием по варианту;

12. Построить маршрут измерения (на панели инструментов нажать кнопку «Построить маршрут»);
13. Сделать скриншот маршрута измерения;
14. Расставить запрещенные зоны в соответствии с пунктом 1.8. теоретической части;
15. Создать отчет и расставить размерные параметры в соответствии с пунктом 1.9. теоретической части и заданием по варианту;
16. Выполнить измерения в соответствии с пунктом 1.10. теоретической части;
17. Сделать скриншот модели детали с выбранными параметрами контроля и таблицы параметров контроля;
18. Сохранить отчет (Меню работы с файлом → «Сохранить»);
19. Оформить отчет. Сделать вывод по работе.

3 ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет должен включать в себя:

1. Титульный лист;
2. Наименование работы;
3. Цель работы;
4. Краткое поэтапное описание создания стратегии измерения;
5. Скриншоты маршрута измерения детали, модели детали с выбранными параметрами контроля и таблицы параметров после измерения;
6. Вывод по работе.

4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие два параметра доступны для всех стратегий? Дайте их определения.
2. Что такое заменяющий элемент?
3. Что такое аппроксимация?
4. В какой последовательности следует выполнять действия при создании новой запрещенной зоны?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

СОЗДАНИЕ СТРАТЕГИИ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ

Цель работы: сформировать первичные навыки создания стратегии измерения угловых размеров по стандартной контактной схеме на КИМ.

Задачи работы:

1. Закрепить умение создания стратегии измерения по стандартной контактной схеме на КИМ;
2. Закрепить умение выполнять привязку системы координат детали к системе координат КИМ по схеме «Привязка 3-2-1»;
3. Научиться применять методы аппроксимации при координатном измерении угловых параметров деталей.

Обеспечивающие средства:

- инструкция по эксплуатации координатно-измерительной машины с числовым программным управлением модели НИИК-701;
- методические указания для выполнения лабораторной работы;
- персональный компьютер с программным обеспечением ТЕХНОкоорд;
- координатно-измерительная машина с числовым программным управлением модели НИИК-701.

Работа рассчитана на 4 академических часа.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Общие сведения

Работа КИМ основана на поочередном измерении координат определенного числа точек поверхности объекта измерения и последующих расчетах линейных и угловых размеров, отклонений размера, формы и расположения в соответствующих системах координат.

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

Стратегия измерения отображается на экране монитора в виде точек или траектории движения измерительного наконечника, расположенных на поверхностях 3D-модели детали. Для удобства работы на экране отображается положение измерительной головки.

1.2 Установить деталь на рабочий стол

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

1.3 Запустить программу ТЕХНОкоорд (Рабочий стол – Стандартная контактная схема).

1.4 Выбрать САД-модель детали

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

1.5 Проверить настройки щуповой системы

Для того, чтобы проверить настройку щуповой системы следует нажать «Настройка» → «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.

1.6 Выполнение привязки

Чтобы начать привязку следует нажать кнопку в главном меню «Выполнить привязку 3-2-1».

Первым шагом мастера будет выбор трех непараллельных плоскостей.

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.

1.7 Создание схемы измерения

Чтобы создать стратегию измерения для элемента детали следует вызвать контекстное меню, выбрать «Создать» - появится панель для настройки стратегии измерения (рис. 21).

Настройка стратегии измерения начинается с автоматической расстановки точек одной из стандартных стратегий.

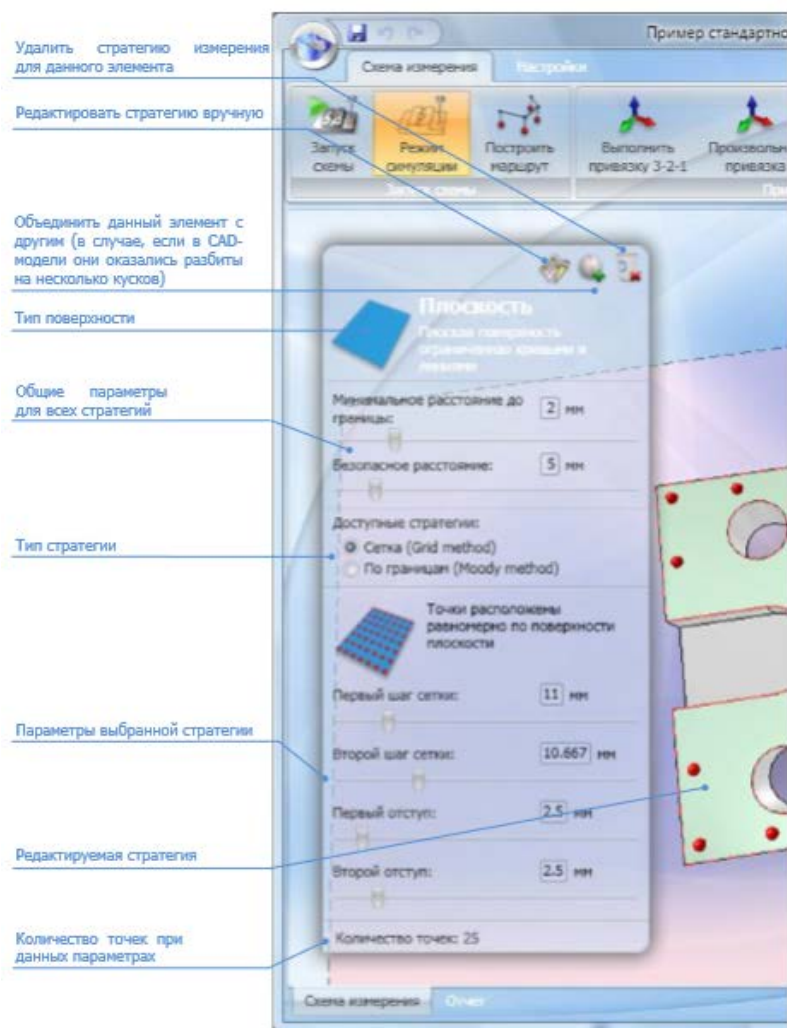


Рисунок 21 – Редактирование стратегии измерения

В данной лабораторной работе используется стратегия «Сетка на плоскости».

Сетка на плоскости. Позволяет разместить точки равномерно по поверхности плоскости. Задаются два отступа с разных направлений, а также шаг в одном направлении и шаг в другом направлении (рис. 22).

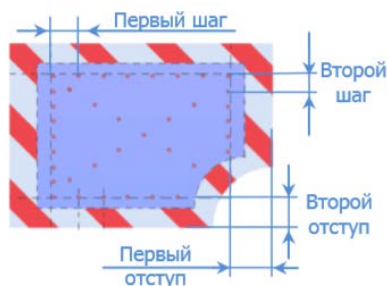


Рисунок 22 - Сетка на плоскости

1.9 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».

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

Наиболее часто возникает необходимость указать размер элемента. Чтобы добавить размер в редакторе, необходимо выбрать соответствующий инструмент (рис. 24) на вкладке «Выноски» и щелкнуть на элемент геометрии.



Рисунок 24 – Отклонения расположения, панель инструментов, размерные параметры

Угловой размер позволяет вывести в отчет угол между двумя плоскостями или между линией и плоскостью.

1.10 Запуск схемы

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

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Порядок выполнения лабораторной работы заключается в следующем:

1. Изучить теоретическую часть. Ответить на контрольные вопросы;

2. Изучить требования чертежа детали в соответствии с вариантами, представленными в таблице 3;

Таблица 3 - Исходные данные для выполнения лабораторной работы

Вариант	Размерные параметры	Чертеж
1	Углы 90°	Приложение Д Чертеж детали типа «Корпус»
2	Углы 90°	Приложение Е Чертеж детали типа «Крышка»

3. Включить компьютер с программным обеспечением ТЕХНОкоорд;
4. Запустить программу ТЕХНОкоорд (рабочий стол → стандартная контактная схема);
5. Подготовить КИМ к работе:
 - произвести тщательный осмотр изделия, протереть смоченной в обезжиривателе салфеткой, которая не оставляет ворса;
 - убедиться, что никакие кабели не препятствуют работе подвижных частей КИМ;
 - проверить заземление и подключить КИМ к сети через сетевой фильтр типа «Pilot».
6. Включить КИМ с помощью кнопки включения-выключения, которая расположена на передней панели;
7. Выбрать САД-модель детали в соответствии с пунктом 1.4. теоретической части и вашим вариантом;
8. Установить деталь на рабочий стол КИМ в соответствии с пунктом 1.2. теоретической части и вашим вариантом;
9. Проверить настройки щуповой системы в соответствии с пунктом 1.5. теоретической части;
10. Произвести привязку САД-модели в соответствии с пунктом 1.6. теоретической части;
11. Создать стратегию измерения элементов детали в соответствии с пунктом 1.7. теоретической части и заданием по варианту;
12. Построить маршрут измерения (на панели инструментов нажать кнопку «Построить маршрут»);

13. Сделать скриншот маршрута измерения;
14. Расставить запрещенный зоны в соответствии с пунктом 1.8. теоретической части;
15. Создать отчет и расставить размерные параметры в соответствии с пунктом 1.9. теоретической части и заданием по варианту;
16. Выполнить измерение в соответствии с пунктом 1.10. теоретической части;
17. Сделать скриншот модели детали с выбранными параметрами контроля и таблицы параметров контроля;
18. Сохранить отчет (Меню работы с файлом → «Сохранить»);
19. Оформить отчет. Сделать вывод по работе.

3 ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет должен включать в себя:

1. Титульный лист;
2. Наименование работы;
3. Цель работы;
4. Краткое поэтапное описание создания стратегии измерения;
5. Скриншоты маршрута измерения детали, модели детали с выбранными параметрами контроля и таблицы параметров после измерения;
6. Вывод по работе.

4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое «средний элемент»?
2. Каково назначение запрещённых зон?
3. Назовите три основных метода аппроксимации и их определения.
4. Что позволяет вывести в отчет угловой размер?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

СОЗДАНИЕ СТРАТЕГИИ ИЗМЕРЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Цель работы: сформировать первичные навыки создания стратегии измерения отклонений формы и расположения поверхностей по стандартной контактной схеме на КИМ.

Задачи работы:

1. Закрепить умение создания стратегии измерения по стандартной контактной схеме на КИМ;
2. Закрепить умение выполнять привязку системы координат детали к системе координат КИМ по схеме «Привязка 3-2-1»;
3. Научиться применять методы аппроксимации при координатном измерении отклонений формы и расположения поверхностей;

Обеспечивающие средства:

- инструкция по эксплуатации координатно-измерительной машины с числовым программным управлением модели НИИК-701;
- методические указания для выполнения лабораторной работы;
- персональный компьютер с программным обеспечением ТЕХНОкоорд;
- координатно-измерительная машина с числовым программным управлением модели НИИК-701.

Работа рассчитана на 4 академических часа.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Общие сведения

Работа КИМ основана на поочередном измерении координат определенного числа точек поверхности объекта измерения и последующих расчетах линейных и угловых размеров, отклонений размера, формы и расположения в соответствующих системах координат.

Отклонение формы – отклонение формы реального элемента от номинальной формы, оцениваемое наибольшим расстоянием от точек реального элемента по нормали к прилегающему элементу.

1.2 Установить деталь на рабочий стол

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

1.3 Запустить программу ТЕХНОкоорд (Рабочий стол – Стандартная контактная схема).

1.4 Выбрать САД-модель детали

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

1.5 Проверить настройки щуповой системы

Для того, чтобы проверить настройку щуповой системы следует нажать «Настройка» → «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.

1.6 Выполнение привязки

Чтобы начать привязку следует нажать кнопку в главном меню «Выполнить привязку 3-2-1».

Первым шагом мастера будет выбор трех непараллельных плоскостей.

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.

1.7 Создание схемы измерения

Чтобы создать стратегию измерения для элемента детали следует вызвать контекстное меню, выбрать «Создать» - появится панель для настройки стратегии измерения (рис. 23).

Настройка стратегии измерения начинается с автоматической расстановки точек одной из стандартных стратегий.

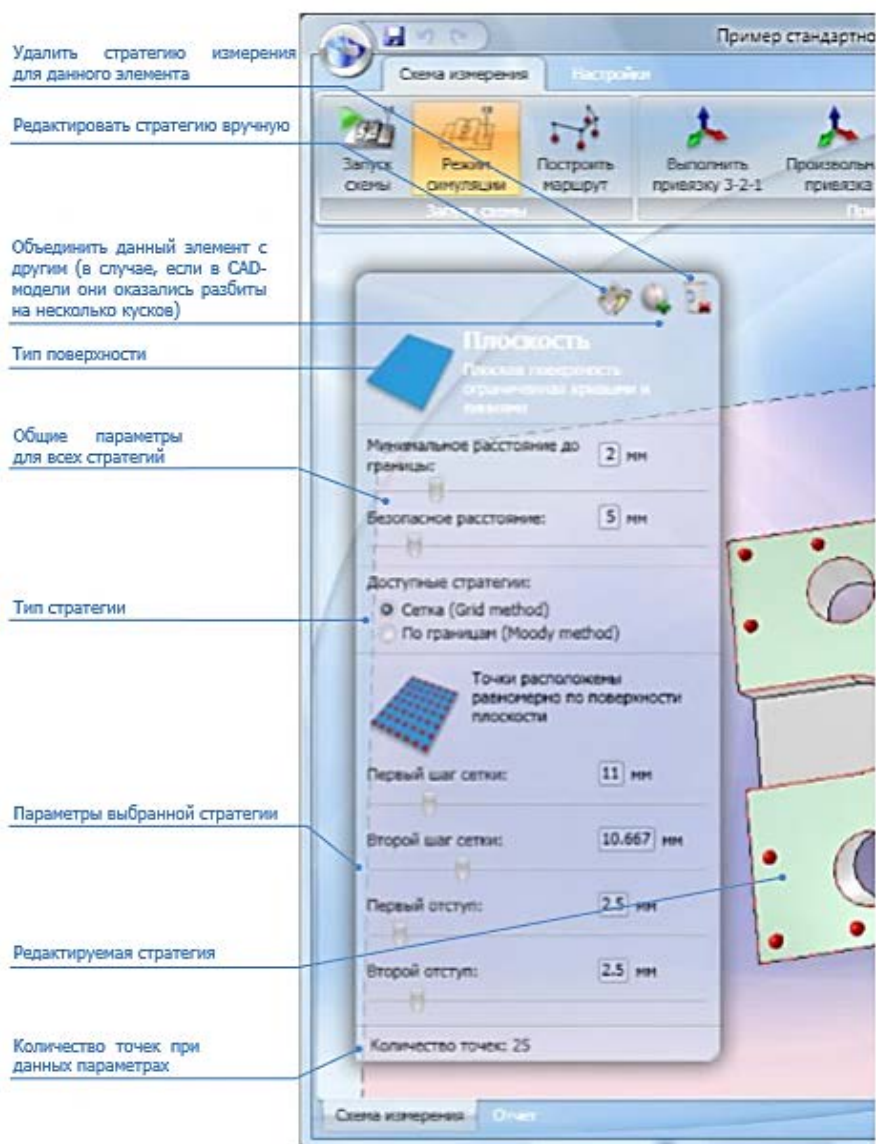


Рисунок 23 – Редактирование стратегии измерения

В данной лабораторной работе используется стратегия «Сетка на плоскости», а также «Стратегия для цилиндра по сечениям».

Минимальное число точек, по которым могут быть определены параметры размеров и расположения геометрически идеальных (номинальной формы) поверхностей и линий для плоскости – 3, для цилиндра - 5.

1.8 Расстановка запрещенных зон

Для того чтобы войти в режим расстановки запрещенных зон нужно выбрать в главном меню «Запрещенные зоны - Редактировать» (рис. 24).

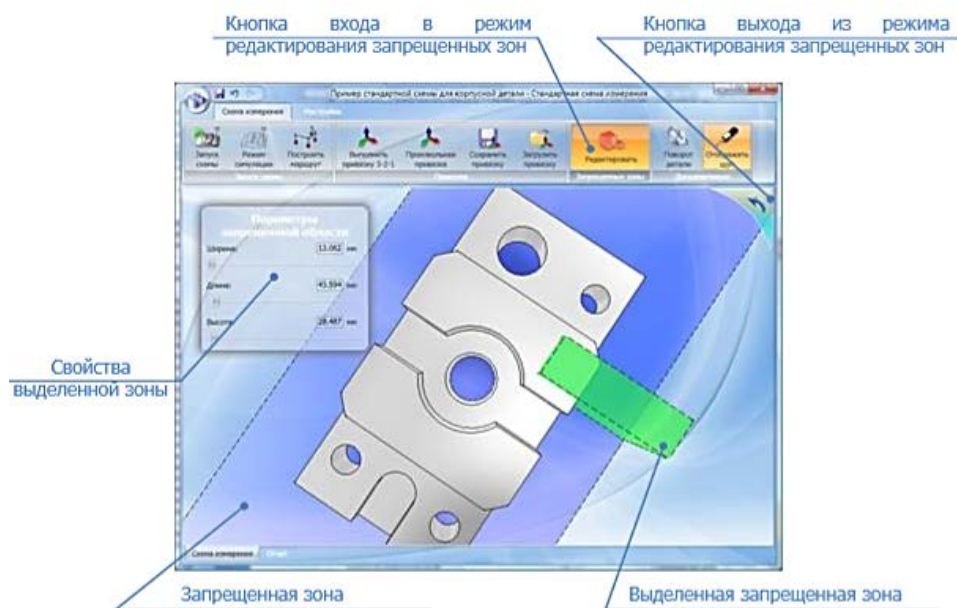


Рисунок 24 – Редактирование запрещенных зон

Выделить запрещенную зону можно левой клавишей мыши. Удаление зоны осуществляется клавишей Delete. Чтобы создать новую зону следует сделать двойной клик, потянуть мышь в сторону для образования основания параллелограмма, затем выполнить клик и отрегулировать зону по высоте. Изменить 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.

1.9 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».

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

Наиболее часто возникает необходимость указать размер элемента. Чтобы добавить размер в редакторе, необходимо выбрать соответствующий инструмент на вкладке «Выноски» и щелкнуть на элемент геометрии.

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.

Для допусков параллельности, перпендикулярности требуется указать только базу. Для допуска наклона требуется также наличие указанного углового размера (рис. 25).

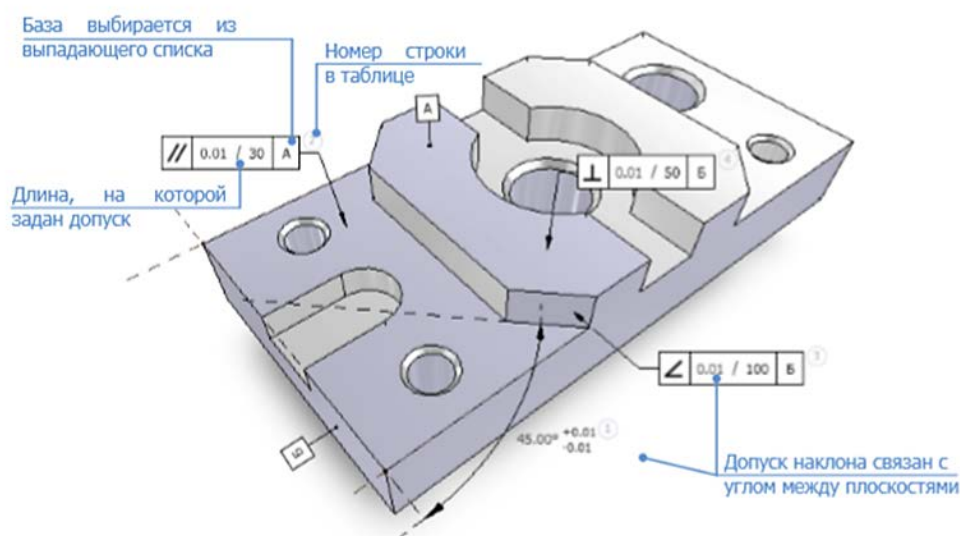


Рисунок 25 – Пример расстановки допусков

1.10 Запуск схемы

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

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Порядок выполнения лабораторной работы заключается в следующем:

1. Изучить теоретическую часть. Ответить на контрольные вопросы;
2. Изучить требования чертежа детали в соответствии с вариантами, представленными в таблице 4;

Таблица 4 - Исходные данные для выполнения лабораторной работы

Вариант	Размерные параметры	Чертеж
1	Отклонение от цилиндричности $\varnothing 17H11$, отклонение от параллельности, отклонение от перпендикулярности	Приложение Ж Чертеж детали типа «Корпус»
2	Отклонение от цилиндричности $\varnothing 10H11$, отклонение от параллельности, отклонение от перпендикулярности	
3	Отклонение от цилиндричности $\varnothing 17H11$, отклонение от параллельности, отклонение наклона	
4	Отклонение от цилиндричности $\varnothing 16H12$, отклонение от параллельности, отклонение от перпендикулярности	Приложение К Чертеж детали типа «Крышка»
5	Отклонение от цилиндричности $\varnothing 20H12$, отклонение наклона, отклонение от параллельности	
6	Отклонение от цилиндричности $\varnothing 10H12$, $\varnothing 20H12$, отклонение от параллельности	

3. Включить компьютер с программным обеспечением ТЕХНОкоорд;
4. Запустить программу ТЕХНОкоорд (рабочий стол → стандартная контактная схема);
5. Подготовить КИМ к работе:
 - произвести тщательный осмотр изделия, удалить с него посторонние предметы, протереть смоченной в обезжиривателе салфеткой, которая не оставляет ворса;
 - убедиться, что никакие кабели не препятствуют работе подвижных частей КИМ;
 - проверить заземление и подключить КИМ к сети через сетевой фильтр типа «Pilot».
6. Включить КИМ с помощью кнопки включения-выключения, которая расположена на передней панели;
7. Выбрать САД-модель детали в соответствии с пунктом 1.4. теоретической части и вашим вариантом;

8. Установить деталь на рабочий стол КИМ в соответствии с пунктом 1.2. теоретической части и вашим вариантом;

9. Проверить настройки щуповой системы в соответствии с пунктом 1.5. теоретической части;

10. Произвести привязку CAD-модели в соответствии с пунктом 1.6. теоретической части;

11. Создать стратегию измерения элементов детали в соответствии с пунктом 1.7. теоретической части и заданием по варианту;

12. Построить маршрут измерения (на панели инструментов нажать кнопку «Построить маршрут»);

13. Сделать скриншот маршрута измерения;

14. Расставить запрещенные зоны в соответствии с пунктом 1.8. теоретической части;

15. Создать отчет и расставить размерные параметры в соответствии с пунктом 1.9. теоретической части и заданием по варианту;

16. Выполнить измерение в соответствии с пунктом 1.10. теоретической части;

17. Сделать скриншот модели детали с выбранными параметрами контроля и таблицы параметров контроля;

18. Сохранить отчет (Меню работы с файлом → «Сохранить»);

19. Оформить отчет. Сделать вывод по работе.

3. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет должен включать в себя:

1. Титульный лист;
2. Наименование работы;
3. Цель работы;
4. Краткое поэтапное описание создания стратегии измерения;
5. Скриншоты маршрута измерения детали, модели детали с выбранными параметрами контроля и таблицы параметров после измерения;
6. Вывод по работе.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется отклонением формы?
2. Назовите порядок действий при создании заменяющего элемента.
3. Что требуется указать для допусков параллельности, перпендикулярности при создании отчета?
4. Что требуется указать для допуска наклона при создании отчета? Перечислите действия, которые необходимо выполнить, если возникает необходимость указать размер элемента.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6 КОМПЛЕКСНОЕ ЗАДАНИЕ

Цель работы: закрепить навыки проведения измерений по стандартной контактной схеме на КИМ.

Задачи работы:

1. Закрепить умение создания стратегии измерения по стандартной контактной схеме на КИМ;
2. Закрепить умение выполнять привязку системы координат детали к системе координат КИМ по схеме «Привязка 3-2-1»;
3. Закрепить умение применять методы аппроксимации при координатном измерении линейных параметров;
4. Закрепить умение применять методы аппроксимации при координатном измерении угловых параметров;
5. Закрепить умение применять методы аппроксимации при координатном измерении отклонений формы и расположения поверхностей.

Обеспечивающие средства:

- инструкция по эксплуатации координатно-измерительной машины с числовым программным управлением модели НИИК-701;
- методические указания для выполнения лабораторной работы;
- персональный компьютер с программным обеспечением ТЕХНОкоорд;

– координатно-измерительная машина с числовым программным управлением модели НИИК-701.

Работа рассчитана на 6 академических часов.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Общие сведения

Работа КИМ основана на поочередном измерении координат определенного числа точек поверхности объекта измерения и последующих расчетах линейных и угловых размеров, отклонений размера, формы и расположения в соответствующих системах координат.

1.2 Установить деталь на рабочий стол

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

1.3 Запустить программу ТЕХНОкоорд (Рабочий стол – Стандартная контактная схема)

1.4 Выбрать САД-модель детали

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

1.5 Проверить настройки щуповой системы

Для того, чтобы проверить настройку щуповой системы следует нажать «Настройка» → «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.

1.6 Выполнение привязки

Чтобы начать привязку следует нажать кнопку в главном меню «Выполнить привязку 3-2-1».

Первым шагом мастера будет выбор трех непараллельных плоскостей.

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.

1.7 Создание схемы измерения

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

Настройка стратегии измерения начинается с автоматической расстановки точек одной из стандартных стратегий.

В данной лабораторной работе используется стратегия «Сетка на плоскости», а также «Стратегия для цилиндра по сечениям».

Минимальное число точек, по которым могут быть определены параметры размеров и расположения геометрически идеальных (номинальной формы) поверхностей и линий для плоскости – 3, для цилиндра - 5.

1.8 Расстановка запрещенных зон

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

Выделить запрещенную зону можно левой клавишей мыши. Удаление зоны осуществляется клавишей Delete. Чтобы создать новую зону следует сделать двойной клик, потянуть мышь в сторону для образования основания параллелограмма, затем выполнить клик и отрегулировать зону по высоте. Изменить 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.

1.9 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».

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

Наиболее часто возникает необходимость указать размер элемента. Чтобы добавить размер в редакторе, необходимо выбрать соответствующий инструмент на вкладке «Выноски» и щелкнуть на элемент геометрии.

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.

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

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

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.

1.10 Запуск схемы

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

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Порядок выполнения лабораторной работы заключается в следующем:

1. Изучить теоретическую часть. Ответить на контрольные вопросы;
2. Изучить требования чертежа детали в соответствии с вашими вариантами, представленными в таблице 4;

Таблица 5 - Исходные данные для выполнения лабораторной работы

Вариант	Размерные параметры	Чертеж
1	Отверстие $\varnothing 17H11$ (слева), линейный размер 12, отклонение от цилиндричности, отклонение от перпендикулярности	Приложение Л Чертеж детали типа «Корпус»
2	Отверстие $\varnothing 17H11$ (в центре), линейный размер 8, отклонение от цилиндричности, отклонение от параллельности	
3	Отверстие $\varnothing 10H11$ (слева), линейный размер 12, угол 90° , отклонение от цилиндричности,	
4	Отверстие $\varnothing 10H11$ (справа), линейный размер 12, отклонение от цилиндричности, отклонение от параллельности	
5	Отверстие $\varnothing 20H12$ (в центре), линейный размер 10, угол 90° , отклонение от цилиндричности	Приложение М Чертеж детали типа «Крышка»
6	Отверстие $\varnothing 16H12$, линейный размер 120, отклонение от цилиндричности, отклонение от параллельности	
7	Отверстие $\varnothing 10H12$, линейный размер 8, отклонение от параллельности, отклонение от цилиндричности	
8	Отверстие $\varnothing 16H12$, линейный размер 15, отклонение от перпендикулярности, отклонение от цилиндричности	

6. Включить компьютер с программным обеспечением ТЕХНОкоорд;
7. Запустить программу ТЕХНОкоорд (рабочий стол → стандартная контактная схема);
8. Подготовить КИМ к работе:

- произвести тщательный осмотр изделия, протереть смоченной в обезжиривателе салфеткой, которая не оставляет ворса;
 - убедиться, что никакие кабели не препятствуют работе подвижных частей КИМ;
 - проверить заземление и подключить КИМ к сети через сетевой фильтр типа «Pilot».
6. Включить КИМ с помощью кнопки включения-выключения;
 7. Выбрать САД-модель детали в соответствии с пунктом 1.4. теоретической части и вашим вариантом;
 8. Установить деталь на рабочий стол КИМ в соответствии с пунктом 1.2. теоретической части и вашим вариантом;
 9. Проверить настройки щуповой системы в соответствии с пунктом 1.5. теоретической части;
 10. Произвести привязку САД-модели в соответствии с пунктом 1.6. теоретической части;
 11. Создать стратегию измерения элементов детали в соответствии с пунктом 1.7. теоретической части и заданием по варианту;
 12. Построить маршрут измерения (на панели инструментов нажать кнопку «Построить маршрут»);
 13. Сделать скриншот маршрута измерения;
 14. Расставить запрещенный зоны в соответствии с пунктом 1.8. теоретической части;
 15. Создать отчет и расставить размерные параметры в соответствии с пунктом 1.9. теоретической части и заданием по варианту;
 16. Выполнить измерение в соответствии с пунктом 1.10. теоретической части;
 17. Сделать скриншот модели детали с выбранными параметрами контроля и таблицы параметров контроля;
 18. Сохранить отчет (Меню работы с файлом → «Сохранить»);
 19. Оформить отчет. Сделать вывод по работе.

3. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет должен включать в себя:

1. Титульный лист;
2. Наименование работы;
3. Цель работы;
4. Краткое поэтапное описание работы;
5. Скриншоты маршрута измерения детали, модели детали с выбранными параметрами контроля и таблицы параметров после измерения;
6. Вывод по работе.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите особенности и преимущества координатного метода измерений.
2. Для чего выполняется привязка? Назовите порядок её выполнения.
3. С какими элементами происходят все расчеты в редакторе?
4. Перечислите виды стратегий для измерения плоскости.
5. Перечислите виды стратегий для измерения внутреннего (отверстия) и внешнего (вала) цилиндра.
6. Что делает КИМ сразу после подключения и запуска схемы измерения?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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: 31.05.2019).

2. 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/1200009548> (Дата обращения: 03.06.2019).

3. 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. 2015-08-10. – М.: Стандартиформ, 2015 г. – 89 с. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200123255> (Дата обращения: 31.05.2019).

4. Лифиц И.М. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия: учебник / И.М. Лифиц. 11-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2014. - 411 с.

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

6. Российская Федерация. Законы. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» [Электронный ресурс]. – Введ. 2008–12–30 // Техэксперт: электронный фонд правовой и нормативно–технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902107146> (Дата обращения: 03.06.2019).

7. Российская Федерация. Законы. Федеральный закон «О техническом регулировании» [Электронный ресурс]. – Введ. 2003–05–01 // Техэксперт: элек-

тронный фонд правовой и нормативно–технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901836556> (Дата обращения: 03.06.2019).

8. Сажин, С.Г. Средства автоматического контроля технологических параметров [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2014. – 368 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/50683>. – Загл. с экрана.

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

10. Схиртладзе, А. Г. Метрология, стандартизация и технические измерения: учебник для вузов [Гриф УМО] / А. Г. Схиртладзе, Я. М. Радкевич. – Старый Оскол: Тонкие наукоемкие технологии, 2014. – 419 с.

11. 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.

12. 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)

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

ПРИЛОЖЕНИЕ А - Образец оформления титульного листа отчёта

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

ОТЧЁТ

по лабораторной работе №__

по дисциплине «_____»

на тему: «_____»

Выполнил:
студент группы _____

(ФИО)

Проверил:

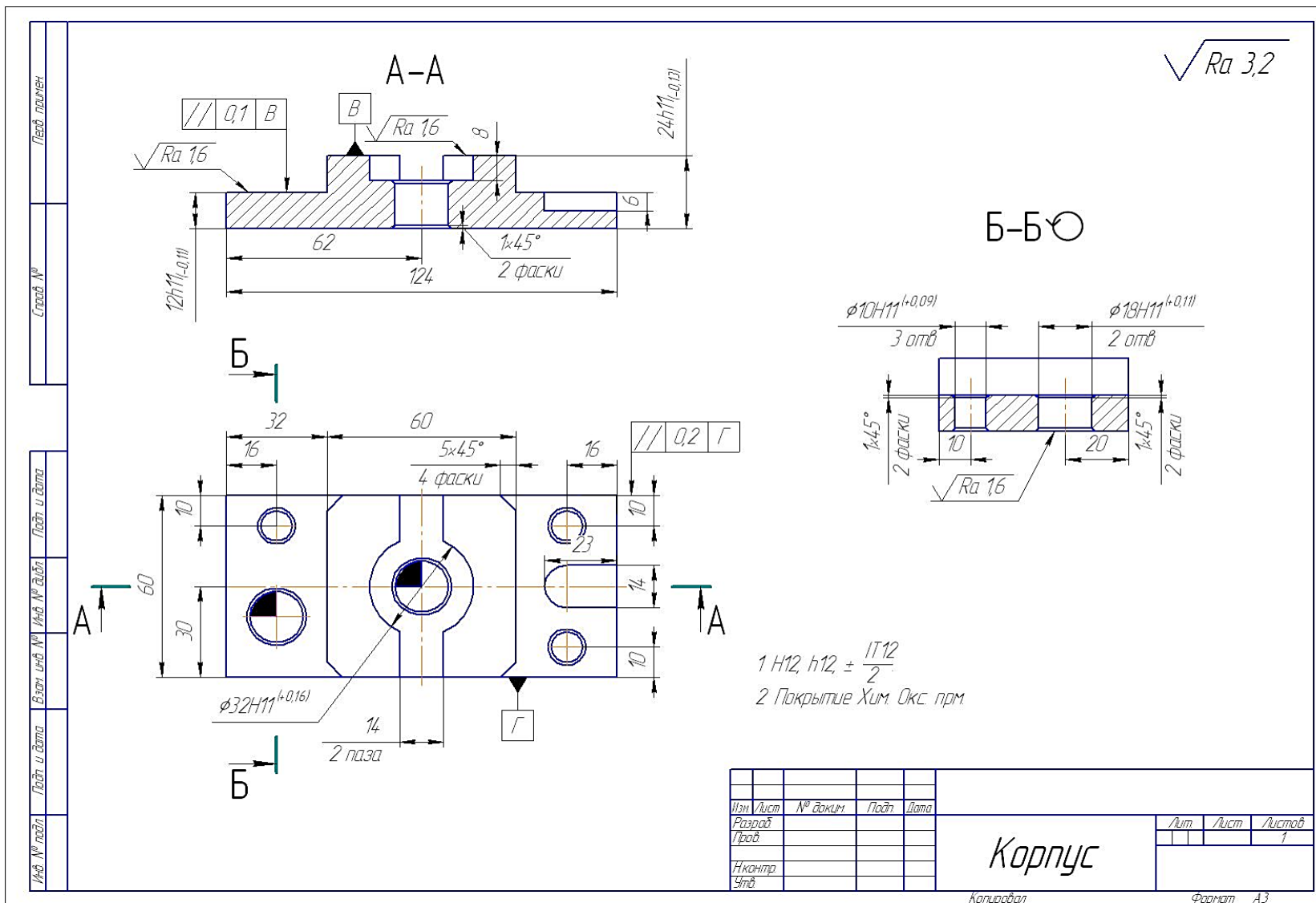
(должность, ученая степень)

(ФИО)

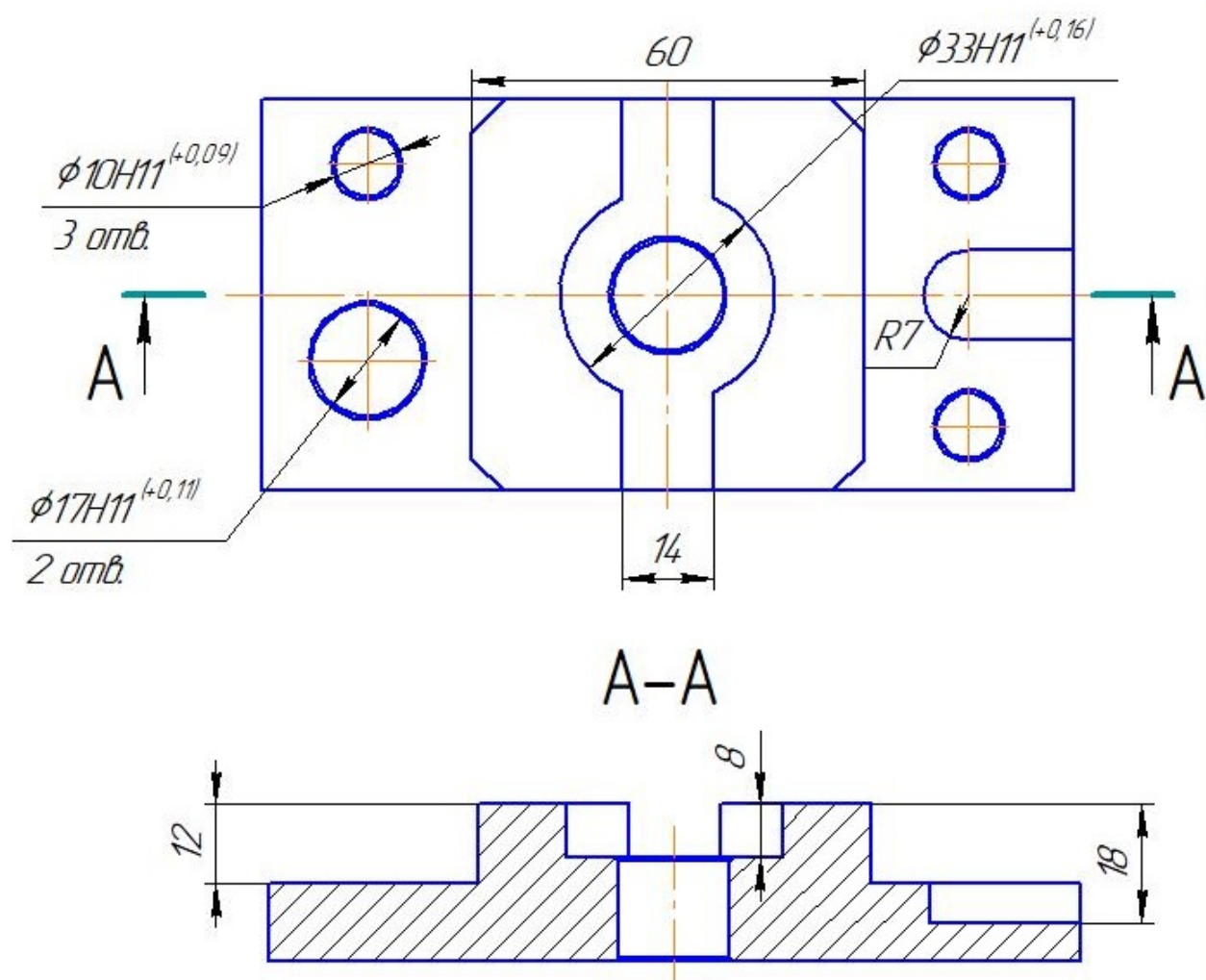
Екатеринбург

2019

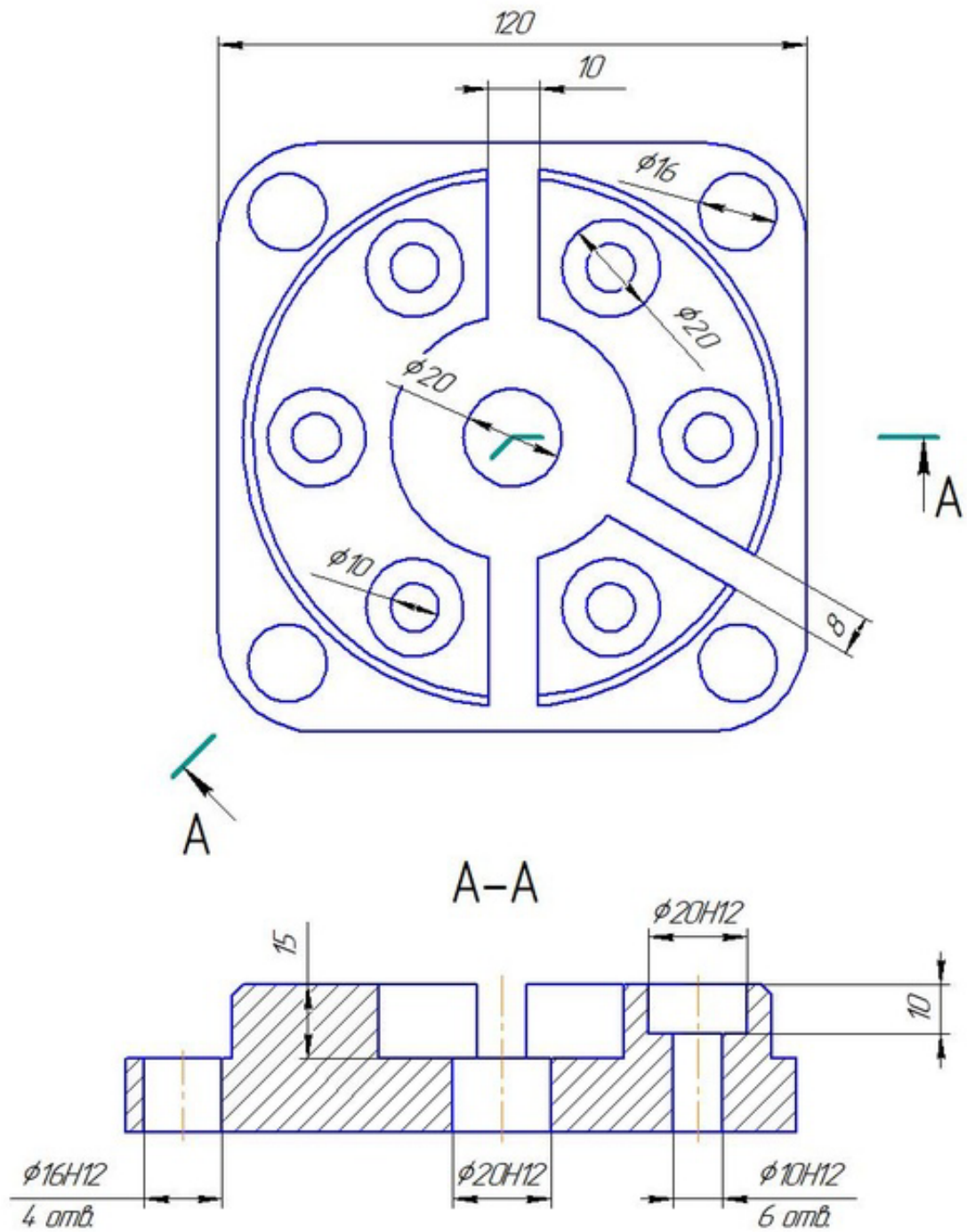
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Чертеж детали типа «Корпус»



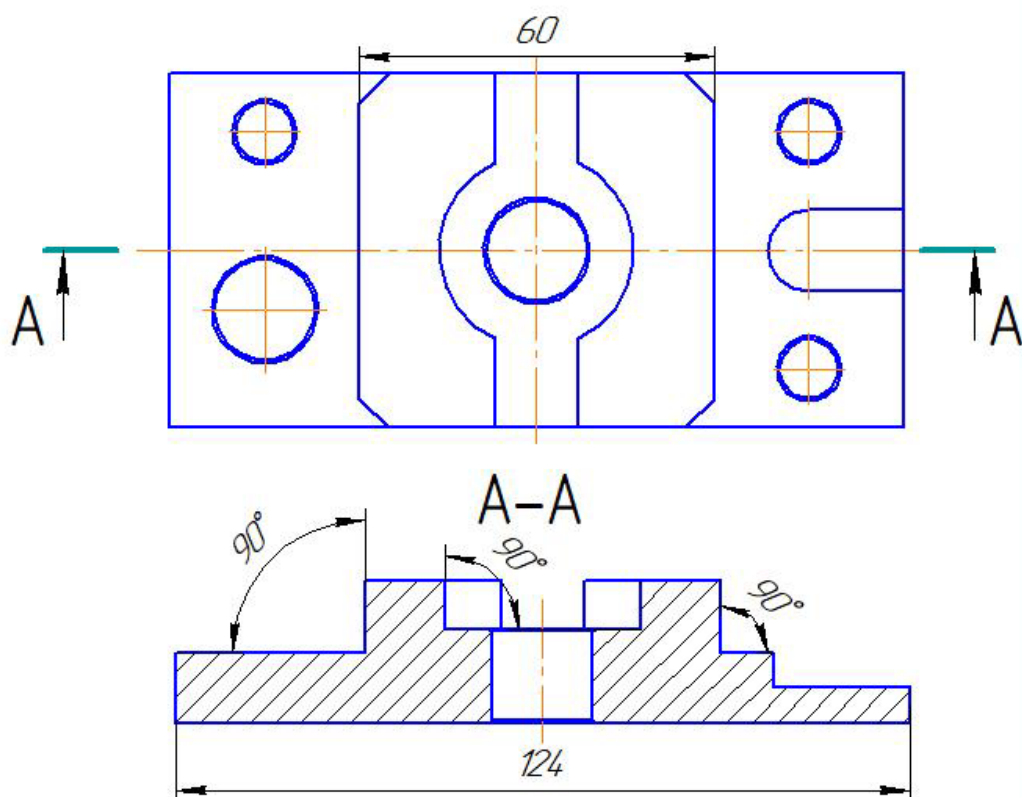
ПРИЛОЖЕНИЕ В – Чертеж детали типа «Корпус»
для лабораторной работы №3



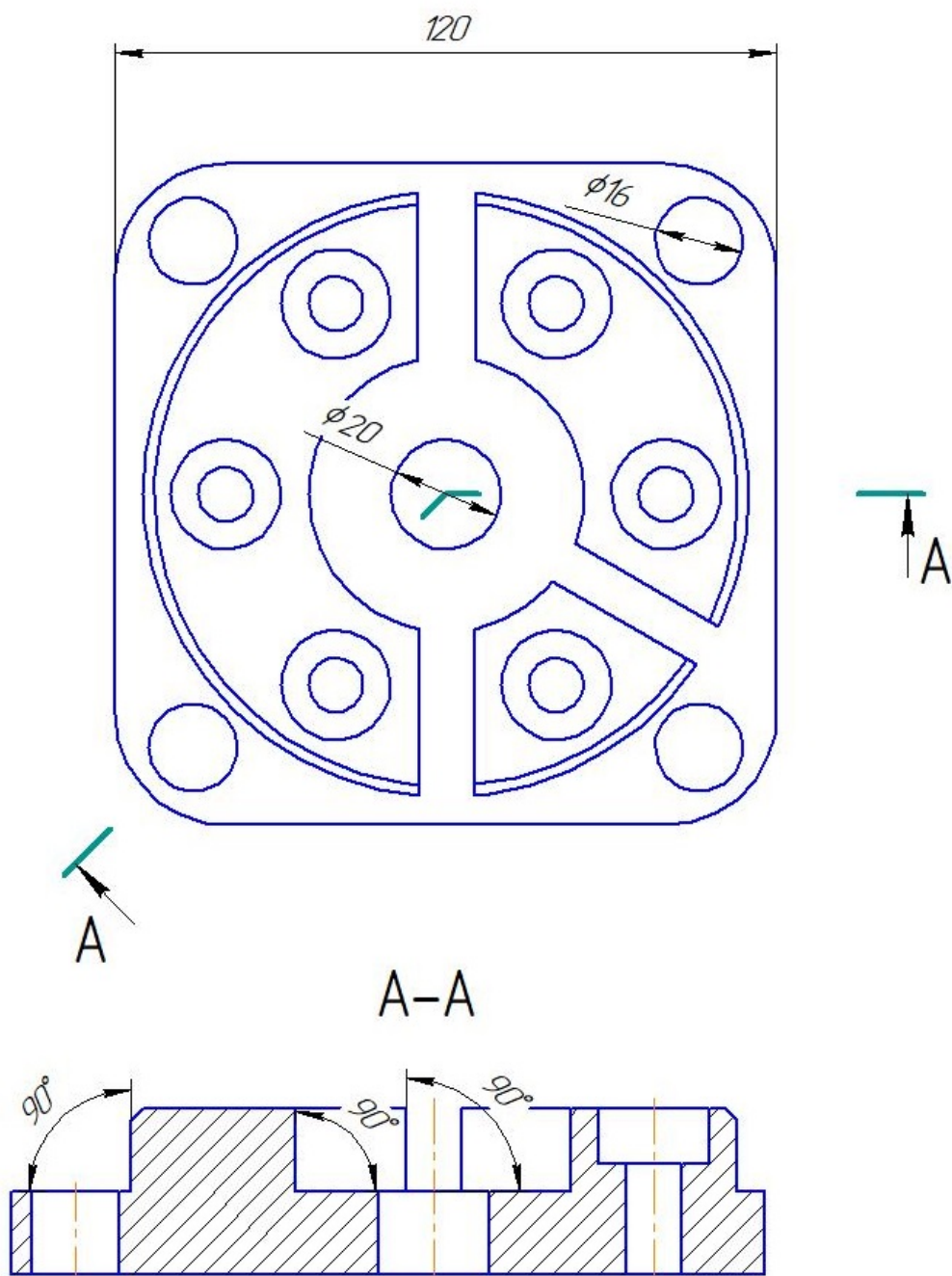
ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Чертеж детали типа «Крышка»
для лабораторной работы №3



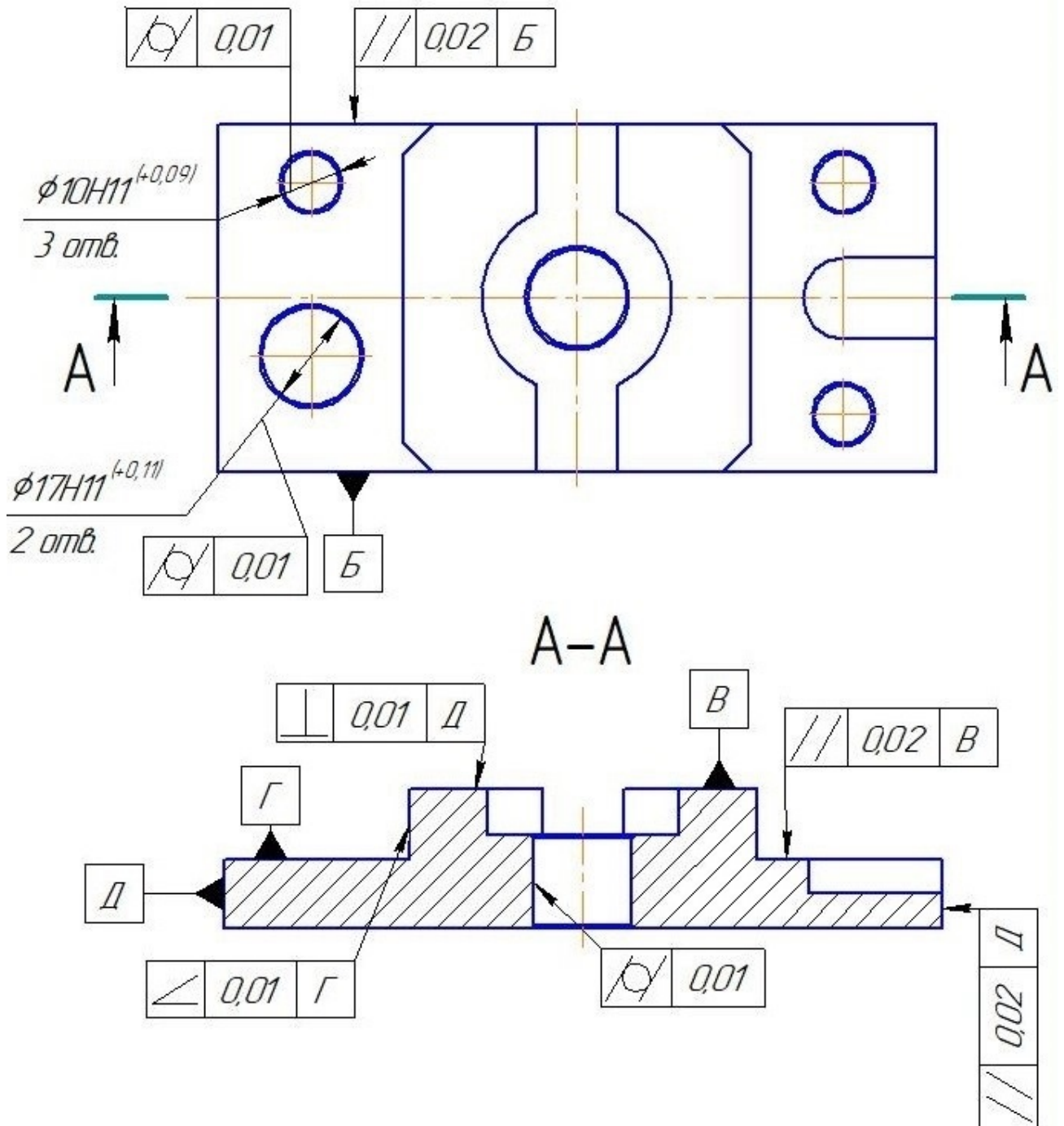
ПРИЛОЖЕНИЕ Д – Чертеж детали типа «Корпус»
для лабораторной работы №4



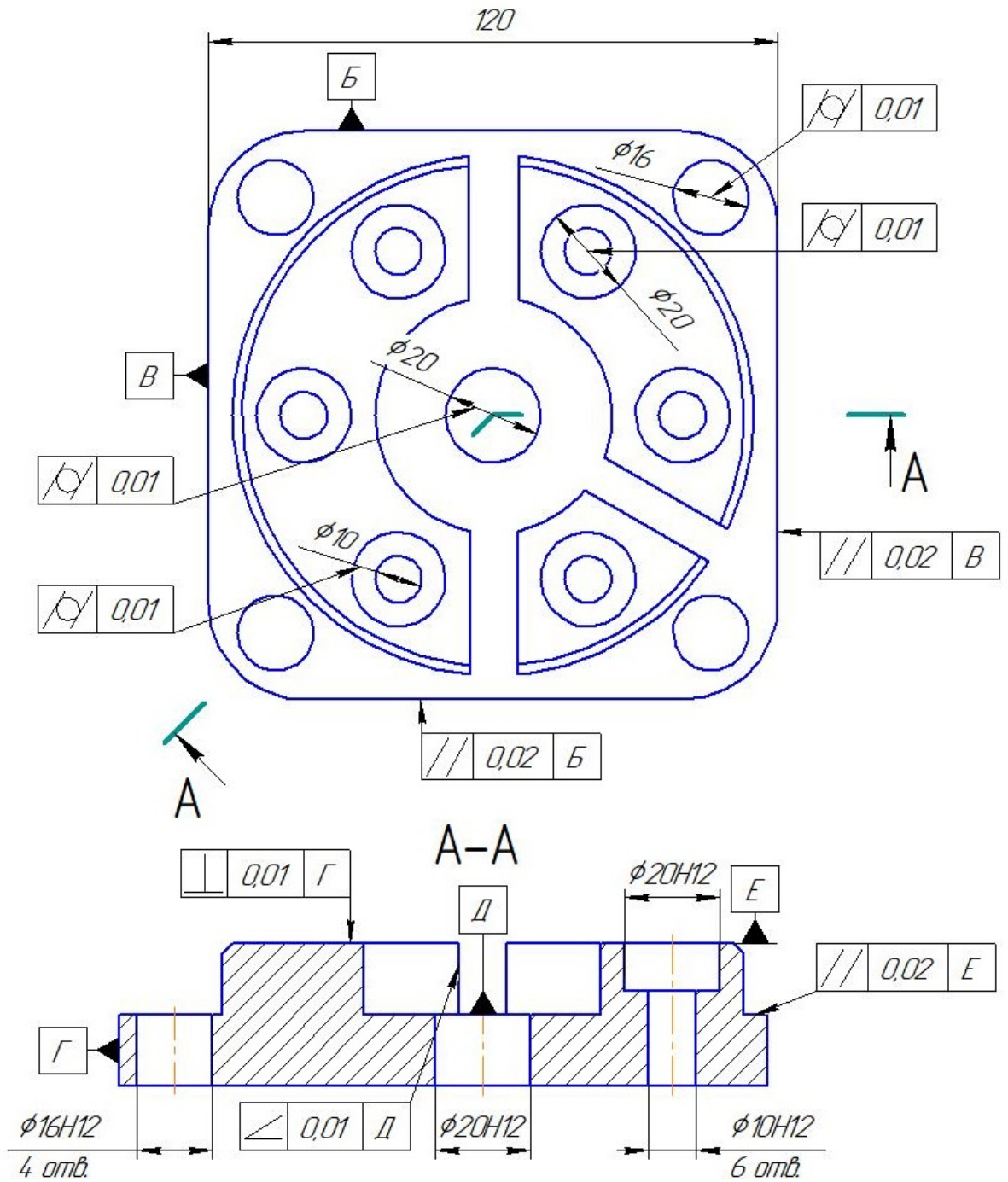
ПРИЛОЖЕНИЕ Е – Чертеж детали типа «Крышка»
для лабораторной работы №4



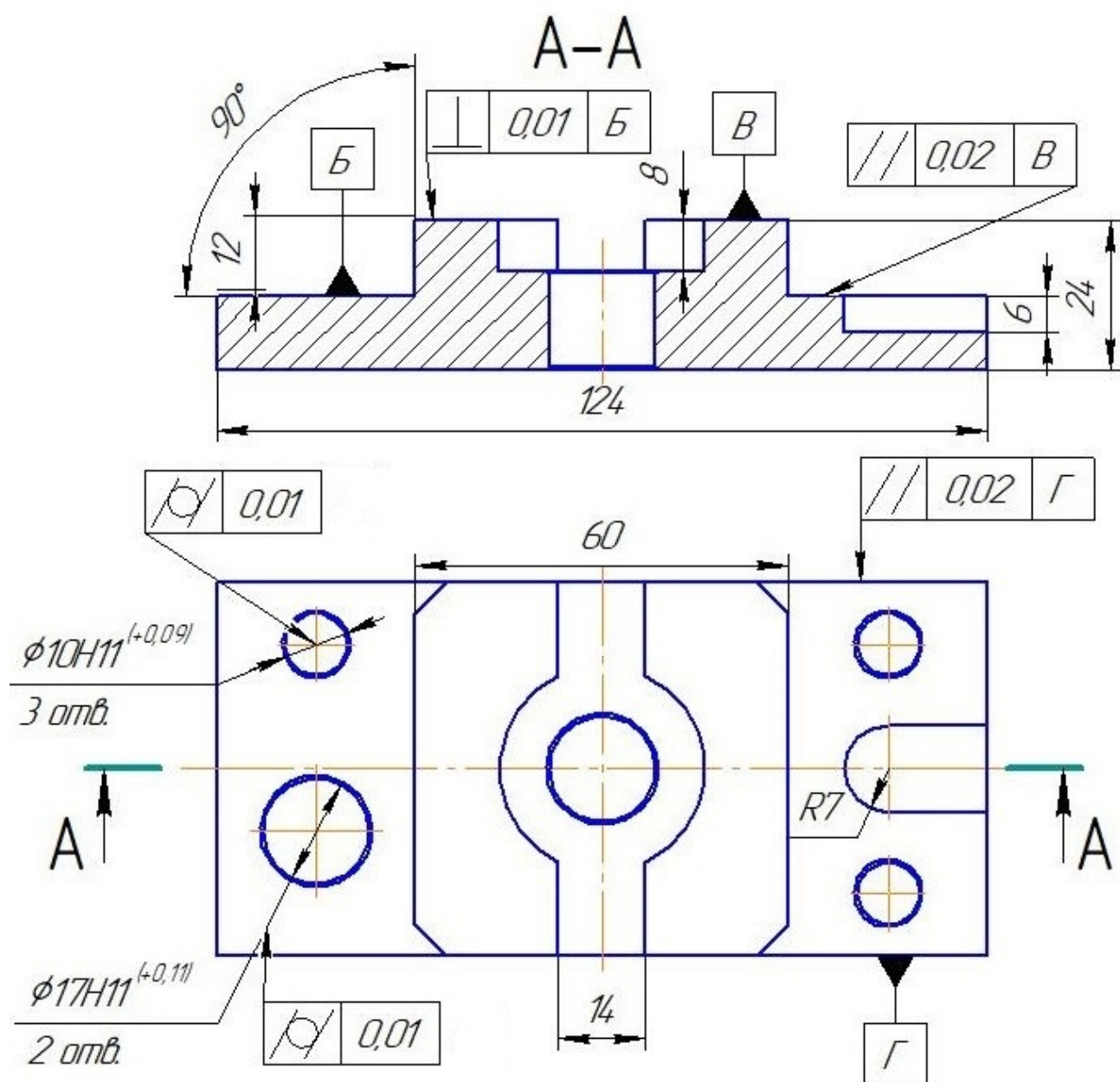
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж – Чертеж детали типа «Корпус»
для лабораторной работы №5



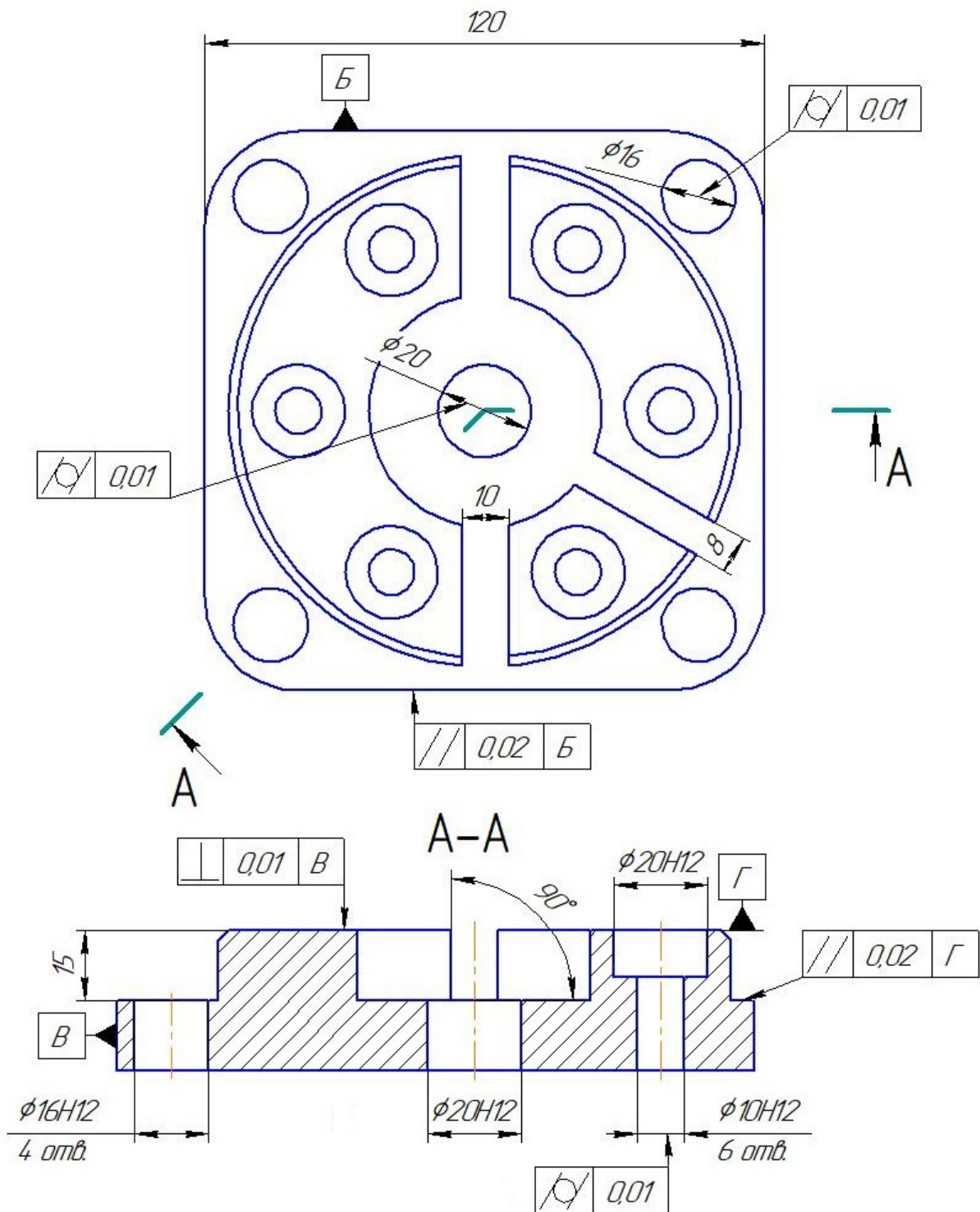
ПРИЛОЖЕНИЕ К - Чертеж детали типа «Крышка»
для лабораторной работы №5



ПРИЛОЖЕНИЕ Л - Чертеж детали типа «Корпус»
для лабораторной работы №6



ПРИЛОЖЕНИЕ М - Чертеж детали типа «Крышка»
для лабораторной работы №6



ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Ход занятий лабораторных работ

Этапы и время	Деятельность преподавателя	Деятельность обучающихся	Методы и средства	Результат
Организация начала занятия 5 мин	Приветствие обучающихся; Проверка готовности к занятию; Проверка присутствующих; Сообщение темы занятия	Подготовка рабочего места; Приветствие преподавателя; Староста академической группы докладывает об отсутствующих; Конспектирование темы	Журнал академической группы; Технические средства: ПК, КИМ	Отметка присутствующих
Актуализация знаний 10 мин	Преподаватель задает вопросы; Если обучающиеся затрудняются ответить, задает наводящие вопросы, совместно с обучающимися обсуждает ответы	Обучающиеся отвечают на вопросы, анализируют свои ошибки в ходе беседы с преподавателем	Словесный метод: Фронтальный опрос; Обсуждение	Проверка начальных знаний у обучающихся по теме лабораторной работы
Изучение нового материала 40 мин	Раздает методические указания по выполнению лабораторной работы, содержащие теоретический материал; Демонстрация видеоуроков; Демонстрация работы на КИМ	Изучают теоретический материал, смотрят видеоуроки, наблюдают за действиями преподавателя при работе на КИМ, отвечают на контрольные вопросы	Рассказ-объяснение; Технические средства: ПК, КИМ	Усвоение новых знаний у обучающихся
Закрепление материала 90 мин	Делит обучающихся на группы (если это необходимо); Контролирует распределение вариантов заданий и выполнение работы на КИМ, при необходимости оказывает помощь	Выполняют задание, предусмотренное вариантами	Методические указания по выполнению лабораторной работы (варианты заданий); Технические средства: ПК, КИМ	Приобретение умений самостоятельно работать на КИМ
Подведение итогов занятия 10 мин	Преподаватель подходит к каждой группе обучающихся и оценивает их работу, при необходимости указывает на недочеты и отвечает на вопросы	Показывают свои работы преподавателю, задают вопросы и получают оценку (в баллах)	Словесный метод; Отчет о работе	Получение обучающимися информации о результатах усвоения темы
Информация о домашнем задании 5 мин	Преподаватель оглашает домашнее задание	Записывают домашнее задание	Словесный метод; Тетрадь	Общий вывод по лабораторному занятию

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: http://konkursidei.ru/publikaciya_materialov/katalog_publicacij/