

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Институт кибернетики
 Направление подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое
 обеспечение машиностроительных производств
 Кафедра автоматизации и роботизации в машиностроении

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка средств измерения несоосности валов и автоматизированного расчета линейных величин смещения опорных точек двигателя для компенсации несоосности

УДК 531.7.08

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8н21	Мадалиев А.А.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сикора Е.А.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Николаенко В.С.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Пустовойтова М.И.	к.х.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АРМ	Буханченко С.Е.	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код	Результат обучения
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать уважительное и бережное отношение к историческому наследию, накопленным гуманистическим ценностям и культурным традициям Российской Федерации, а также понимать современные тенденции отечественной и зарубежной культуры
P2	Понимать и следовать законам демократического развития страны, осознавая свои права и обязанности, при этом умело используя правовые документы в своей деятельности, а также демонстрировать готовность и стремление к совершенствованию и развитию общества на принципах гуманизма, свободы и демократии
P3	Осознавать социальную значимость своей будущей профессии и стремиться к саморазвитию, повышению квалификации и мастерства, владея при этом средствами самостоятельного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
P4	Обобщать, анализировать и систематизировать информацию, знать основные методы, способы и средства ее получения, хранения и переработки, демонстрируя при этом навыки работы с компьютером, традиционными носителями информации, распределенными базами знаний, в том числе размещенных в глобальных компьютерных сетях
P5	Владеть деловой, публичной и научной речью, как на русском, так и иностранном языках, демонстрируя при этом навыки создания и редактирования профессиональных текстов с учетом логики рассуждений и высказываний
P6	Находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и быть готовым нести за них ответственность при работе в коллективе, взаимодействуя с его членами на основе принятых в обществе моральных и правовых норм, проявляя уважение к людям, толерантность к другой культуре
P7	Обладать необходимым комплексом знаний в области естественных, социальных, экономических, гуманитарных наук, использовать законы и методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P8	Разрабатывать, осваивать на практике и совершенствовать средства технологического оснащения, технологии, системы и средства автоматизации машиностроительных производств при организации серийного и массового выпуска изделий различного назначения

P9	Уметь осуществлять выбор необходимых материалов, оборудования, технологической оснастки, инструмента, средств автоматизации, программного обеспечения, технологии для проектирования, изготовления и испытания машиностроительной продукции
P10	Владеть методами моделирования и проектирования производственных процессов, объектов и продукции машиностроительного производства с использованием современных информационных технологий и программного обеспечения мирового уровня
P11	Уметь разрабатывать и внедрять технологические процессы изготовления машиностроительной продукции, основываясь на основных закономерностях, действующих в процессе ее изготовления с использованием современных информационных технологий
P12	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда при изготовлении машиностроительной продукции
P13	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов
P14	Проводить испытания и диагностику состояния и динамики объектов машиностроительных производств, определять физико-механические свойства и технологические показатели материалов и готовых изделий с использованием методов, методик и средств программного анализа
P15	Уметь разрабатывать проектную и техническую документацию по установленным формам, являющейся неотъемлемой частью всех этапов жизненного цикла изделий, а также выполнять составление отчетов по результатам производственных испытаний и научных исследований
P16	Уметь осуществлять мероприятия по организации эффективного контроля качества материалов, технологических процессов, средств измерения и готовой машиностроительной продукции в соответствии с требованиями регламентирующей документации

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Кибернетики

Направление подготовки (специальность) 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Кафедра «Автоматизация и роботизация в машиностроении»

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой АРМ ИК

 (Подпись) (Дата) Буханченко С.Е.
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8Н21	Мадалиев Андрей Андреевич

Тема работы:

Разработка средств измерения несоосности валов и автоматизированного расчета линейных величин смещения опорных точек двигателя для компенсации несоосности

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

29.05.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

1. Состав:
 - индикатор перемещения часового типа ИЧ-10 (2 шт.);
 - стойка для установки индикаторов (1 шт.);
 - стойка для установки эталона (1 шт.);
 - карманный персональный компьютер для расчета праметров центровки с ПО (1 шт.);
 - кейс для переноски прибора (1 шт.).
2. Диаметр прицентровываемых валов от 20 до 150мм.
3. Расстояние измерения (между стойками) от 70 до 250 мм.
4. Точность измерения не более 0,1 мм
5. Программа проводит проверку соответствия действительных значений несоосности допускаемым.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Обзор существующих аналогов, исследование методов определения и контроля несоосностей валов, разработка конструкции стенда (эскизное проектирование), выбор источника движения, разработка способа регулировки положения опорных точек источника движения.</p>
--	---

<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Чертеж общий (СБ) – 1 л. (А3) 2. Спецификация – 1 л. (А4) 3. Чертеж детали – 1 л. (А4) 4. Технологическая карта – 4 л. (А4) 5. Карта наладки – 1 л. (А3)
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Конструкторский	Сотников Н.Н.
Технологический	Пушкаренко А.Б.
Программный	Сикора Е.А.
БЖД	
Экономическая часть	

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>01.09.2015</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сикора Евгений Александрович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Н21	Мадалиев Андрей Андреевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 104 с., 32 рис., 19 табл., 18 источников, 2 прил.

Ключевые слова: измерительная система, индикатор часового типа, несоосность валов, контроль несоосности валов, установочная призма.

Объектом исследования являются несоосность валов и средства измерения несоосности валов.

Предметом исследования являются разработка средств измерения несоосности валов и автоматизированного расчета линейных величин смещения опорных точек двигателя для компенсации несоосности.

Цель работы – разработать средства измерения несоосности валов и автоматизированного расчета линейных величин смещения опорных точек двигателя для компенсации несоосности в соответствии с техническим заданием.

В процессе исследования проводился обзор аналогов, формулировалась методика контроля несоосности валов индикаторами часового типа, разрабатывалась конструкция измерительной системы, проектировался технологический процесс изготовления детали измерительной системы для мелкосерийного производства, разрабатывалась программа для автоматизированных расчетов результатов измерений.

В результате было получено исчерпывающее описание порядка контроля несоосности валов индикаторами часового типа, разработана конструкция измерительной системы, спроектирован технологический процесс изготовления детали измерительной системы, разработана программа для автоматизированных расчетов результатов измерений.

Основные технико-эксплуатационные характеристики: диаметр прицентровываемых валов от 20 до 160 мм; расстояние измерения (между стойками) от 30 до 250 мм; точность измерения 0,01 мм.

Степень внедрения: по разработанной конструкторской и технологической документации выполняется опытный образец системы, разработана программа для автоматизированных расчетов.

Область применения: учебные, лабораторные и производственные механизмы, имеющие совместно вращающиеся машины; учебные стенды, предназначенные для демонстрации влияния несоосности валов на качество механизма.

Экономическая значимость работы – возможность запуска экономически выгодного производства разработанного изделия.

В дальнейшем планируется тщательная проверка опытного образца, сертификация продукции и запуск мелкосерийного производства разработанного изделия.

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 3.1105-2011. ЕСТД. Формы и правила оформления документов общего назначения. – Введ. 2012-01-01. – М.: Стандартиформ, 2011. – 29 с.
2. ГОСТ 3.1109-82. ЕСТД. Термины и определения основных понятий. – Взамен ГОСТ 3.1109-73; Введ. 1983-01-01. – М.: Стандартиформ, 2012. – 16 с.
3. ГОСТ 3.1404-86. ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием. – Введ. 1987-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 30 с.
4. ГОСТ 3.1702-79. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием. – Введ. 1981-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 22 с.
5. ГОСТ 14.201-83. Обеспечение технологичности конструкции изделий. Общие требования. – Введ. 1984-01-01. – М.: Стандартиформ, 2009. – 9 с.
6. ГОСТ 14.205-83. Технологичность конструкции изделий. Термины и определения. – Введ. 1983-01-07. – М.: Стандартиформ, 2009. – 5 с.
7. ГОСТ 14.301-83. ЕСТД. Общие правила разработки технологических процессов. – Взамен ГОСТ 14.301-73, ГОСТ 14.302-73, ГОСТ 14.311-75; Введ. 1984-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 9 с.
8. ГОСТ 577-68. Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Технические условия. – Введ. 1968-01-07. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 11 с.
9. ГОСТ 3032-76. Гайки-барашки. Конструкция и размеры. – Введ. 1977-30-06. – М.: Стандартиформ, 2002. – 8 с.
10. ГОСТ 2679-93 (ИСО 2296-72). Фрезы прорезные и отрезные. Технические условия. – Введ. 1996-07-01. – М.: Стандартиформ, 2008. – 22 с.
11. ГОСТ 8908-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные углы и допуски углов. – Взамен ГОСТ 8908-58; Введ. 1982-01-01. М.: Изд-во стандартов, 2002. – 10 с.
12. ГОСТ 17475-80. Винты с потайной головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры. – Введ. 1982-1-01. – М.: Стандартиформ, 2002. – 8 с.
13. ГОСТ 18948-73. Фрезы концевые цилиндрические, оснащенные коронками из твердого сплава, для труднообрабатываемых сталей и сплавов. Конструкция и размеры. – Введ. 1975-01-01. – М.: Стандартиформ, 2002. – 4 с.

14. ГОСТ 26595-85. Фрезы торцовые с механическим креплением многогранных пластин. Типы и основные размеры. – Взамен ГОСТ 22085-76, ГОСТ 22086-76; Введ. 1986-07-01. – М.: Стандартиформ, 2010. – 8 с.
15. ГОСТ 28527-90. Фрезы дисковые трехсторонние. Типы и основные размеры. – Взамен ГОСТ 22085-76, ГОСТ 22086-76; Введ. 1986-07-01. – М.: Стандартиформ, 2010. – 8 с.
16. ОСТ 23.4.63-79. Припуски на обработку поверхностей. – Введ. 1982-1-01. – М.: Стандартиформ, 1985. – 36 с.
17. Строительные нормы и правила: СНиП III-Г.10.3-69 Насосы. Правила производства и приемки монтажных работ: нормативно-технический материал. – Москва, 1970. – 16 с.
18. Р 50-54-85-88. Классификация, разработка и применение технологических процессов. Рекомендации. – М.: ВНИИМАШ, 1988. – 35 с.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящей работе использованы следующие обозначения и сокращения:

Часовой индикатор – индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм по ГОСТ 577-68.

ИЧ-10 – индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм с диапазоном измерения до 10 мм по ГОСТ 577-68.

Измерительный стержень – измерительный стержень индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм по ГОСТ 577-68.

Измерительный наконечник – измерительный наконечник индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм по ГОСТ 577-68.

Измерение – измерение величины несоосности индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм по ГОСТ 577-68.

Диаметр измерения – диаметр окружности, описываемой точкой соприкосновения измерительного наконечника с контактируемой поверхностью, при повороте вала с жестко закрепленной на нем измерительной системой на полный оборот.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	11
1. Обзор аналогов.....	13
2. Объект и методы исследования.....	17
3. Разработка средств измерения несоосности валов и программы для автоматизированных расчетов результатов измерений.....	18
3.1 Контроль несоосности валов индикаторами часового типа.....	18
3.2 Разработка конструкции измерительной системы.....	26
3.3 Проектирование технологического процесса изготовления детали Призма установочная ФЮРА.401911.001.000.001 для мелкосерийного производства.....	36
3.3.1 Проектирование технологического процесса изготовления детали.....	36
3.3.2 Графическая часть (альбом) технологической операции 015 фрезерная с ЧПУ.....	58
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	60
5. Социальная ответственность.....	69
Заключение.....	79
Список публикаций и презентаций.....	80
Список используемых источников.....	81
Приложение А. Комплект конструкторской документации.....	82
Приложение Б. Комплект технологической документации.....	94

CD-диск. Комплект конструкторской документации. Комплект технологической документации.
(Файлы в форматах SolidWorks Part, eDrawing, SolidWorks Drawing, Adobe Portable Document Format).

ВВЕДЕНИЕ

Существующая политическая ситуация приводит к сокращению сотрудничества в сфере машиностроения с иностранными предприятиями. Можно утверждать, что значительного повсеместного обновления парка оборудования в ближайшее время не предвидится, поэтому возникает проблема обеспечения большей долговечности действующего оборудования.

Несоосность валов механизмов является весьма распространенным явлением – не менее 50 % выхода из строя механизмов с совместно вращающимися машинами происходит именно по этой причине. Несоосность вносит значительный вклад в уровень вибрации – 50...70 %; приводит к увеличению потребления энергии системой в среднем на 15 %. Возрастающая при этом нагрузка на подшипники приводит к сокращению срока их эксплуатации до 50 %, уменьшает срок службы уплотнений, отрицательно сказывается на других механических компонентах [1, 2].

Объектом исследования являются несоосность валов и средства измерения несоосности валов.

Предметом исследования являются разработка средств измерения несоосности валов и автоматизированного расчета линейных величин смещения опорных точек двигателя для компенсации несоосности.

Цель работы – разработать средства измерения несоосности валов и автоматизированного расчета линейных величин смещения опорных точек двигателя для компенсации несоосности в соответствии с техническим заданием.

Научной новизной является доступное и подробное обоснование всех приведенных расчетных формул по определению необходимого смещения опор подвижной машины для компенсации несоосности валов. Практической новизной является решение конкретной конструкторской задачи – разработка измерительной системы в соответствии с требованиями технического задания; а также решение конкретной технологической задачи – проектирование технологического процесса изготовления наиболее сложной детали измерительной системы для мелкосерийного производства.

Данная работа может быть полезна как руководителям предприятий среднего машиностроения, так и сотрудникам, выполняющим работы по контролю несоосности валов совместно вращающихся машин, а также может быть использована как методическое пособие при разработке конструкции измерительных систем и проектировании технологических процессов. Разработанное изделие применяется для учебных, лабораторных и производственных механизмов, имеющих совместно вращающиеся машины; учебных стендов, предназначенных для демонстрации влияния несоосности валов на качество механизма.

Разработка является безопасной с позиций социальной ответственности и экономически выгодной в виду малой конкуренции на современном российском рынке.

На текущий момент по разработанным комплектам конструкторской и технологической документации выполняется опытный образец измерительной системы; разработана программа для автоматизированных расчетов. В дальнейшем планируется тщательная проверка опытного образца, оформление расчетной программы в виде приложения для смартфонов, сертификация продукции и запуск мелкосерийного производства разработанного изделия.

Программа для автоматизированных расчетов была презентована на конкурсе инновационных программных IT-проектов в день Института Кибернетики ТПУ 11 сентября 2015г. в рамках проекта «Центровка валов электрических машин».

1. ОБЗОР АНАЛОГОВ

Данный раздел содержит краткую наиболее важную информацию о состоянии решаемой проблемы, достижениях современной науки и техники в рассматриваемой области знаний, технике и технологии.

По достигаемой точности контроль несоосности классифицируют следующим образом:

- грубый контроль с точностью 0,5...1 мм (метод по образующей муфты с помощью линейки, с помощью штангенциркуля, с помощью щупов). Используется на этапах монтажа агрегата;
- предварительный контроль с точностью 0,03...0,05 мм (методы обхода одной точкой, с помощью одной или двух пар радиально-осевых скоб). Используется на этапах монтажа агрегата;
- точного контроля с точностью не менее 0,01 мм (приборы с часовыми индикаторами, датчиками перемещений, микропроцессорными приборами). Используется после окончательной установки агрегата, перед пуском и в процессе эксплуатации, когда существующая несоосность превышает допускаемые значения (табл. 2);
- особо точного контроля с точностью до 0,001 мм (приборы с лазерными излучателями). Применяется для валов, соединенных жесткими муфтами.

Наиболее широко на рынке представлены измерительные системы с лазерными излучателями, однако способ контроля несоосности валов часовыми индикаторами весьма привлекателен в виду доступности и приемлемой точности данных приборов для большинства механизмов среднего машиностроения. В связи с возможностью производства измерительных систем с часовыми индикаторами оборудованием кафедры АРМ ИК ТПУ, был сделан выбор в пользу производства данного типа приборов.

Основными представителями на мировом рынке оборудования для контроля несоосности валов совместно вращающихся машин являются Fixturlaser (Швеция), CSI Technologies (США), Baltech GmbH (Германия), Machine Dynamics Inc. (США), AB Damalini (Швеция), AB SKF (Швеция). На российском рынке эксклюзивным представителем компаний Fixturlaser, CSI Technologies и Baltech GmbH является компания «Балтех». Также на территории СНГ данное оборудование выпускается НПП «Контекст» (Украина).

Конструкция измерительных систем определяет ограничения в области применения, а ее технологичность определяет себестоимость изделия. Характерные конструкции приведены на рисунках 1 и 2.



Рисунок 1 – Измерительная система Fixturlaser Dial Indicator Kit 1-0951 от «Fixturlaser»



Рисунок 2 – Измерительная система Квант-А-II от «Балтех»

Принципиально можно выделить следующие детали, входящие в комплект измерительной системы с часовым индикатором: установочная призма, служащая для установки измерительной системы на вал и жесткого закрепления на валу во время всего процесса измерений; штанги и

кронштейны, служащие для настройки положения индикатора относительно установочной призмы; часовой индикатор (рисунок 3).

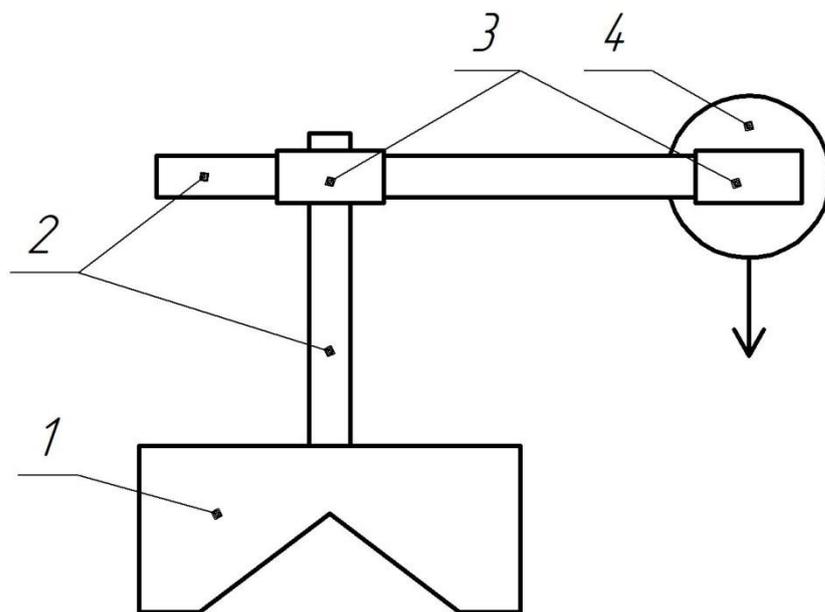


Рисунок 3 – Детали, входящие в состав измерительной системы с часовым индикатором: 1, 2, 3 – устройство крепления: 1 – установочная призма, 2 – штанги, 3 – кронштейны; 4 – часовой индикатор.

Основные отличия конструкций измерительных систем заключены в конструкциях установочных призм и кронштейнов. Основные типы используемых призм по способу крепления на валу представлены на рисунках 4-7.



Рисунок 4 – Призма с цепным креплением на валу



Рисунок 5 – Призма с фланцевым магнитным креплением



Рисунок 6 – Призма узкая с винтовым креплением



Рисунок 7 – Магнитная скоба для болтового соединения

Призма с цепным креплением на валу (рисунок 4) обеспечивает надежное закрепление измерительного устройства благодаря усилию натяжения цепи. Применение цепей различной длины позволяет устанавливать устройства на валы различных диаметров, фактически максимальный диаметр вала, на котором может быть установлена призма, определяется только длиной цепи. Призма с фланцевым магнитным креплением (рисунок 5) применяется для установки на любые торцевые поверхности, способные удерживать магнит. Призма узкая с винтовым креплением (рисунок 6) применяется для установки в ограниченном пространстве, используется для узкого диапазона диаметров валов. Магнитная скоба для болтового соединения систем с лазерными индикаторами (рисунок 7) предназначена для установки таким образом, чтобы например лазер мог проходить через технологические отверстия полумуфт или др.

Кронштейны комплекта измерительной системы, предназначенные для крепления штанг и индикаторов, у отдельных аналогов сильно отличаются своей конструкцией (рисунок 1), однако могут быть и значительно унифицированы.

2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являются несоосность валов и средства измерения несоосности валов.

Предметом исследования являются разработка средств измерения несоосности валов и автоматизированного расчета линейных величин смещения опорных точек двигателя для компенсации несоосности.

Цель работы – разработать средства измерения несоосности валов и автоматизированного расчета линейных величин смещения опорных точек двигателя для компенсации несоосности в соответствии с техническим заданием.

Для достижения поставленной цели использовались различные методы исследования, моделирования и конструирования.

Для формулирования методики контроля несоосности валов индикаторами часового типа применялись анализ и синтез информации; дедукция и индукция при ее обработке; сравнение, обобщение и классификация при работе с источниками и полученными результатами.

При разработке конструкции измерительной системы кроме вышеперечисленных методов применялись также сравнение и моделирование, проводились эксперименты.

При проектировании технологического процесс изготовления детали измерительной системы для мелкосерийного производства и разработке программы для автоматизированной обработки результатов измерений линейных величин смещения опорных точек двигателя для компенсации несоосности применялись все вышеуказанные методы исследования.

3. РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ НЕСООСНОСТИ ВАЛОВ И ПРОГРАММЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ РАСЧЕТОВ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

В данной главе подробно описываются методика контроля несоосности валов индикаторами часового типа, подетальная разработка конструкции измерительной системы, проектирование технологического процесса изготовления детали Призма установочная ФЮРА.401911.001.000.001 для мелкосерийного производства, разработка программы для автоматизированного расчета линейных величин смещения опорных точек двигателя для компенсации несоосности.

3.1 КОНТРОЛЬ НЕСООСНОСТИ ВАЛОВ ИНДИКАТОРАМИ ЧАСОВОГО ТИПА

В данном разделе приводится подробный обзор контроля несоосности валов часовыми индикаторами, определяются его область применения и порядок проведения, обработка результатов измерений, обеспечение допускаемой величины несоосности, пути повышения точности контроля.

Выделяют параллельную и угловую несоосность валов. Данные случаи являются идеализированными, на практике оба типа несоосности присутствуют одновременно.

Контроль несоосности валов совместно вращающихся машин является ключевым этапом процесса достижения такого взаимного расположения, при котором величина несоосности не превышает допускаемого значения (табл. 2). По результатам проведенного контроля проводится смещение подвижной машины относительно стационарной на рассчитанную величину. Обычно приводные машины (например, гидронасосы) считаются стационарными, а двигатели (например, электродвигатели) – подвижными машинами [3].

Снижение величины несоосности валов достигается путем перемещения опор подвижной машины в горизонтальной и вертикальной плоскостях за счет применения регулируемых опор, использования калиброванных проставочных пластин.

Подробно рассмотрим способ контроля несоосности валов часовыми индикаторами в виду их доступности и приемлемой точности для большинства механизмов среднего машиностроения.

Предварительно перед контролем несоосности валов необходимо выполнить следующие действия:

1. Установить величину поправки Δ , требуемой для компенсации влияния прогиба штанги и других частей устройства крепления часового индикатора под действием сил гравитации.
2. Убедиться в отсутствии люфта между опорами подвижной машины и рамой.
3. Убедиться в жесткости измерительной системы (часовой индикатор с устройством крепления) и жесткости ее крепления к валу.

Рассмотрим метод определения величины поправки Δ . Поскольку устройства крепления индикаторов на полумуфтах являются регулируемыми, то величина прогиба штанги является вариативной, зависящей от положения индикатора на штангах. Соответственно, величину требуемой поправки Δ следует определять для каждого случая изменения положения индикатора относительно устройства его крепления.

Принцип определения величины поправки Δ основан на проведении замеров в вертикальной плоскости (рисунок 8). Измерительная система при этом монтируется на жесткой трубе, эталонном валу или валу одной из машин механизма. Данные измерения недопустимо проводить на двух валах исследуемой установки, поскольку, проворачивая валы на 180° , результат измерения будет зависеть как от прогиба штанги, так и от несоосности валов.



Рисунок 8 – Измерение величины прогиба устройства крепления в вертикальной плоскости: а) над валом; б) под валом

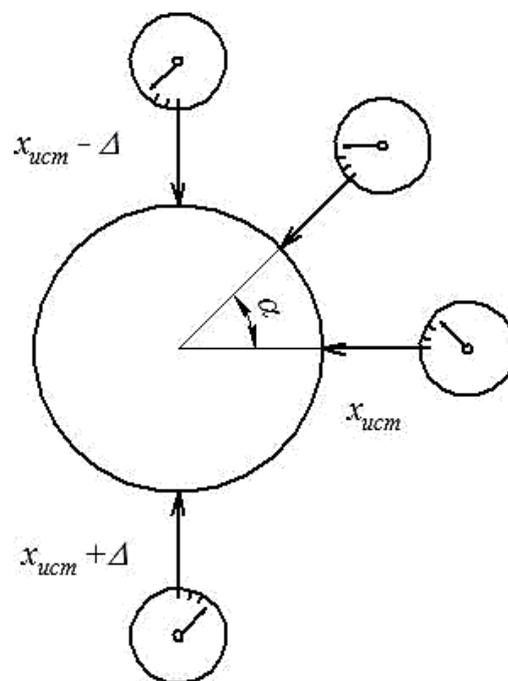


Рисунок 9 – Вклад от величины поправки Δ при повороте вала

Для проведения определения величины поправки Δ необходимо:

1. Установить измерительную систему на валу как при контроле несоосности в вертикальном положении над валом (рисунок 8, а).
2. Обнулить показания часового индикатора.
3. Провернуть с измерительной системой вал на 180° (рисунок 8, б).
4. Снять показания часового индикатора, полученное значение представляет собой двойную величину поправки -2Δ (рисунок 9).

Жесткость измерительной системы и жесткость ее крепления к валу оцениваются повторяемостью результатов измерений. Для большинства механизмов среднего машиностроения оптимальной величиной разброса (разности между наибольшим и наименьшим значениями) результатов измерений являются 0,05 мм при повороте измерительной системы на один оборот [4].

Как видно из рисунка 10, вклад от прогиба штанги и других частей устройства крепления в показания часового индикатора непостоянен и изменяется по гармоническому закону: $x = x_{\text{ист}} - \Delta \cdot \sin\alpha$. Этот вклад удобно учитывать в специальной компьютерной программе, определяющей необходимое смещение опор подвижной машины по результатам проведенного контроля несоосности валов.

Можно выделить два метода контроля несоосности валов часовыми индикаторами: *радиально-осевой метод* (рисунок 11), при котором один индикатор расположен в осевом, а другой – в радиальном направлении, и *метод обратных индикаторов* (рисунок 13), при котором оба индикатора расположены радиально. Метод обратных индикаторов обязан своим названием перемещением измерительных стержней индикаторов в противоположных направлениях в процессе измерений.

Оба метода равнозначны по точности контроля, однако для машин с существенным перемещением вала вдоль собственной оси в процессе работы (к примеру, у машин с подшипниками скольжения) предпочтителен метод обратных индикаторов, поскольку измерения при этом проводятся только в радиальном направлении [4].

Поворачивая валы с жестко закрепленными на них измерительными системами фиксируют показания индикаторов в четырех угловых положениях. Направление поворота валов принимается против часовой стрелки при взгляде оператора со стороны стационарной машины на подвижную (рисунок 10). Результатами измерений являются четыре пары показаний индикаторов, полученных путем замеров в положении валов 0° , 90° , 180° и 270° (табл. 1).

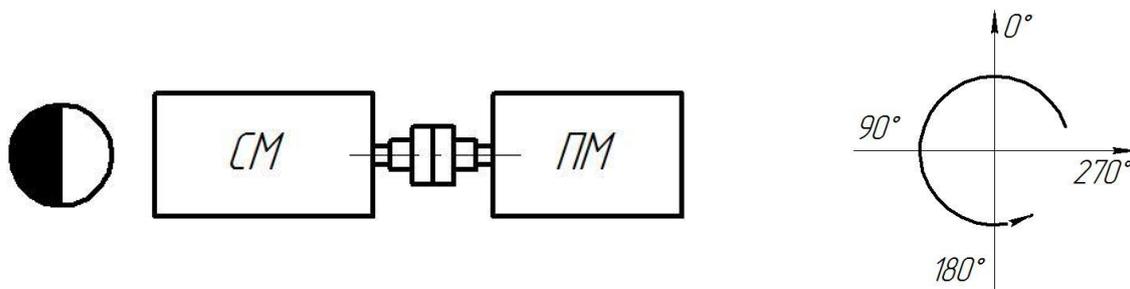


Рисунок 10 – Направление взгляда оператора и направление поворота валов.
СМ – стационарная машина, ПМ – подвижная машина

По результатам измерений (табл. 1) дается заключение о соответствии величины несоосности допускаемой, а также определяется требуемая величина смещения опор подвижной машины для компенсации несоосности валов. Данные расчеты проводятся вручную, либо автоматизированным способом с помощью специальных компьютерных программ, либо автоматически при использовании измерительных систем с лазерными излучателями [5].

Таблица 1. Результаты измерений

	0°	90°	180°	270°
Часовой индикатор 1	$s_1^{0^\circ}$	$s_1^{90^\circ}$	$s_1^{180^\circ}$	$s_1^{270^\circ}$
Часовой индикатор 2	$s_2^{0^\circ}$	$s_2^{90^\circ}$	$s_2^{180^\circ}$	$s_2^{270^\circ}$

Несоосность валов считается удовлетворительной, если разность результатов измерений в диаметрально противоположных точках (например, $s_1^{0^\circ}$ и $s_1^{180^\circ}$) не превышает величин, указанных в табл. 2.

Таблица 2. Допускаемые величины угловой и параллельной несоосности валов совместно вращающихся машин [СНиП III-Г.10.3-69]

Скорость вращения вала (ротора), об/мин	Допускаемые величины угловой (при диаметре измерения 500 мм*) и параллельной несоосности, мм		
	муфта жесткая	муфта упругая пальцевая	муфта зубчатая
до 500	0,1	0,15	0,20
до 750	0,08	0,10	0,15
до 1500	0,06	0,08	0,12
до 3000	0,04	0,06	0,10
выше 3000	0,02	0,04	0,08

* Допускаемая величина угловой несоосности определяется как $a_1 = aD/500$, где a_1 и a – искомый и табличный допуски, мм; D – диаметр измерения, мм.

Рассмотрим расчет требуемых величин смещения опор подвижной машины при измерениях радиально-осевым методом (рисунок 11).

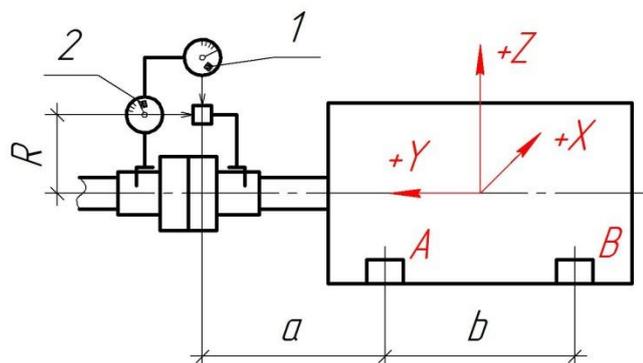


Рисунок 11 – Принципиальная схема установки измерительной системы на исследуемый механизм для радиально-осевого метода контроля, где 1 и 2 – соответственно радиальный и осевой индикаторы; a – расстояние между измерительным стержнем радиального индикатора и центрами креплений передних опор A подвижной машины (электродвигателя), b – расстояние между центрами креплений передних A и задних B опор электродвигателя; R – радиус измерения

Исходя из параметров установки и расположения на ней измерительной системы, известны величины a , b , R . Составим расчетную схему для определения необходимого смещения передних A и задних B опор подвижной машины в направлении оси Z (рисунок 12). Данная схема составлена исходя из принципа независимости смещений, определенных с помощью радиального и осевого индикаторов.

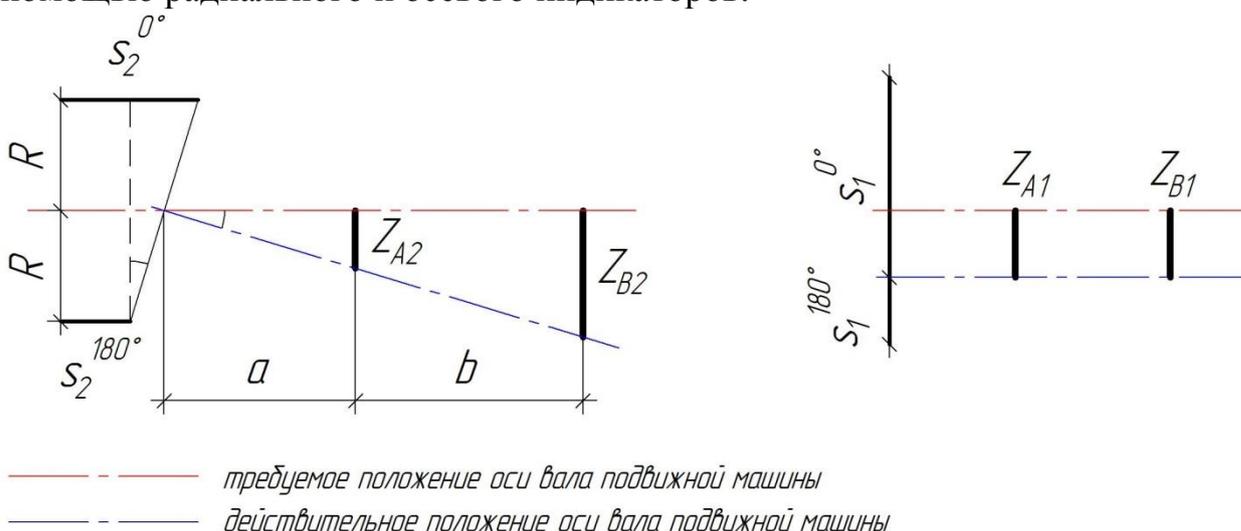


Рисунок 12 – Расчетные схемы для определения необходимого смещения передних A и задних B опор подвижной машины в направлении оси Z радиально-осевым методом

Исходя из принципа подобия треугольников (рисунок 12), необходимые смещения передних Z_{A2} и задних Z_{B2} опор по результатам измерений осевым часовым индикатором:

$$\frac{s_2^{0^\circ} - s_2^{180^\circ}}{2R} \cdot a = Z_{A2};$$

$$\frac{s_2^{0^\circ} - s_2^{180^\circ}}{2R} \cdot (a + b) = Z_{B2}.$$

Необходимые смещения передних Z_{A1} и задних Z_{B1} опор (рисунок 12) по результатам измерений радиальным часовым индикатором:

$$\frac{s_1^{0^\circ} - s_1^{180^\circ}}{2} = Z_{A1};$$

$$\frac{s_1^{0^\circ} - s_1^{180^\circ}}{2} = Z_{B1}.$$

Согласно принципу независимости смещений, результирующие смещения передних Z_A и задних Z_B опор в направлении оси Z , определенные радиально-осевым методом, равно сумме смещений, рассчитанных по результатам измерений радиальным и осевым индикаторами:

$$Z_A = Z_{A1} + Z_{A2} = \frac{s_1^{0^\circ} - s_1^{180^\circ}}{2} + \frac{s_2^{0^\circ} - s_2^{180^\circ}}{2R} \cdot a;$$

$$Z_B = Z_{B1} + Z_{B2} = \frac{s_1^{0^\circ} - s_1^{180^\circ}}{2} + \frac{s_2^{0^\circ} - s_2^{180^\circ}}{2R} \cdot (a + b).$$

Расчет необходимых смещений опор в направлении оси X аналогичен расчету необходимых смещений опор в направлении оси Z (рисунок 12). Соответственно результирующие смещения передних X_A и задних X_B опор в направлении оси X , определенные радиально-осевым методом:

$$X_A = X_{A1} + X_{A2} = \frac{s_1^{90^\circ} - s_1^{270^\circ}}{2} + \frac{s_2^{90^\circ} - s_2^{270^\circ}}{2R} \cdot a;$$

$$X_B = X_{B1} + X_{B2} = \frac{s_1^{90^\circ} - s_1^{270^\circ}}{2} + \frac{s_2^{90^\circ} - s_2^{270^\circ}}{2R} \cdot (a + b).$$

Рассмотрим расчет требуемых величин смещения опор подвижной машины при проведении измерений методом обратных индикаторов. Часовые индикаторы при этом могут крепиться как в одинаковом положении

по окружности валов, так и могут быть развернуты друг относительно друга на 180° (рисунок 13).

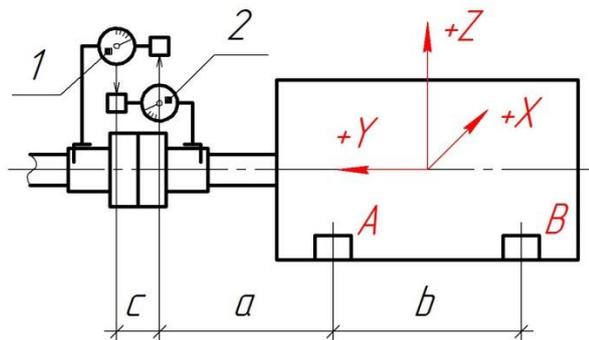


Рисунок 13 – Принципиальная схема установки измерительной системы на исследуемый механизм для метода обратных индикаторов, где 1 и 2 – соответственно индикаторы неподвижной и подвижной машин; a – расстояние между измерительным стержнем неподвижного индикатора и центрами креплений передних A опор подвижной машины (электродвигателя), c – расстояние между измерительными стержнями индикаторов в проекции на ось Y

Результатами измерений (табл. 1) являются четыре пары показаний часовых индикаторов. Также, исходя из параметров установки и измерительной системы, известны величины a , b , c . Составим расчетную схему для определения необходимого смещения передних A и задних B опор подвижной машины в направлении оси Z (рисунок 14).

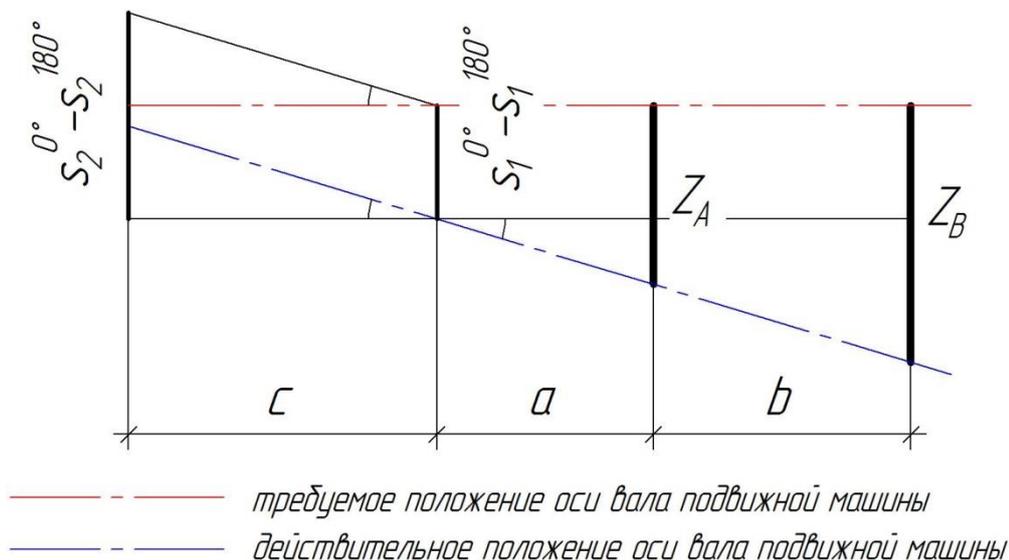


Рисунок 14 – Расчетная схема для определения необходимого смещения передних A и задних B опор подвижной машины в направлении оси Z методом обратных индикаторов

Исходя из принципа подобия треугольников (рисунок 14), необходимые смещения передних Z_A и задних Z_B опор в направлении оси Z , определенные методом обратных индикаторов:

$$Z_A = \frac{(s_2^{0^\circ} - s_2^{180^\circ}) - (s_1^{0^\circ} - s_1^{180^\circ})}{c} \cdot a + (s_1^{0^\circ} - s_1^{180^\circ});$$

$$Z_B = \frac{(s_2^{0^\circ} - s_2^{180^\circ}) - (s_1^{0^\circ} - s_1^{180^\circ})}{c} \cdot (a + b) + (s_1^{0^\circ} - s_1^{180^\circ}).$$

Расчет необходимых смещений опор в направлении оси X аналогичен расчету необходимых смещений опор в направлении оси Z (рисунок 14). Соответственно результирующие смещения передних X_A и задних X_B опор в направлении оси X , определенные методом обратных индикаторов:

$$X_A = \frac{(s_2^{90^\circ} - s_2^{270^\circ}) - (s_1^{90^\circ} - s_1^{270^\circ})}{c} \cdot a + (s_1^{90^\circ} - s_1^{270^\circ});$$

$$X_B = \frac{(s_2^{90^\circ} - s_2^{270^\circ}) - (s_1^{90^\circ} - s_1^{270^\circ})}{c} \cdot (a + b) + (s_1^{90^\circ} - s_1^{270^\circ}).$$

Практическим путем установлено, что измерения достаточно проводить в трех угловых положениях, недостающие показания индикаторов определяются из уравнений [6]:

$$s_1^{0^\circ} + s_1^{180^\circ} = s_1^{90^\circ} + s_1^{270^\circ};$$

$$s_2^{0^\circ} + s_2^{180^\circ} = s_2^{90^\circ} + s_2^{270^\circ}.$$

Данный способ измерений очень удобен в условиях ограниченности зоны для поворота измерительной системы [6]. При использовании инклинометров (как например, в измерительных системах с лазерными излучателями), возможно проведение измерения в трех произвольных точках, однако и в этом случае показания приборов приводятся к смещению в направлениях перемещения опор подвижной машины при регулировке [7].

Использование расчетных программ позволяет избежать ошибок расчета, однако точность контроля зависит не только от точности измерительной системы, но и от точности измерений геометрических характеристик механизма – размеров a, b, c, R . Для обеспечения требуемой точности контроля несоосности валов измерения величин a, b, c, R должны осуществляться с достаточной точностью, определяемой опытно-аналитическим путем. Согласно проведенным исследованиям, для измерения величин a, b, c, R измерительные приспособления с возможностью измерения до 1000 мм – измерительные рулетки с погрешностью прибора в 1 мм [8].

3.2 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

В данном разделе подробно описывается поддетальная разработка конструкции измерительной системы. Требования к конструкции измерительной системы установлены Техническим заданием, кроме того, назначено дополнительное требование – возможность проведения измерений и методом обратных индикаторов, и радиально-осевым методом. Согласно полученным результатам выполнена конструкторская документация.

Требования к точности конструкции и точности настройки измерительной системы

Неточность конструкции измерительной системы, а также неточность ее настройки приводит к отклонению от идеального положения измерительного стержня часового индикатора в угловом и линейном направлениях (рисунок 9).

Отклонения измерительного стержня в линейном направлении согласно методике расчета не оказывают влияния на погрешность величины несоосности. Следовательно, точность конструкции измерительной системы, а также точность ее настройки будем оценивать относительной ошибкой измерения, вносимой отклонением измерительного стержня часового индикатора от нормали к измеряемой поверхности.

Для определения величины допускаемых угловых отклонений измерительного стержня от нормали к измеряемой поверхности используем расчетную схему, изображенную на рисунке 16, выполненную в SolidWorks.

Постоянными величинами в данной схеме (рисунок 16) являются расстояние от поверхности измерения до точки закрепления индикатора 32 мм, определенное по общему виду часового индикатора ИЧ-10 (рисунок 15) как расстояние от наконечника измерительного стержня до середины гильзы; предельное значение несоосности валов, соединяемых муфтой с упругим элементом, 0,8 мм.

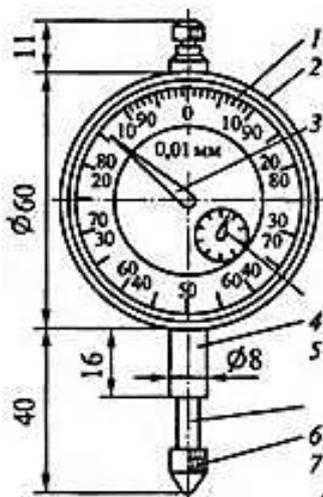


Рисунок 15 – Общий вид ИЧ-10

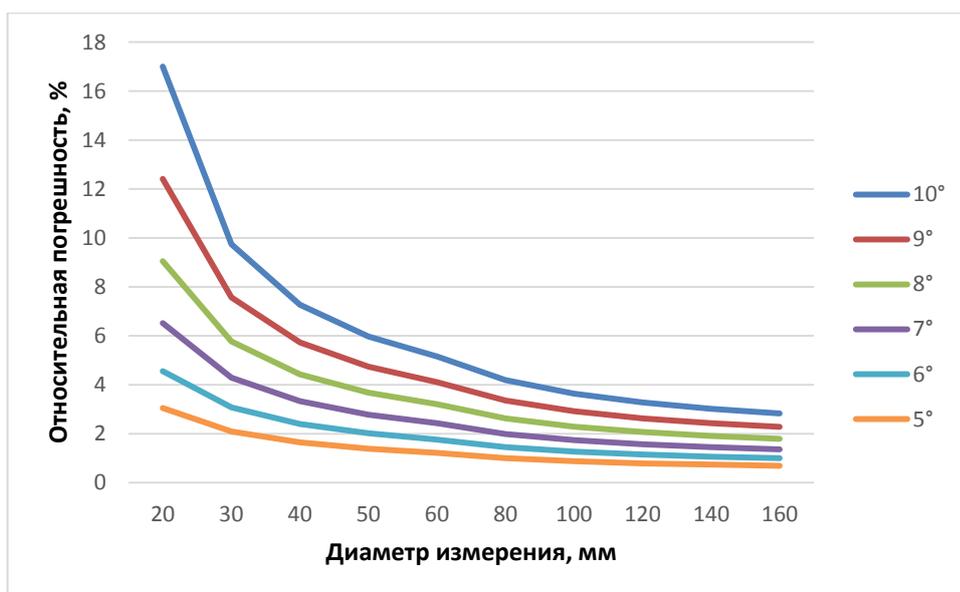


Рисунок 17 – Зависимость относительной погрешности от диаметра измерения при различных углах отклонения измерительного стержня от нормали

Обозначив величину несоосности валов, определенную измерениями часовыми индикаторами в идеальных положениях, как $e_{ист}$; величину несоосности валов, определенную измерениями часовыми индикаторами с отклонением измерительного стержня от нормали к измеряемой поверхности, как $e_{дейст}$; относительную погрешность измерения как ξ ; допуск несоосности как T имеем:

$$\xi = \left| \frac{e_{ист} - e_{дейст}}{e_{ист}} \right| \cdot 100\% ;$$

$$T = |e_{ист} - e_{дейст}| ;$$

$$\xi = \frac{T}{|e_{ист}|} \cdot 100\% .$$

Согласно заявленному в Техническом задании допуска несоосности $T \leq 0,01$ мм, рассматривая предельное значение несоосности валов, соединяемых муфтой с упругим элементом, имеем $e_{ист} = 0,8$ мм, тогда:

$$\xi = \frac{T}{|e_{ист}|} \cdot 100\% \leq \frac{0,01}{0,8} \cdot 100\% = 1,25\% .$$

Таким образом, пользуясь расчетной схемой, изображенной на рисунке 2, и зависимостью, изображенной на рисунке 4, определили, что для обеспечения погрешности, не более $\xi = 1,25\%$ во всем диапазоне диаметров измерений (300-450 мм), необходимо отклонение измерительного стержня от нормали к измеряемой поверхности не более $7,5^\circ$.

Вывод: допускаемым угловым отклонением измерительного стержня от нормали к измеряемой поверхности является угол $7,5^\circ$.

Конструкция измерительной призмы

Установочная призма предназначена для установки измерительной системы на валы, ступицы или фланцы полумуфт и несет на себе все остальные детали измерительной системы. В соответствии с этим выделяются следующие основные конструктивные элементы установочной призмы:

- боковые поверхности;
- крепление вертикальной штанги (крепления вертикальных штанг);
- опорная поверхность для устройства натяжения цепи;
- крепление фиксатора цепи;
- установочные поверхности.

Требования, предъявляемые к боковым поверхностям призмы:

1. Допуск параллельности одной боковой поверхности не более 0,05 мм относительно второй, базовой боковой поверхности.
2. Шероховатость не грубее Ra 3,2.

Требования, предъявляемые к креплению вертикальной штанги (креплениям вертикальных штанг):

1. Обеспечение отклонения от перпендикулярности торцевой поверхности вертикальной штанги не более 0,05 мм относительно базовой боковой поверхности призмы.
2. Обеспечение и надежной фиксации вертикальной штанги от проворотов и линейных перемещений во время всего процесса измерений.
3. Обеспечение быстрой смены вертикальной штанги (к примеру, для использования штанги иной длины).

Требования, предъявляемые к опорной поверхности для устройства натяжения цепи:

1. Обеспечение надежной фиксации измерительной системы на валу, ступице или фланце полумуфты во время всего процесса измерений.
2. Обеспечение быстрой установки устройства натяжения цепи в необходимое для натяжения положение на призме.
3. Износостойкость, достаточная для обеспечения работоспособности измерительной системы во время всего срока службы.

Требования, предъявляемые к креплению фиксатора цепи:

1. Обеспечение надежной фиксации цепи на призме во время всего процесса измерений.
2. Обеспечение быстрой установки цепи в необходимое для натяжения положение на призме.

Требования, предъявляемые к установочным поверхностям призмы:

1. Допуск плоскостности не более 0,02 мм.
2. Допуск перпендикулярности относительно базовой боковой поверхности не более 0,02 мм.
3. Шероховатость не грубее Ra 3,2.
4. Обеспечение контакта между призмой и поверхностью вала, ступицы или фланца полумуфты по четырем точкам согласно теории базирования, попарно находясь в вершинах воображаемого равнобедренного треугольника с углом при вершине 120° , степенью точности не грубее 6 по ГОСТ 8908-81.
5. Износостойкость, достаточная для обеспечения работоспособности измерительной системы во время всего срока службы.
6. Конструкция должна обеспечить установку измерительной системы на валы, ступицы или фланцы полумуфт диаметрами 30...150 мм (согласно Техническому заданию) – размеры скругления.

Общие требования к конструкции установочной призмы:

1. Технологичность, включая возможное изготовление технологических отверстий для выдерживания принципов постоянства и совмещения баз.
2. Компактность – для возможности установки измерительной системы в труднодоступных местах исследуемого механизма, а также для уменьшения массы измерительной системы.
3. Эргономичность.
4. Эстетичность.

2 способа соединения вертикальной штанги с призмой:

- 1) с помощью резьбы на штанге;
- 2) с помощью дополнительного винта.

Крепление винтом требует дополнительного изготовления мелкого резьбового отверстия в призме – меньшая технологичность призмы по сравнению с изготовлением крупного резьбового отверстия под штангу, данную операцию можно выполнить за тот же установ, что и изготовление гладкого отверстия под штангу.

Крепление с помощью резьбы на штанге требует также нарезания резьбы на штанге. Однако, несмотря на это данный способ более технологичен.

Согласно данным требованиям методом итераций была определена конструкция детали Призма установочная ФЮРА.401911.001.000.001.

Проверка жесткости конструкции установочной призмы

Для проверки жесткости предварительно принятой конструкции Призмы выполнен статический анализ. Деформирующим усилием является усилие натяжения цепи. Контрольным размером является угловой размер $120^{\circ} \pm 41''$. Если под действием деформирующего усилия фактическая величина углового размера не выходит за пределы допуска, то жесткость конструкции Призмы является удовлетворительной.

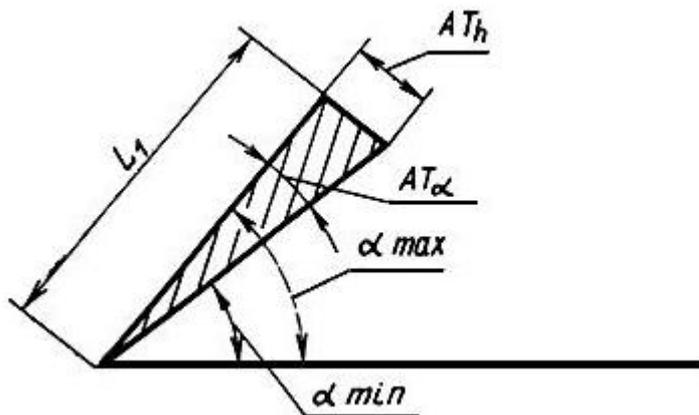


Рисунок 18 – Допуски углов призматических элементов деталей по ГОСТ 8908-81: L_1 – номинальная длина меньшей стороны угла; AT_{α} – угловой допуск; AT_h – линейный допуск, соответствующий длине L_1 .

Согласно ГОСТ 8908-81 допуски углов призматических элементов деталей следует назначать в зависимости от номинальной длины L_1 меньшей стороны угла (рисунок 18), для углового размера $120^{\circ} \pm 41''$ длина $L_1 \approx 50$ мм. Интервалу длин $L_1 = 40 \dots 63$ мм и угловому допуску $41''$ соответствует линейный допуск 32-50 мкм. Соответственно деформации установочной поверхности Призмы не должны превышать 32-50 мкм.

Статический анализ выполнен с помощью SolidWorks Simulation (рисунок 19). Наименьшая из установочных поверхностей Призмы жестко зафиксирована, к части Призмы, образующей наибольший рычаг, приложено деформирующее усилие натяжения цепи в 50 Н.

Вывод: согласно проведенному анализу, наибольшая деформация установочной поверхности Призмы не превышает 0,045 мм, что соответствует допуску в 32-50 мкм. Следовательно, жесткость конструкции Призмы является удовлетворительной.

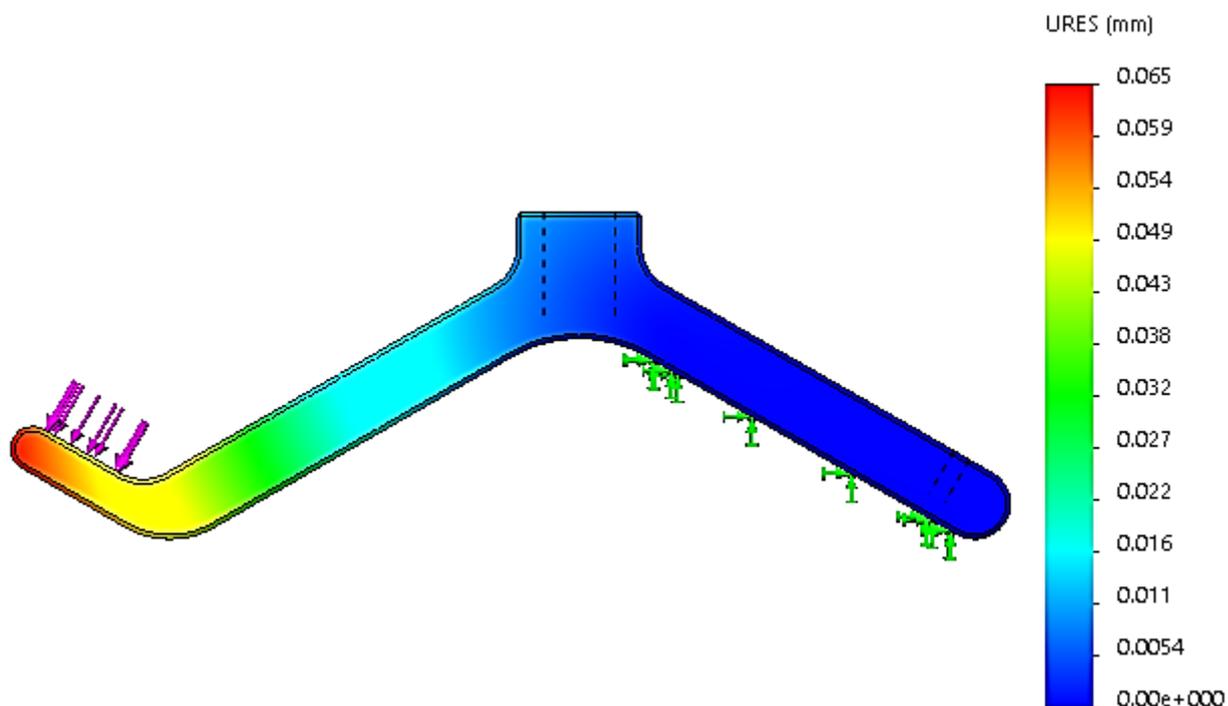


Рисунок 19 – Симуляция перемещения элементов Призмы под действием деформирующего усилия натяжения цепи в 50 Н.

Конструкция цепи и устройства ее натяжения

За основу конструкции цепи принята стандартная велосипедная цепь по ГОСТ 30442-97. Данным стандартом определены два типа цепи: 081С (широкая) и 082С (узкая). Поскольку оба типа цепи одинаково широко распространены, имеют примерно равную стоимость (цена сильно зависит от производителя), то для уменьшения общей массы измерительной системы принята цепь 082С ГОСТ 30442-97 длиной в 100 звеньев (для крепления измерительной системы на валы диаметром до 150 мм).

Жесткость закрепления измерительной системы на валу, ступице или фланце полумуфты обеспечивается усилием натяжения цепи. Устройство натяжения состоит из винта натяжения, входящего в состав цепи, гайки и упора. Размеры винта натяжения определяются длиной ответного гладкого отверстия в установочной призме, а длина резьбовой части составляет 20 мм, исходя из возможности натяжения цепи (шаг звеньев цепи – 12,7 мм, кроме того должен обеспечиваться контакт с гайкой). Гайка назначена из условия удобства натяжения цепи – Гайка М4.35 ГОСТ 3032-76 (гайка-барашек). Упор выполнен в виде Винта М2-6g x 20 ГОСТ 17473-80 (с потайной головкой).

Конструкция Эталона

В соответствии с общей конфигурацией измерительной системы Эталон (деталь, в поверхности которой упираются измерительные наконечники часовых индикаторов) должен иметь взаимно перпендикулярные поверхности, иметь шероховатость и отклонение от плоскостности, не вносящие погрешность в показания часовых индикаторов, обеспечивать надежное закрепление на штанге в процессе измерений и удобную наладку системы перед проведением измерений. Снятие показаний часовых индикаторов возможно проводить с точностью до половины цены деления прибора, т.е. до 0,005 мм для ИЧ-10, соответственно шероховатость поверхностей Эталона, в которые упираются измерительные наконечники, должна быть менее 5 мкм, принимаем шероховатость Ra 3,2. Кроме того, в процессе измерений измерительные наконечники скользят по поверхностям Эталона, поэтому отклонение от плоскостности этих поверхностей также должно быть менее 5 мкм, принимаем допуск плоскостности 0,004 мм.

Для обеспечения удобной наладки системы и надежного закрепления Эталона на штанге используется резьбовое соединение непосредственно данных деталей. Это крепление наиболее целесообразно, поскольку не требуется регулировки положения Эталона относительно штанги. Для повышения технологичности данной детали отверстие выполнено насквозь.

Согласно величине допускаемых угловых отклонений измерительного стержня от нормали к измеряемой поверхности определим допуск взаимной перпендикулярности поверхностей Эталона. Примем положение измерительного стержня одного из часовых индикаторов строго перпендикулярным поверхности Эталона. Тогда, отклонение измерительного стержня второго часового индикатора не должно превышать величины, определенной в подразделе «Требования к точности конструкции и точности настройки измерительной системы». Расчетная схема приведена на рисунке 20. Т.к. стороны углов $\angle EBD$ и $\angle NOK$ взаимно перпендикулярны, то $\angle EBD = \angle NOK = \alpha$, где $\alpha = 7,5^\circ$ – допускаемое угловое отклонение измерительного стержня от нормали к измеряемой поверхности. В процессе измерений измерительный наконечник может перемещаться на 2...3 мм вдоль поверхности Эталона. Соответственно, представив отклонение от перпендикулярности как величину ED на длине BE = 3 мм (наибольшее перемещение измерительного наконечника), рассчитаем $ED = BE \cdot \operatorname{tg} \alpha = 3 \cdot \operatorname{tg} 7,5^\circ \approx 0,4$ мм. Поскольку наибольший вклад в угловое отклонение измерительного стержня от нормали к измеряемой поверхности вносят неточности наладки измерительной системы (порядка 90%), а отклонения от перпендикулярности поверхностей Эталона всего порядка 10%, то конечную величину отклонения от перпендикулярности принимаем равной $0,4 \cdot 0,1 = 0,04$ мм.

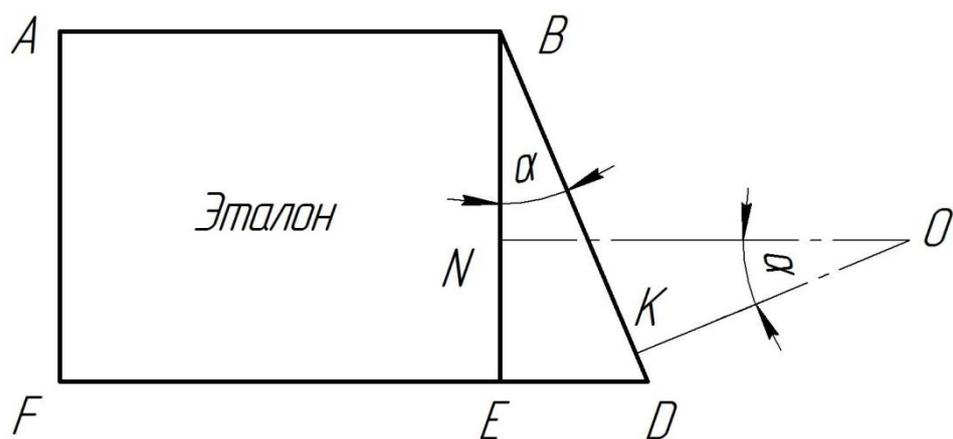


Рисунок 20 – Расчетная схема для определения величины допуска взаимной перпендикулярности поверхностей детали Эталон: $ABEF$ – контур идеально расположенных поверхностей; $ABDF$ – контур реально расположенных поверхностей; ON и OK – оси измерительных стержней.

Линейные размеры Эталона задаются общей конфигурацией измерительной системы. Согласно данным требованиям был выполнен чертеж детали Эталон ФЮРА.401914.001.000.004.

Конструкция кронштейнов

Для уменьшения износа штанг кронштейны выполнены разжимными, с дополнительной затяжкой винтом. В целях обеспечения измерения и методом обратных индикаторов, и радиально-осевым методом в комплект измерительной системы входят кронштейны двух типов: Кронштейн тип А ФЮРА.401912.001.002.000 и Кронштейн тип Б ФЮРА.401912.001.003.000. Кроме того, Кронштейн тип А имеет два исполнения: обычный и короткий. Несмотря на разнообразие кронштейнов, их размеры и технология производства типизированы, что позволяет говорить от технологичности данного решения.

Конструкция штанг

В целях обеспечения измерения и методом обратных индикаторов, и радиально-осевым методом, а также возможности измерения несоосности у механизмов широкого диапазона штанги выполнены в двух исполнениях: длиной 150 мм и длиной 250 мм. Для обеспечения надежного закрепления штанг на установочной призме и только для наладки положения часового индикатора применяются штанги двух типов: Штанга гладкая ФЮРА.401912.001.000.002 и Штанга резьбовая ФЮРА.401912.001.000.003. Диаметр штанг 8 мм, выполненных из стали 30, принят только из условия прочности с запасом (рисунок 21), поскольку прогиб штанг в ходе измерений учитывается методикой измерений.

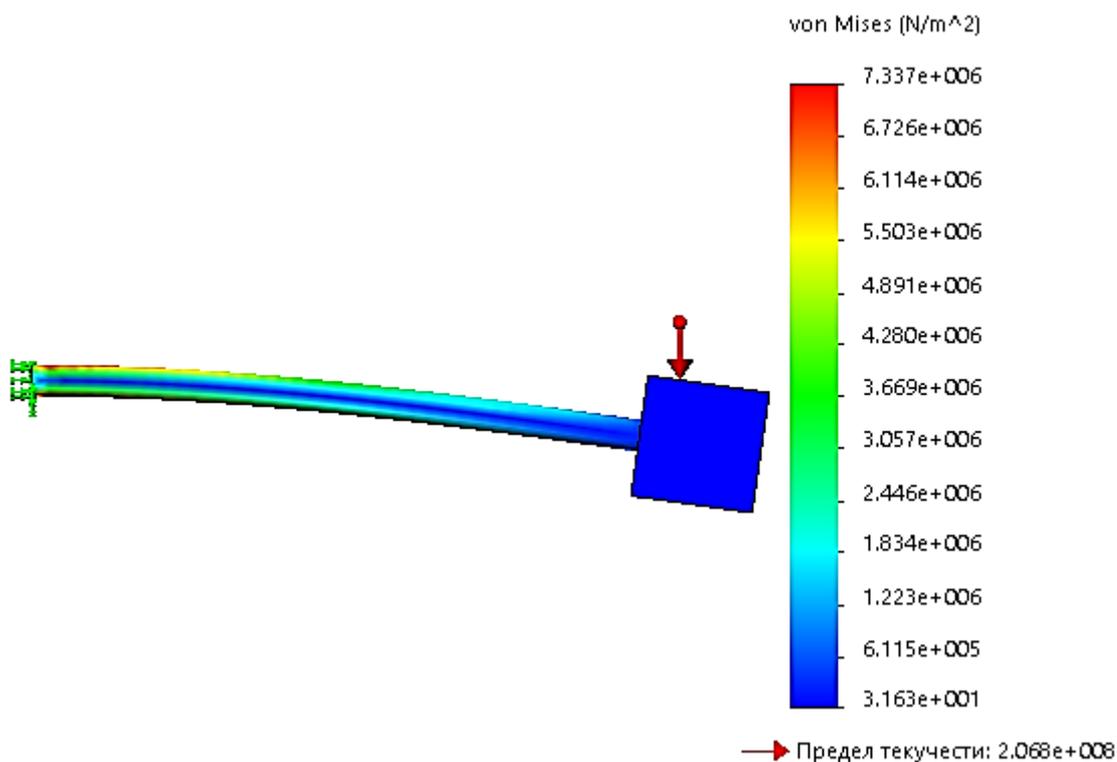


Рисунок 21 – Напряжения, возникающие при прогибе штанги длиной 150 мм под действием гравитационных сил (часовой индикатор условно заменен нагрузкой 0,5 кг)

Таким образом, методом итераций разработана технологичная, компактная, эргономичная, эстетичная измерительная система, обеспечивающая заданную точность измерений 0,01 мм и обладающая возможностью проведения измерений и методом обратных индикаторов, и радиально-осевым методом. Согласно полученным результатам выполнена конструкторская документация (см. приложение А).

Дополнительные детали комплекта измерительной системы

При работе с измерительной системой, а именно при ее поворотах вместе с валом, могут возникать неудобства при снятии показаний индикаторов. Для борьбы с этим используется зеркало с рукоятью из комплекта измерительной системы.

Кроме того, в комплект входит угольник, для облегчения процесса наладки измерительной системы (задание требуемого взаимного расположения кронштейнов) перед работой.

3.3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ ПРИЗМА УСТАНОВОЧНАЯ ФЮРА.401911.001.000.001 ДЛЯ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В данном разделе описан порядок проектирования технологического процесса изготовления детали. Для этого необходимо выбрать заготовку, составить маршрут обработки, рассчитать припуски, режимы резания, выбрать оборудование, приспособление, инструмент, с помощью которого будет производиться обработка. Кроме того, необходимо рассчитать время необходимое на выполнение операции и рассчитать приспособление для одной операции.

3.3.1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Задачей проектирования технологического процесса механической обработки является определение такой ее последовательности, при которой наиболее полно используются технологические возможности станков, приспособлений и инструментов, а деталь изготавливается с наименьшими материальными затратами [15].

Технологический процесс разрабатывается с учетом производственных возможностей предприятия и передового опыта. В качестве исходных данных будем рассматривать рабочий чертеж детали; характер производства – мелкосерийный и размер партии деталей – 20 шт., которые влияют на выбор оборудования, приспособлений, инструментов, а также на структуру технологического процесса. Также справочные материалы, к которым относятся каталоги или паспортные данные станков, справочники по режимам резания, нормированию, по приспособлениям, инструменту и т. д.

Анализ технологичности конструкции детали

Технологичность конструкции детали анализируют с учетом условий ее производства, рассматривая особенности конструкции и требования качества как технологические задачи изготовления. Выявляют возможные трудности обеспечения параметров шероховатости поверхности, размеров, форм и расположения поверхностей, делают увязку с возможностями методов окончательной обработки, возможностями оборудования и метрологических средств. Обращают внимание на конфигурацию и размерные соотношения детали, устанавливают обоснованность требований точности, выявляют возможность тех или иных изменений, не влияющих на параметры качества детали, но облегчающих изготовление ее, открывающих возможности применения высокопроизводительных технологических методов и режимов обработки [15].

Проведя анализ технологичности конструкции детали, выявил ряд возможных трудностей обеспечения данной конструкции, на основании чего внес следующие изменения (по согласованию с руководителем):

- уточнены размеры, необходимые для однозначного понимания конструкции детали, добавлены справочные размеры для обеспечения контроля параметров детали в процессе обработки;

- расширен допуск на глубину резьбового отверстия М4-6Н, резьбовое отверстие М8-6Н было решено выполнять насквозь;

- допускаемое отклонение от перпендикулярности и параллельности торцов детали к базовой поверхности А увеличил с 0,02 мм до 0,05 мм;

- требуемую шероховатость установочных поверхностей увеличил с Ra 0,8 до Ra 1,6 в виду отсутствия необходимости в столь высоком классе шероховатости; требуемую шероховатость остальных поверхностей увеличил с Ra 1,6 до Ra 3,2.

- для обеспечения шероховатости установочных поверхностей Ra 1,6 материал изделия изменил со стали 30 на сталь 45, ввиду хорошей обрабатываемости данного материала температурой, поскольку шероховатость Ra 1,6 будет получаться шлифованием с предварительной термообработкой ТВЧ;

- для соблюдения принципа постоянства баз было решено выполнить два установочных отверстия $\varnothing 12H7$, по которым ведется базирование на последующих технологических операциях.

Выполнив вышеперечисленные изменения в рабочем чертеже детали, а также убедившись в получении всех поверхностей изделия стандартным инструментом, заключаю, что деталь является технологичной.

Выбор вида и способа получения заготовки

Главным при выборе заготовки является обеспечение заданного качества готовой детали при ее минимальной себестоимости. Себестоимость детали определяется суммированием себестоимости заготовки по калькуляции заготовительного цеха и себестоимости ее последующей обработки до достижения заданных требований качества по чертежу. Выбор заготовки зависит от формы детали и ее размеров, исходного материала, типа и вида производства, наличия необходимого оборудования.

Существуют различные способы получения заготовок. Мелкосерийное производство характеризуется тем, что большая часть металла уходит в стружку, из чего следует, что заготовка не совсем соответствует форме готового изделия.

Анализируя чертеж, приходим к выводу, что наиболее выгодный способ получения заготовки – листовой прокат.

В качестве заготовки принимаем стальную горячекатанную полосу:

Полоса $\frac{20 \times 65 - В - 2 \text{ ГОСТ } 103 - 76}{\text{Сталь } 45 \text{ ГОСТ } 1050 - 88}$

Также возможно использование горячекатанного листа:

Лист г/к $\frac{20 \times 1000 \text{ ГОСТ } 19903 - 74}{\text{ВЗ} - III - \text{Сталь } 45 \text{ ГОСТ } 1050 - 88}$

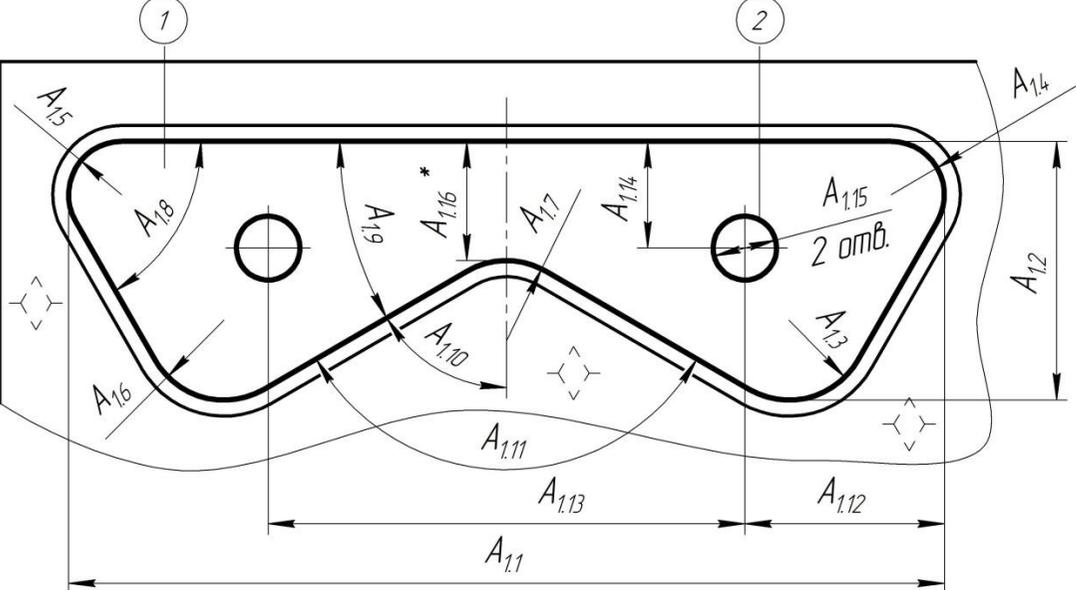
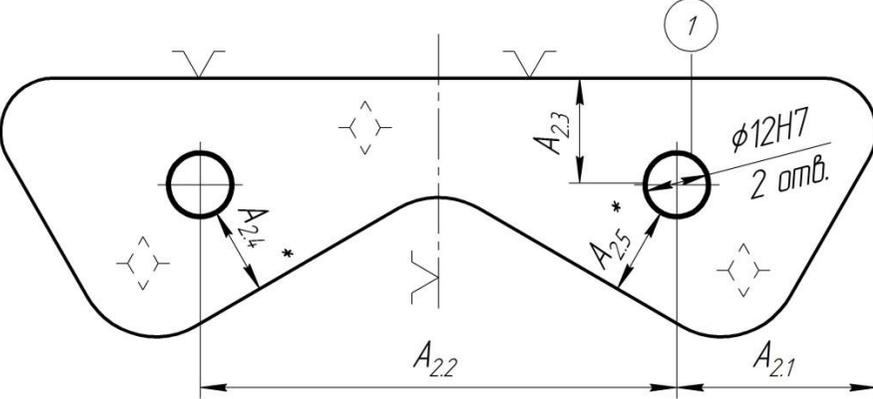
Точность горячекатаного проката соответствует 12-14 качеству. Также горячекатаный сортовой прокат имеет мелкозернистую, однородную структуру с определенно направленным расположением зерен, благодаря чему в нем обеспечено постоянство механических свойств по глубине.

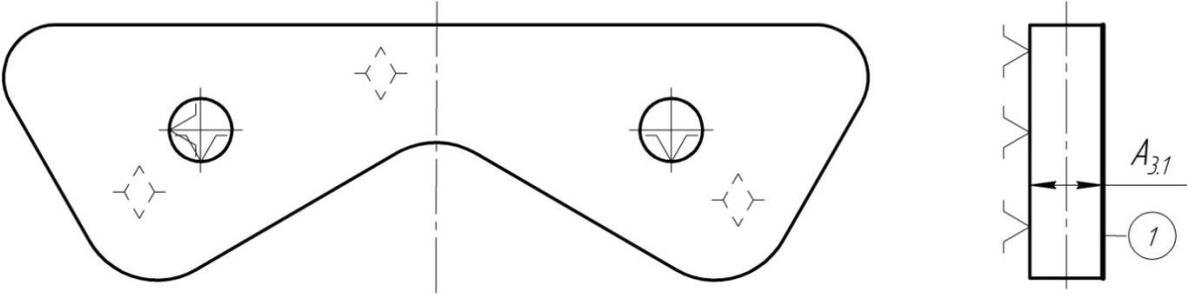
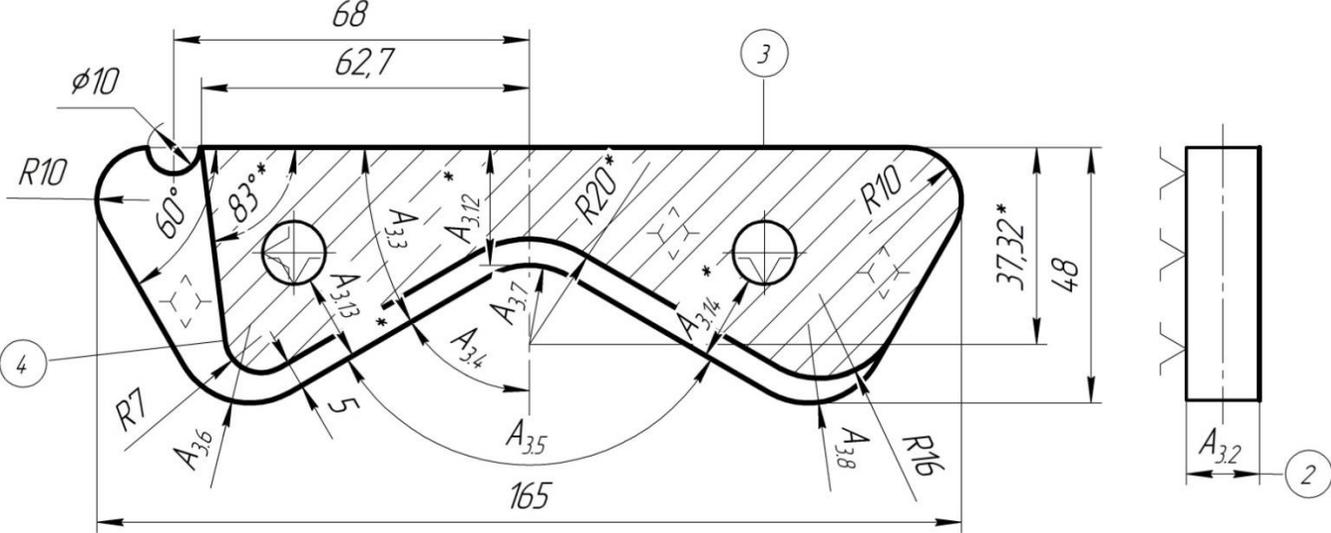
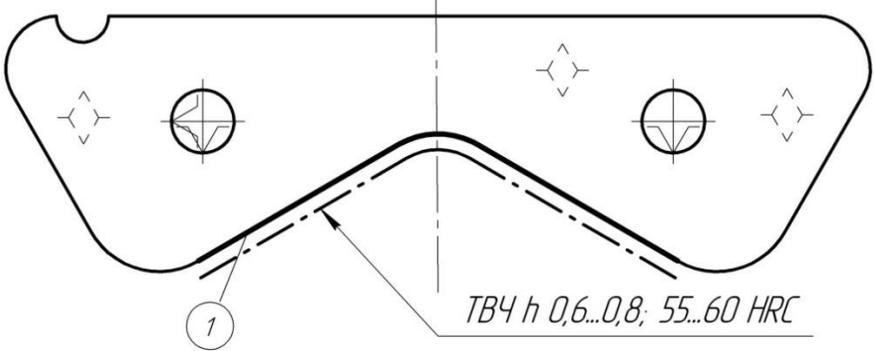
В дальнейшем, при организации поточного производства, можно использовать штамповку из сортового проката для получения заготовок.

Составление технологического маршрута

В качестве исходных данных для составления маршрута обработки рассматриваем тип производства, рабочий чертеж детали с техническими требованиями и маркой материала, вид заготовки. Технологический маршрут обработки выполним согласно ГОСТ 3.1702-79.

Таблица 3. Маршрутно-операционное описание технологического процесса изготовления детали

Операция	Содержание операции	Эскиз операционный
005	<p><i>Заготовительная</i></p> <p>1. Отрезать заготовку 1</p> <p>2. Прорезать отверстия 2.</p>	
010	<p><i>Вертикально-сверлильная</i></p> <p>1. Сверлить отверстия 1</p> <p>2. Развернуть отверстия 1</p>	

<p>015</p>	<p><i>Фрезерная с ЧПУ Установ А Фрезеровать торец 1 начисто</i></p>	
<p>020</p>	<p><i>Установ Б 1. Переустановить заготовку 2. Фрезеровать торец 2 начисто 3. Фрезеровать поверхность 3 начисто 4. Фрезеровать паз 4 начисто</i></p> <p><i>Размеры для контроля A_{3.9}, A_{3.10} и A_{3.11} соответствуют размерам для контроля A_{3.12}, A_{3.13} и A_{3.14} при черновом фрезеровании и условно не изображены</i></p>	
<p>020</p>	<p><i>Термическая Закалка ТВЧ поверхностей 1</i></p>	 <p><i>ТВЧ h 0,6...0,8; 55...60 HRC</i></p>

<p>025</p>	<p><i>Вертикально-сверлильная</i> 1. Сверлить отверстия 1 и 2 2. Развернуть отверстия 1 и 2 3. Зенковать фаску 3 и 4 4. Нарезать резьбу 5 и 6</p>	
<p>030</p>	<p><i>Торцешлифовальная</i> Шлифовать поверхности 1</p>	
<p>035</p>	<p><i>Опиловочная</i> Притупить острые кромки радиусом R1</p>	
<p>040</p>	<p><i>Технический контроль</i></p>	

Назначение припусков на обработку и значений допусков на эти припуски

Установление оптимальных припусков на обработку является ответственной технико-экономической задачей. Назначение чрезмерно больших припусков приводит к потерям материала, превращаемого в стружку, увеличению трудоемкости механической обработки, к повышению расхода режущего инструмента и электрической энергии, увеличению потребности в оборудовании и рабочей силе.

Назначение заниженных припусков не обеспечивает удаления дефектных слоев материала и достижения требуемой точности и качества обрабатываемых поверхностей, повышает требования к точности исходных заготовок и приводит к их удорожанию, увеличивает опасность появления брака.

Величина припуска должна компенсировать все погрешности от предыдущей обработки заготовки и погрешности, связанные с выполнением рассматриваемой технологической операции.

Величины припусков на обработку могут быть установлены опытно-статистическим методом или определены с использованием расчетно-аналитического метода.

Опытно-статистический метод применяют для обычных деталей средней точности в условиях единичного и серийного производств. Данный метод ускоряет процесс проектирования технологического процесса обработки деталей, но он не учитывает конкретные условия обработки данных поверхностей, что приводит к завышению припусков на обработку.

Расчетно-аналитический метод определения припусков применяют в условиях крупносерийного и массового производства, а также в условиях единичного производства при обработке крупных и особенно ответственных деталей [9].

Таким образом, проведем расчет припусков на обработку промежуточных технологических размеров, размеров заготовки и значений допусков на эти припуски опытно-статистическим методом для наиболее ответственных поверхностей нашей детали – установочных поверхностей **A**.

Припуски и допуски на механическую обработку плоскостей регламентируются ОСТ 23.4.63-79. Настоящий стандарт устанавливает припуски на механическую обработку плоскостей.

Схема расположения припусков и допусков на обработку плоскостей приведена на рисунке 22.

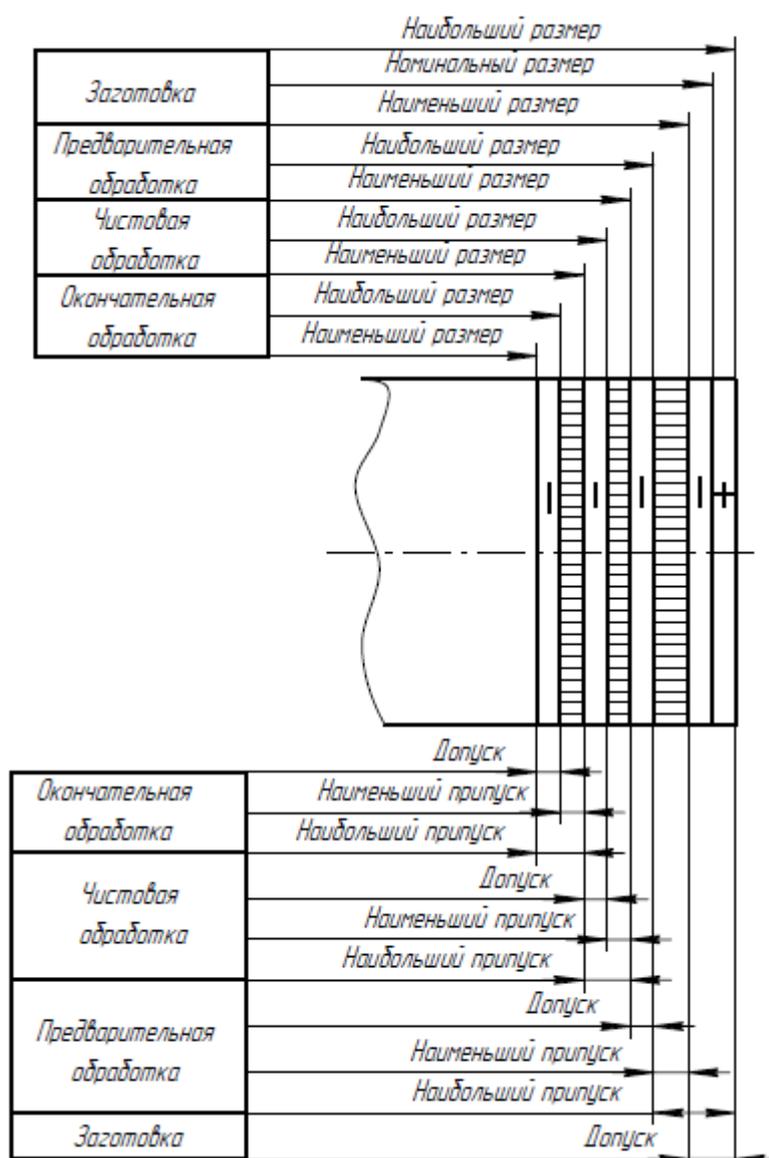


Рисунок 22 – Схема расположения припусков и допусков на обработку плоскостей

Согласно чертежу совокупная длина установочных поверхностей (с учетом расстояния между ними) составляет 104,27 мм, при толщине детали в 14 мм. Отобразим данные величины на рисунке 23.

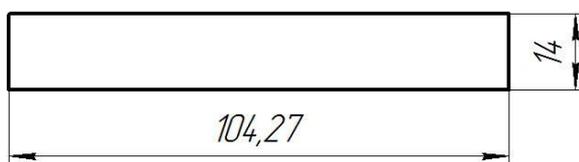


Рисунок 23 – Эскиз поверхности, обработанной шлифованием

Согласно табл. 3.5 [9, с. 83-84] для детали мелкосерийного производства для размера 14 мм, при длине 104,27 мм:

Припуск на шлифование – $0,4 h_{11} (-0,06)$.

Построив эквидистанту к установочной поверхности готовой детали на расстоянии 0,3 мм, определим совокупную длину поверхности, обрабатываемой чистовым фрезерованием, данная величина составляет 404,45 мм (рисунок 24).

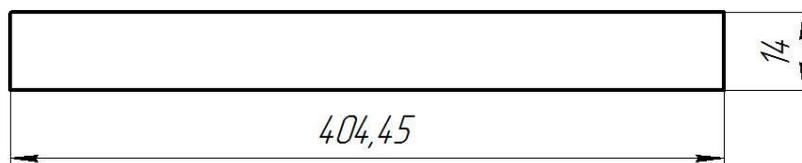


Рисунок 24 – Эскиз поверхности, обработанной чистовым фрезерованием

Согласно табл. 3.5 [9, с. 83-84] для детали мелкосерийного производства для размера 14 мм, при длине 404,45 мм:

Припуск на чистовое фрезерование – $1,5 h_{14} (-0,25)$.

Построив эквидистанту ко всей наружной поверхности детали, полученной перед шлифованием, на расстоянии 1,5 мм, определим совокупную длину поверхности, обрабатываемой черновым фрезерованием, данная величина составляет 412,16 мм (рисунок 25).

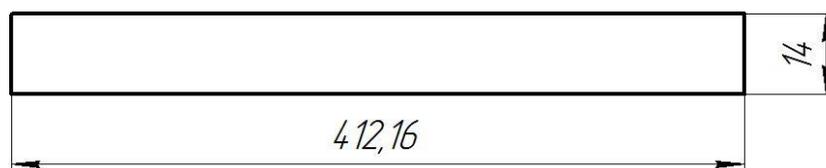


Рисунок 25 – Эскиз поверхности, обработанной черновым фрезерованием

Согласно табл. 3.5 [9, с. 83-84] для детали мелкосерийного производства для размера 14 мм, при длине 412,16 мм:

Припуск на черновое фрезерование – $2,6 h_{14} (-0,25)$.

Поскольку на заготовительной операции предлагаю использовать гидроабразивный станок Idroline 1740, необходимо учесть особенности обработки на данном оборудовании. Гидроабразивные станки имеют характерный увод струи от нормали к обрабатываемой поверхности с увеличением глубины резания. Т.к. характеристики станка Idroline 1740 не нормируются нормами государственных и отраслевых стандартов, величину увода струи определим опытным путем. Для этого проведем обработку кольца из стали 45 толщиной 15,8 мм (из имеющихся заготовок). После обработки были измерены диаметральные размеры верхней и нижней поверхностей кольцам (рисунок 26).

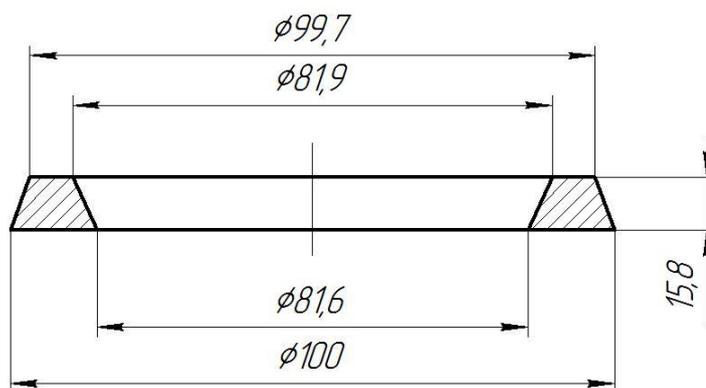


Рисунок 26 – Эскиз опытной детали для определения величины увода струи гидроабразивного станка Idroline 1740

Согласно результатам проведенного эксперимента в целом, можем заключить что величина увода струи данного станка при обработке нашей детали будет составлять 0,15 мм на сторону (т.к. в результате эксперимента – 0,3 мм на диаметр), поскольку опытная и исследуемая детали обладают сходной толщиной и выполнены из одного материала.

С учетом точности позиционирования режущей головки станка Idroline 1740 имеем:

Припуск на заготовительную операцию – $0,2^{(+0,05)}$.

В дальнейшем, при создании опытной детали возможен отказ от чернового (предварительного) фрезерования, поскольку использование гидроабразивной обработки может позволить получать приемлемое качество поверхности перед чистовым фрезерованием. В таком случае значительно уменьшится износ обрабатывающего инструмента и сократится общее время изготовления изделия.

Анализ промежуточных технологических размеров и размеров заготовки

При проектировании технологического процесса размерный анализ проводят в первую очередь для наиболее точных поверхностей [13]. В нашем случае таковыми являются установочные поверхности Призмы.

В соответствии с ГОСТ 8908-81 значения допусков на угловые размеры в микрометрах варьируются в пределах одного и того же угла в зависимости от длины наименьшей стороны (рисунок 18). Однако припуски на обработку установочных поверхностей Призмы равномерно распределены вдоль сторон углов. В связи с этим затруднительно проводить расчеты размерных цепей связывая линейные припуски и угловые размеры, в практике технологии машиностроения такие расчеты вовсе не проводят.

Точность угловых размеров на практике достигается за счет приспособления, к примеру, делительной головки, при обработке на фрезерных станках в «ручном режиме» или за счет автокоррекции при обработке на фрезерных станках с ЧПУ последних поколений (в данном

случае размерный анализ вообще не проводят). Пример закрепления нашей детали на делительной головке штифтами и расположением на координатном столе с помощью токарного патрона приведен на рисунке 27.

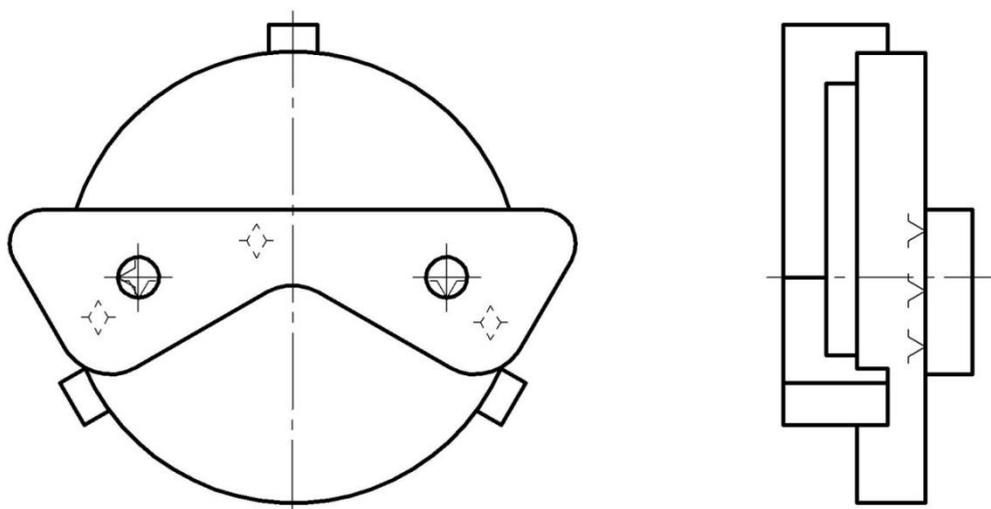


Рисунок 27 – Расположение Призмы на делительной головке в токарном патроне

Таким образом, несмотря на то, что угловой размерный анализ не проводим, необходимо определить контролируемые технологические размеры для проверки точности выполнения операций по обработке заготовки. Таковыми размерами выбрали размеры $22,3h12$ и $16,5h12$ (рисунок 28), т.к. они дают комплексное представление о точности обработки детали и легко контролируются штангенциркулем.

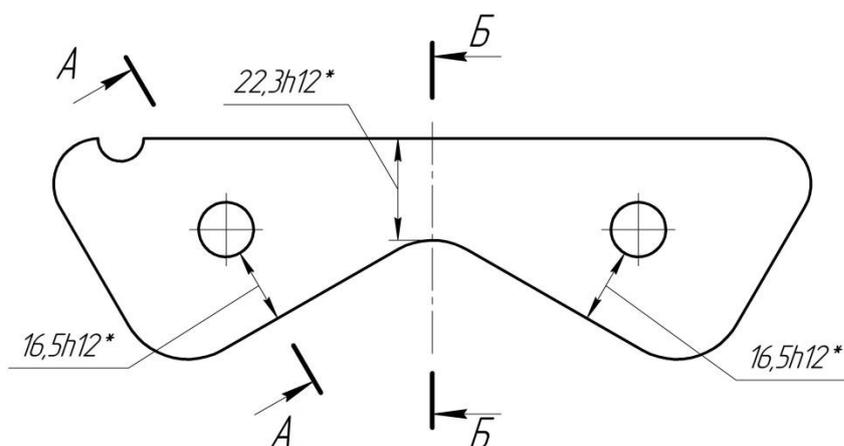


Рисунок 28 – Контролируемые технологические размеры Призмы

Технологические размеры $16,5h12$ получаются одним и тем же образом, поэтому целесообразно проводить расчет только одного из этих размеров.

Рассмотрим сечение А-А и построим соответствующую размерную схему для размера $16,5h12$ (рисунок 29). Для проверки: количество технологических размеров равно совокупному количеству конструкторских размеров и припусков на обработку. Диаметр отверстия $\varnothing 12H7$ в данном

размерном анализе не фигурирует и изображен для лучшего восприятия размерной схемы. Поскольку размер $16,5h12$ отражает расстояние между установочным отверстием и установочной поверхностью Призмы, контроль его начинаем осуществлять после получения установочных отверстий с операции (после вертикально-сверлильной операции).

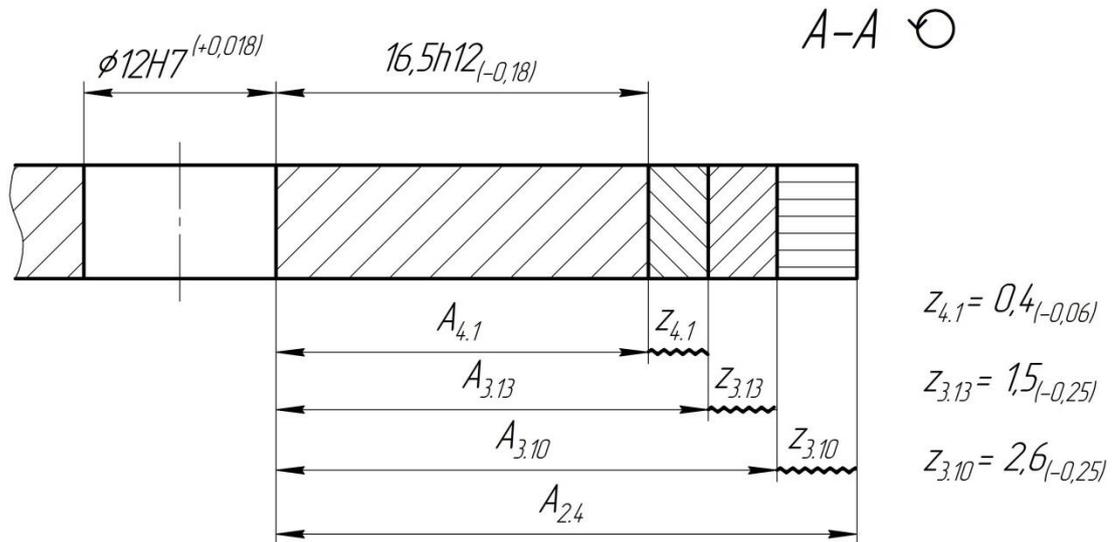


Рисунок 29 – Размерная схема для размера $16,5h12$

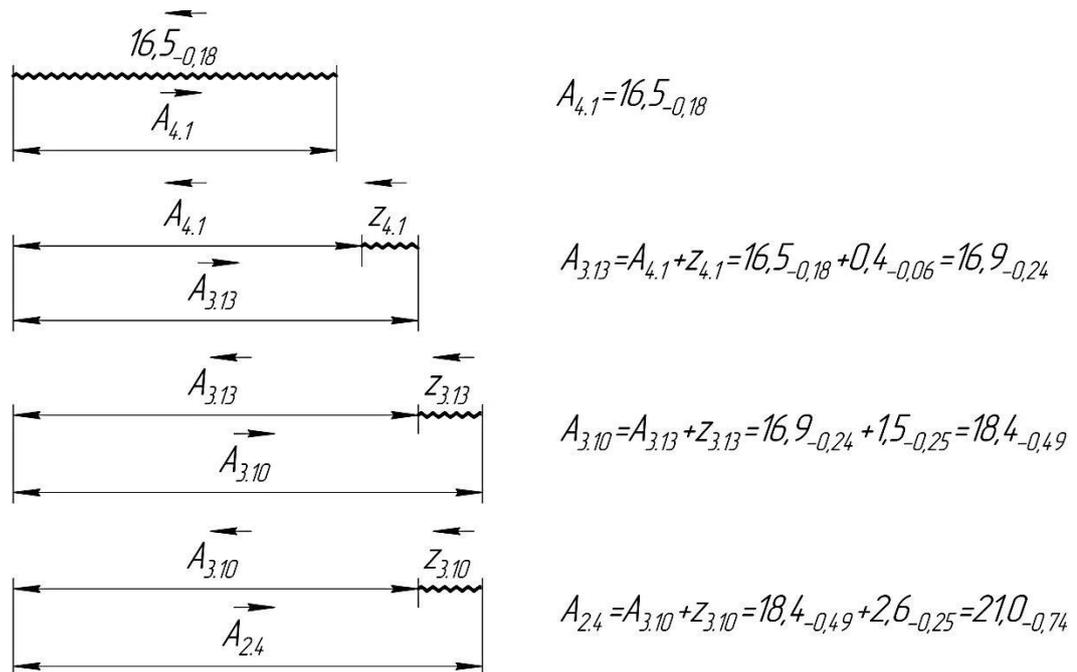


Рисунок 30 – Промежуточные технологические размеры для получения конструкторского размера $16,5h12$

Рассмотрим сечение Б-Б и построим соответствующую размерную схему для размера $22,3h12$ (рисунок 31). Для проверки: количество технологических размеров равно совокупному количеству конструкторских размеров и припусков на обработку.

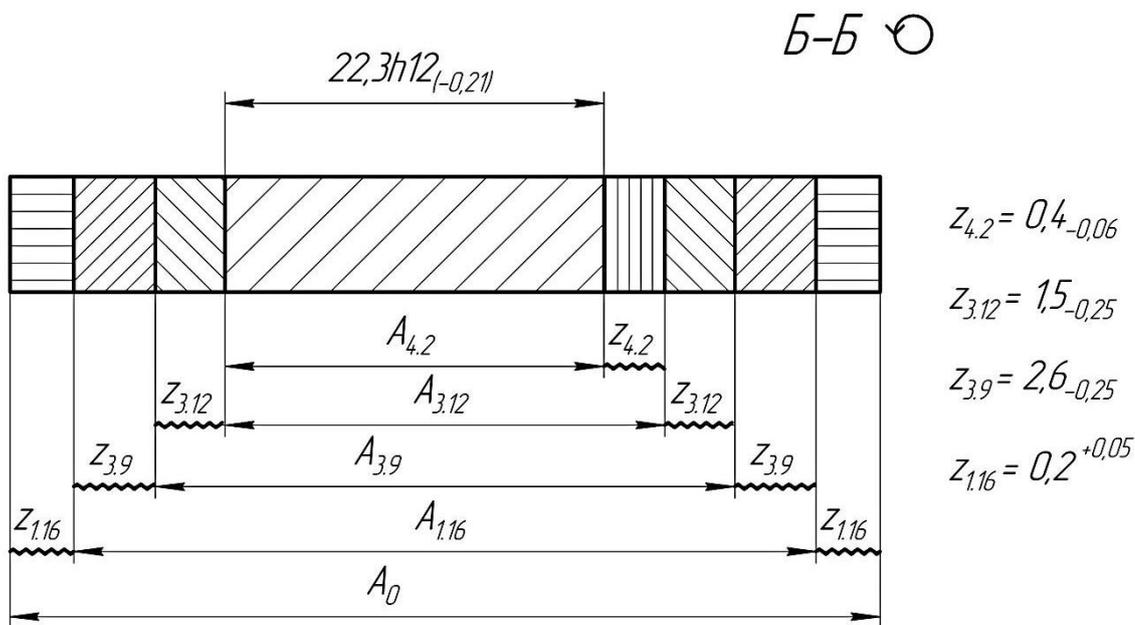


Рисунок 31 – Размерная схема для размера 16,5h12

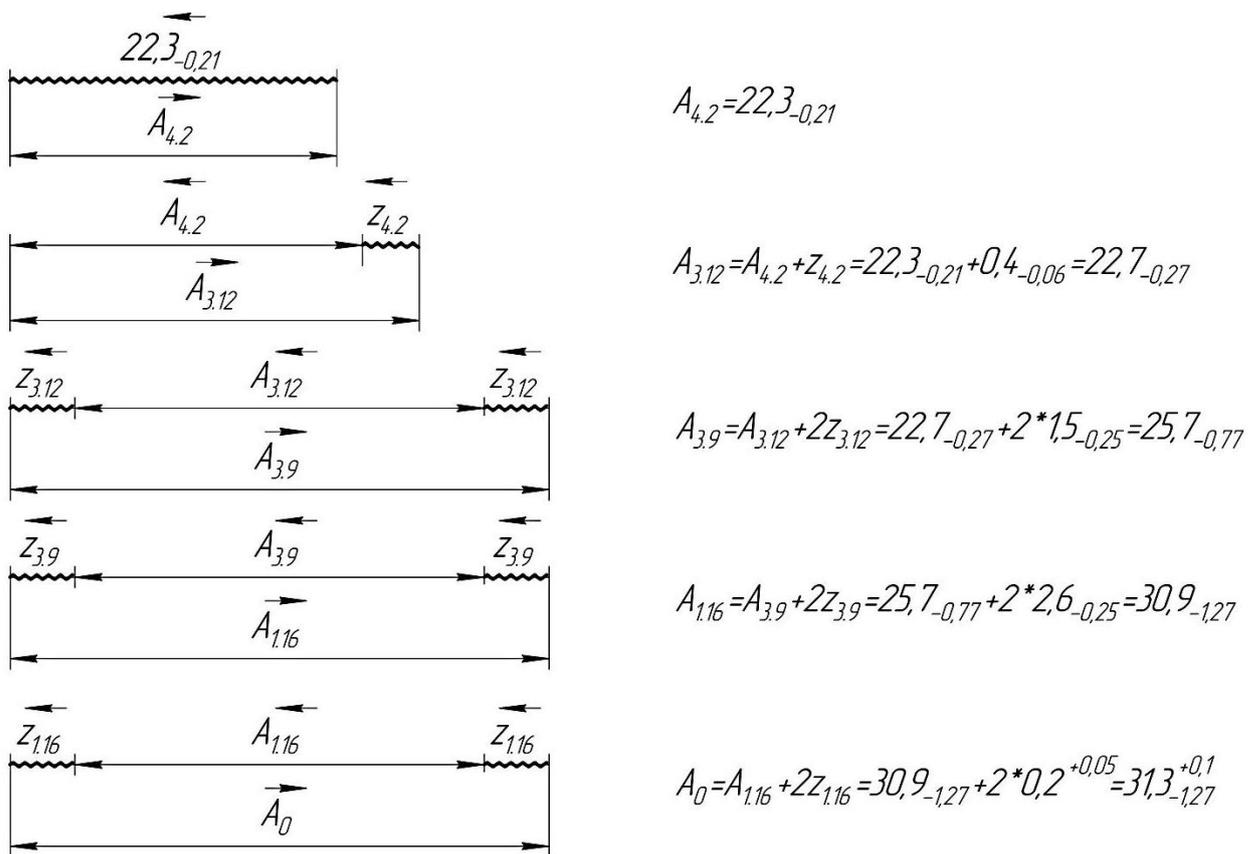


Рисунок 32 – Промежуточные технологические размеры для получения конструкторского размера 22,3h12

Выбор режущего инструмента и назначение режимов резания

Выберем режущий инструмент и назначим режимы резания для операции 015 Фрезерной с ЧПУ.

Выбор режущего инструмента, его конструкции и размеров определяется видом обработки, размерами обрабатываемой поверхности, свойствами обрабатываемого материала, требуемой точностью обработки и величиной шероховатости поверхности.

Установ А

1) Фрезеровать торец 1 начерно

Режущий инструмент: Фреза 2214-0368 ГОСТ 26595-85

Фреза торцовая диаметром 80 мм, праворежущая с механическим креплением трехгранных пластин из твердого сплава, типа А, с числом зубьев 8.

Глубина фрезерования $t = 1,0$ мм

Ширина фрезерования $B = 56,6$ мм

Подача на зуб $s_z = 0,28$ мм/зуб

Подача на оборот $s_o = s_z \cdot z = 0,28 \cdot 8 = 2,24$ мм/об

Таблица 4. Режимы чернового фрезерования торца 1

	Табличное значение	Поправочные коэффициенты			Расчетное значение
		K_m	K_p	K_B	
Скорость резания v	195 м/мин	1,12	1,0	1,0	218 м/мин
Частота шпинделя n	775 об/мин	1,12	1,0	1,0	868 об/мин
Минутная подача s_m	810 мм/мин	1,12	1,0	1,0	907 мм/мин

Мощность резания $N = 2,4$ кВт [12, с.209-215]

2) Фрезеровать торец 1 начисто

Режущий инструмент: Фреза 2214-0368 ГОСТ 26595-85

Фреза торцовая диаметром 80 мм, праворежущая с механическим креплением трехгранных пластин из твердого сплава, типа А, с числом зубьев 8.

Глубина фрезерования $t = 0,55$ мм

Ширина фрезерования $B = 48$ мм

Подача на оборот $s_0 = 0,9$ мм/об

Подача на зуб $s_z = 0,9 / 8 = 0,11$ мм/зуб

Подача на оборот $s_0 = s_z \cdot z = 0,11 \cdot 8 = 0,88$ мм/об

Таблица 5. Режимы чистового фрезерования торца 1

	Табличное значение	Поправочные коэффициенты			Расчетное значение
		K_M	K_P	K_B	
Скорость резания v	282 м/мин	1,12	1,0	1,0	316 м/мин
Частота шпинделя n	1120 об/мин	1,12	1,0	1,0	1254 об/мин
Минутная подача s_M	650 мм/мин	1,12	1,0	1,0	728 мм/мин

Мощность резания $N = 2,0$ кВт [12, с.209-215]

Установ Б

- 1) Фрезеровать торец 2 начерно (см. Установ А)
- 2) Фрезеровать торец 2 начисто (см. Установ А)
- 3) Фрезеровать поверхность 3 начерно**

Режущий инструмент: Фреза 2844-0781 T15K6 ГОСТ 18948-73

Фреза концевая цилиндрическая, оснащенная коронками из твердого сплава T15K6, диаметром 10 мм.

Глубина фрезерования $t = 2,6$ мм

Ширина фрезерования $B = 14$ мм

Подача на зуб $s_z = 0,03$ мм/зуб

Подача на оборот $s_0 = s_z \cdot z = 0,03 \cdot 5 = 0,15$ мм/об

Таблица 6. Режимы черного фрезерования поверхности 3

	Табличное значение	Поправочные коэффициенты			Расчетное значение
		K_M	K_B	$K_{\text{и}}$	
Скорость резания v	98 м/мин	1,12	1,0	1,0	110 м/мин
Частота шпинделя n	2610 об/мин	1,12	1,0	1,0	2923 об/мин
Минутная подача s_M	405 мм/мин	1,12	1,0	1,0	454 мм/мин

Мощность резания $N = 1,3$ кВт [12, с.268-271]

Табличные значения режимов резания при черновом фрезеровании учитывают локальное неравномерное распределение припуска, поэтому, в целом, можем принять одни и те же режимы резания на всю поверхность 3. Правомерность данного решения следует подтвердить при изготовлении опытной детали.

4) Фрезеровать поверхность 3 начисто

Режущий инструмент:

Фреза 2844-0781 T15K6 ГОСТ 18948-73

Фреза концевая цилиндрическая, оснащенная коронками из твердого сплава T15K6, диаметром 10 мм.

Глубина фрезерования $t = 1,5$ мм

Ширина фрезерования $B = 14$ мм

Подача на зуб $s_z = 0,028$ мм/зуб

Подача на оборот $s_o = s_z \cdot z = 0,028 \cdot 5 = 0,14$ мм/об

Таблица 7. Режимы чистового фрезерования поверхности 3

	Табличное значение	Поправочные коэффициенты			Расчетное значение
		K_m	K_B	K_i	
Скорость резания v	124 м/мин	1,12	1,0	1,0	139 м/мин
Частота шпинделя n	3290 об/мин	1,12	1,0	1,0	3685 об/мин
Минутная подача s_m	510 мм/мин	1,12	1,0	1,0	571 мм/мин

Мощность резания $N < 1$ кВт [12, с.268-271]

5) Фрезеровать паз 4 начисто

Ввиду конструктивных особенностей паза 4 его обработку следует проводить последовательно двумя различными фрезами. Поскольку допустимо пересечение траекторий данных инструментов, области обработки каждой фрезой будут разграничены при составлении управляющей программы.

Поверхности паза 4 не являются рабочими, а также скрыты от наблюдателя. Поэтому считаю допустимым фрезеровать паз, снимая необходимый слой материала за один проход. Данная обработка позволит достичь шероховатости Ra 6,3 и точности размеров по 14 качеству благодаря используемому оборудованию, однако приемлемо и возможное снижение качества поверхностей паза (согласовано с конструктором) [10, с.479].

Режущий инструмент:

Фреза 1–20–2,5–32–2 ГОСТ 2679-2014

Фреза прорезная типа 1, диаметром 20 мм, шириной 2,5 мм, с числом зубьев 32, класса 2.

Период стойкости $T = 60$ мин

Глубина фрезерования $t = 5$ мм

Ширина фрезерования $B = 10$ мм (обработка в 5 проходов с областью перекрытия 33%).

Подача на зуб $s_z = 0,04$ мм/зуб

Подача на оборот $s_o = s_z \cdot z = 0,04 \cdot 32 = 1,28$ мм/об

Таблица 8. Режимы чистового фрезерования паза 4 прорезной фрезой

	Табличное значение	Поправочные коэффициенты			Расчетное значение
		K_M	K_B	$K_{\text{и}}$	
Скорость резания v	39 м/мин	0,9	0,9	1,15	36 м/мин
Частота шпинделя n	620 об/мин	0,9	0,9	1,15	578 об/мин
Минутная подача s_M	794 мм/мин	0,9	0,9	1,15	740 мм/мин

Мощность резания $N < 1$ кВт [10, с.491-500].

Режущий инструмент:

Фреза 2240-0208 ГОСТ 28527-90

Фреза дисковая трехсторонняя типа 1, диаметром 80 мм, шириной 10 мм общего назначения.

Глубина фрезерования $t = 21,12$ мм

Ширина фрезерования $B = 10$ мм

Подача на зуб $s_z = 0,03$ мм/зуб

Подача на оборот $s_o = s_z \cdot z = 0,03 \cdot 18 = 0,54$ мм/об

Таблица 9. Режимы чистового фрезерования паза 4 дисковой фрезой

	Табличное значение	Поправочные коэффициенты			Расчетное значение
		K_M	K_B	$K_{\text{и}}$	
Скорость резания v	50 м/мин	1,0	1,12	0,8	45 м/мин
Частота шпинделя n	198 об/мин	1,0	1,12	0,8	178 об/мин
Минутная подача s_M	84 мм/мин	1,0	1,12	0,8	75 мм/мин

Мощность резания $N = 1,5$ кВт [12, с.325-327].

Выбор оборудования

Исходя из имеющегося парка кафедральных станков, вида обработки детали и потребной мощности резания выбрал станок с ЧПУ Metrom P1000.

Таблица 10. Технические характеристики станка Metrom P1000 [11]

№	Параметр	Значение
1	Возможность пятикоординатной обработки	да
2	Количество осей	7
3	Ход по оси X, мм	1000
4	Ход по оси Y, мм	1000
5	Ход по оси Z, мм	500
6	Суммарная мощность, кВт	42
7	Емкость инструментального магазина, шт.	16
8	Диаметр стола, мм	1000
9	Частота вращения стола, об/мин	6,25
10	Максимальная нагрузка на стол, кг	400
11	Тип двигателей осей	Серводвигатель
12	Тип двигателя шпинделя	ДПТ
13	Программное обеспечение	Andronic 2060 РКМ
14	Напряжение питания, В	400
15	Частота тока в сети, Гц	50
16	Номинальный ток питания, А	63
17	Номинальный ток главного выключателя, А	100
18	Давление сжатого воздуха, бар	6 – 10
19	Объемный поток сжатого воздуха, л/мин	20
20	Номинальная мощность гидронасоса, кВт	0,37
21	Номинальный ток гидронасоса, А	2,3
22	Коэффициент мощности насоса	0,76
23	Номинальное число оборотов шпинделя, об/мин	1370

24	Максимальное давление в гидросистеме, бар	170
25	Электрическая степень защиты	IP3 54
26	Температура хранения, °С	0–50
27	Температура эксплуатации, °С	10 – 35
28	Допустимая влажность воздуха, %	65
29	Глубина, мм	2500
30	Ширина, мм	3500
31	Высота, мм	3000
32	Масса, кг	6000

Нормирование технологических операций, переходов

Техническое нормирование устанавливает технически обоснованную норму расхода производственных ресурсов - рабочего времени, энергии, сырья, материалов, инструментов и т.п. Основы технологического нормирования устанавливает ГОСТ 3.1109-82. Главными целями нормирования являются:

- грамотно разработанный технологический процесс;
- минимальная себестоимость изготовления детали;
- минимальная трудоемкость изготовления детали.

Норма времени – регламентированное время выполнения некоторого объема работ в определенных производственных условиях одним или несколькими исполнителями соответствующей квалификации.

Норма времени, которое дается на обработку детали или каких-то поверхностей детали на данной технологической операции называется нормой штучного времени и складывается из:

- основного (машинного) или технологического времени;
- вспомогательного времени;
- времени обслуживания рабочего места;
- времени перерывов на отдых и физиологические потребности.

Нормирование будем вести для операции 015. Нормирование будет заключаться в определении штучного времени. Расчет норм времени осуществляется на основании РТК (см графическую часть).

Основное время считается по формуле:

$$T_o = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{n_i S_i} i;$$

где T_o – машинное время для всех переходов, мин;

L_i – путь пройденный i -м инструментом на рабочей подаче, мм;

S_i – рабочая подача для i -го инструмента, мм/об;

n_i – рабочая частота вращения шпинделя, об/мин;

i – число проходов i -го инструмента.

Таблица 11. Основное время переходов

Траектория инструмента	Путь инструмента, мм	Основное время, мин
0-6	210	0,11
7-13	210	0,11
13-30	415,16	0,95
31-48	407,45	0,79
48-89	166,06	1,12
89-95	35,04	0,36
Машинное время T_o , мин		3,44

Определение времени, требующегося на холостые ходы и смену инструмента:

$$T_{xx} = \sum \frac{L_{xxi}}{S_{xx}} i + T_{см.ин.};$$

где T_{xx} – время на холостые перемещения, мин;

L_{xxi} – путь пройденный i -м инструментом на холостом ходу, мм;

S_{xxi} – ускоренная подача холостых ходов, мм/об;

i - число холостых ходов i -го инструмента;

$T_{см.ин.}$ – время смены инструмента, мин; $T_{см.ин.} = 0,9$ мин.

Таблица 12. Время на холостые перемещения

Траектория инструмента	Путь инструмента, мм	T_{xx} , мин
0-6	290	1,04
7-13	290	1,04
13-30	150,45	0,96
31-48	150,45	0,96
48-89	335,78	1,06
89-95	380,25	1,09
Время на холостые перемещения T_{xx} , мин		6,15

Тогда:

$$T_a = \sum T_o + \sum T_{xx} = 3,44 + 6,15 = 9,59 \text{ мин.}$$

Время на контрольные измерения $t_{изм}=0,19 \cdot 10=1,9$ мин [14, с.160].
Величина партии деталей 20 шт. Вспомогательное время на установку и снятие детали $t_{уст}=0,9$ мин [14, с. 149].
Время на перезакрепление заготовки $t_{уст1}=0,9$ мин [14, с. 149].

$$T_b = t_{уст} + t_{уст1} + t_{изм} = 0,9 + 0,9 + 1,9 = 3,7 \text{ мин.}$$

$$k_{тв} = 1; k = 5\% .$$

$$T_{всп} = T_b \cdot k_{тв} = 3,7 \cdot 1 = 3,7 \text{ мин.}$$

Штучное время рассчитаем по формуле:

$$T_{шт} = (T_a + T_{всп}) \left(1 + \frac{k}{100}\right) = (9,59 + 3,7) \cdot 1,05 = 13,95 \text{ мин.}$$

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{N};$$

где $T_{пз}$ - норма подготовительно заключительного времени, которая определяется как сумма слагаемых:

- а) Времени на наладку станка, зависящего от способа установки детали и количества инструментов, участвующих в выполнении операции;
- б) Времени, затрачиваемого в случаях работы с каким-либо дополнительным, нерегулярно встречающимся в работе приспособлением или устройством, предусмотренным технологическим устройством на данную операцию.

Определим $T_{пз}$ по [14, с.136]. Получаем:

$$T_{пз} = 14,5 \text{ мин.}$$

Тогда:

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{N} = 13,95 + \frac{14,5}{20} = 14,68 \text{ мин.}$$

Разработка управляющей программы для ЧПУ

Разработку управляющей программы вел для операции 015 Фрезерная с ЧПУ на основании РТК. Особенностью программного обеспечения Andronic 2060 РКМ выбранного станка Metrom P1000 является предпочтительное представление криволинейных траекторий в виде линейных интерполяций, соответственно задание криволинейного движения осуществляется с помощью набора стандартных элементов, либо с помощью САМ-систем. Ввиду этого составил управляющую программу отдельно для Установа А.

Предварительным этапом перед обработкой является задание плавающего ноля, постоянного во время всей операции. Координаты плавающего ноля относительно ноля станка фиксируем в Банке Нолей, условно определил плавающий ноль в ячейке P9.

G54 P4 – выбор ноля из Банка Нолей;

G00 X0 Y0 Z0 – ускоренное перемещение в точку 0;

G00 X-70 Z-18.12 – ускоренное перемещение в точку 1;

M3 S868 – включение шпинделя, частота 868 об/мин;

G95 G01 Y210 F2.24 – линейная интерполяция, перемещение в точку 2 с подачей 2.24 мм/об;

G00 X0 Y0 Z0 – ускоренное перемещение в точку 3;

G00 X-70 Z-18.67 – ускоренное перемещение в точку 4;

G97 S1254 – изменение частоты вращения шпинделя до 1254 об/мин;

G95 G01 Y210 F0.88 – линейная интерполяция, перемещение в точку 5 с подачей 0.88 мм/об;

M5 – выключение шпинделя;

G00 X0 Y0 Z0 – ускоренное перемещение в точку 6;

M2 – выключение приводов.

3.3.2 ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ (АЛЬБОМ) ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ 015 ФРЕЗЕРНАЯ С ЧПУ

В соответствии с рекомендациями ГОСТ 3.1404-86 ЕСТД, исходя из вида применяемого оборудования, выбрал и выполнил следующий состав технологических документов на операцию:

- Операционная карта (ГОСТ 3.1404-86 ЕСТД, Форма 3)
- Расчетно-технологическая карта на бланке карты эскизов (ГОСТ 3.1105-2011 ЕСТД)
- Карта эскизов (ГОСТ 3.1105-2011 ЕСТД)
- Карта наладки инструмента (ГОСТ 3.1404-86 ЕСТД)

Операционная карта - технологический документ, содержащий описание технологической операции с указанием переходов, режимов обработки и данных о средствах технологического оснащения. В этой карте отражаются последовательность, способ и режим обработки, тип оборудования и инструмент, нормы времени, разряд работы и другие показатели. В учебных целях выполнил карту для операции 015 Фрезерной с ЧПУ.

Расчетно-технологическая карта содержит технологические решения, принятые на предыдущих этапах технологической проработки, и законченный проект обработки детали на станке с ЧПУ в виде графического изображения траектории движения инструмента со всеми необходимыми пояснениями и расчетными размерами. В учебных целях выполнил полную карту для операции 015 Фрезерной с ЧПУ.

Карта эскизов - технологический документ, содержащий эскизы, схемы и таблицы, необходимые для выполнения технологического процесса, операции или перехода сборки изделия. Карта эскизов является графической иллюстрацией к маршрутным и операционным картам технологического процесса. В учебных целях выполнил карту для операции 015 Фрезерной с ЧПУ отдельно для Установов А и Б.

Карта наладки является основным документом для наладчика станка при подготовке станка к работе, для комплектовщика и настройщика инструмента вне станка при подборе инструмента, при настройке и аттестации его в инструментальной кладовой участка. В учебных целях выполнил карту для наладки инструмента ПИ1 операции 015 Фрезерной с ЧПУ, Установ А, переход – Точить торец 1 начерно.

Комплект технологической документации представлен в приложении А.

В результате проделанной работы был спроектирован технологический процесс (не в полном объеме) изготовления Призмы измерительной в условиях мелкосерийного производства. Был проведен анализ технологичности конструкции детали, по его результатам внесены обоснованные изменения в конструкцию. Была рационально выбрана заготовка, составлен технологический маршрут обработки. Назначены припуски на механическую обработку и проведен анализ промежуточных технологических размеров и размеров заготовки. Выбран режущий инструмент и назначены режимы резания для операции 015 Фрезерной с ЧПУ, выбрано необходимое оборудование. Выполнено нормирование технологических переходов. По результатам проведенных работ были приобретены необходимые технологические навыки и знания.

4. ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Выдано студенту:

Группа	ФИО
8Н21	Мадалиеву Андрею Андреевичу

Институт	ИК	Кафедра	АРМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.05 «конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Показатели оценки качества разработки. 2. Показатели оценки коммерческого потенциала разработки. 3. Сильные и слабые стороны, возможности и угрозы проекта. 	<ul style="list-style-type: none"> – Точность измерений, надежность, реализация различных схем измерений, диапазон прицеливаемых валов, расстояние измерения, компактность, простота эксплуатации, возможность автоматизации измерений и т.д.; – Конкурентоспособность, цена, срок выхода на рынок, перспективность рынка, послепродажное обслуживание, и т.д.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка качества разработки и ее перспективности на рынке с помощью технологии QuaD. 	<ul style="list-style-type: none"> – Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации; – по результатам оценки качества и перспективности разработка является перспективной ($P_{cp}=89,1$) и выгодной для инвестиций; – необходимо расширить послепродажное обслуживание, разработать маркетинговую кампанию для сокращения времени выхода на рынок, сертифицировать разработку.
<ol style="list-style-type: none"> 2. Исследование внешней и внутренней среды проекта с помощью SWOT-анализа. 	<ul style="list-style-type: none"> – SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта; – для упрощения процедуры проведения SWOT-анализ проводят в табличной форме.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Николаенко В.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Н21	Мадалиев А.А.		

Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. По своему содержанию данный инструмент близок к методике оценки конкурентных технических решений. Технология может использоваться при проведении различных маркетинговых исследований, существенно образом снижая их трудоемкость и повышая точность и достоверность результатов.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

1) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:

- влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
- перспективность рынка;
- пригодность для продажи;
- перспективы конструирования и производства;
- финансовая эффективность.
- правовая защищенность и др.

2) Показатели оценки качества разработки:

- динамический диапазон;
- масса;
- ремонтпригодность;
- энергоэффективность;
- долговечность;
- эргономичность;
- унифицированность;
- уровень материалоемкости разработки и др.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации. Для упрощения процедуры проведения QuaD рекомендуется оценку проводить в табличной форме (табл. 13).

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 13. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Показатели оценки	Вес показателя	Баллы	Максимальный балл	Относит. значение (X/Y)	Средне-взвешенное значение ($O_i \cdot B_i$)
	B_i	X	Y	O_i	Π_i
Показатели оценки качества разработки					
1. Точность измерений	0,10	80	100	0,8	0,08
2. Надежность	0,04	80	100	0,8	0,032
3. Реализация различных схем измерений	0,05	100	100	1	0,05
4. Диапазон прицентровываемых валов	0,05	100	100	1	0,05
5. Расстояние измерения (между стойками)	0,05	90	100	0,9	0,045
6. Компактность	0,05	100	100	1	0,05
7. Простота эксплуатации	0,08	80	100	0,8	0,064
8. Возможность автоматизации измерений	0,02	100	100	1	0,02
9. Потребность в ресурсах памяти	0,01	100	100	1	0,01
10. Технологичность	0,10	90	100	0,9	0,09
11. Эргономичность	0,02	90	100	0,9	0,018
12. Эстетичность	0,01	80	100	0,8	0,008
13. Ремонтпригодность	0,01	100	100	1	0,01
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
14. Конкурентоспособность продукта	0,10	100	100	1	0,1
15. Перспективность рынка	0,10	100	100	1	0,1
16. Цена	0,05	100	100	1	0,05
17. Послепродажное обслуживание	0,02	40	100	0,4	0,008
18. Финансовая	0,10	100	100	1	0,1

эффективность научной разработки					
19. Срок выхода на рынок	0,02	20	100	0,2	0,004
20. Наличие сертификации разработки	0,02	10	100	0,1	0,002
Итого	1	-	-	-	0,891

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum P_i \cdot 100 ,$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателей качества и перспективности научной разработки; P_i – средневзвешенное значение показателя.

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя P_{cp} получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

$$P_{cp} = \sum P_i \cdot 100 = 0,891 \cdot 100 = 89,1.$$

Вывод: по результатам оценки качества и перспективности разработка является перспективной ($P_{cp} = 89,1$) и выгодной для инвестиций. Основные слабые стороны выявлены при оценке коммерческого потенциала разработки – необходимо расширить послепродажное обслуживание, разработать маркетинговую кампанию для сокращения времени выхода на рынок, сертифицировать разработку.

SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Дадим трактовку каждому из этих понятий.

1. Сильные стороны. Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского

проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции. Другими словами, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей. При этом важно рассматривать сильные стороны и с точки зрения руководства проекта, и с точки зрения тех, кто в нем еще задействован. При этом рекомендуется задавать следующие вопросы:

- Какие технические преимущества вы имеете по сравнению с конкурентами?
- Что участники вашего проекта умеют делать лучше всех?
- Насколько ваш проект близок к завершению по сравнению с конкурентами?

2. Слабые стороны. Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами. Чтобы прояснить в каких аспектах вас, возможно, превосходят конкуренты, следует спросить:

- Что можно улучшить?
- Что делается плохо?
- Чего следует избегать?

3. Возможности. Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию. Формулирование возможностей проекта можно упростить, ответив на следующие вопросы:

• Какие возможности вы видите на рынке? Проводите поиск свободных ниш, но помните, что свободными они остаются недолго. Благоприятная возможность, увиденная сегодня, может перестать существовать уже через три месяца. Благоприятные возможности могут возникать в силу действия следующих факторов:

- изменения в технологической сфере и на рынке – как мирового, так и регионального масштаба;
- изменения правительственной политики в отношении отрасли, где проводится научное исследование;
- изменения социальных стандартов, профиля населения, стиля жизни и т.д.

- В чем состоят благоприятные рыночные возможности?
- Какие интересные тенденции отмечены?

- Какие потребности, пожелания имеются у покупателя, но не удовлетворяются конкурентами?

4. Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту. Для выявления угроз проекта рекомендуется ответить на следующие вопросы:

- Какие вы видите тенденции, которые могут уничтожить ваш научно-исследовательский проект или сделать его результаты устаревшими?
- Что делают конкуренты?
- Какие препятствия стоят перед вашим проектом (например, изменения в законодательстве, снижение бюджетного финансирования проекта, задержка финансирования проекта и т.п.)?
- Изменяются ли требуемые спецификации или стандарты на результаты научного исследования?
- Угрожает ли изменение технологии положению вашего проекта?
- Имеются ли у руководства проекта проблемы с материально-техническим обеспечением?

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в табл. 14.

Таблица 14. Матрица SWOT

Strengths (сильные стороны)	Weaknesses (слабые стороны)
S1. Широкая область применения прибора.	W1. Продолжительный срок выхода на рынок.
S2. Заявленная экономичность технологии.	W2. Отсутствие сертификации научной разработки.
S3. Возможность автоматизации измерений.	W3. Слабое послепродажное обслуживание.
S4. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.	W4. Высокая зависимость от поставщиков материалов и комплектующих.
S5. Наличие бюджетного финансирования.	W5. Наличие более известных аналогов.
S6. Квалифицированный персонал.	
S7. Коммерческая перспективность разработки.	
S8. Простота эксплуатации.	

Opportunities (возможности)	Threats (угрозы)
O1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ. O2. Малое количество конкурентов. O3. Обширность и перспективность рынка. O4. Появление дополнительного спроса на новый продукт. O5. Повышение стоимости конкурентных разработок. O6. Узкая область применения конкурентных аналогов.	T1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. T2. Слабая маркетинговая кампания. T3. Ограничения на использование несертифицированной продукции. T4. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции. T5. Ограничения в использовании инфраструктуры ТПУ.

После того как сформулированы четыре области SWOT переходят к реализации второго этапа.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 15. Интерактивная матрица проекта

		Strengths								Weaknesses				
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	W1	W2	W3	W4	W5
Opportunities	O1	-	+	-	+	+	+	0	-	-	-	-	-	-
	O2	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+	+
	O3	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+
	O4	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+
	O5	-	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+
	O6	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+
Threats	T1	+	-	+	0	-	-	+	-	+	+	+	-	+
	T2	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+
	T3	-	-	-	-	-	-	+	-	0	+	0	-	+
	T4	-	-	-	-	-	-	+	-	0	+	0	-	+
	T5	-	+	-	+	+	+	0	-	+	0	+	+	-

В рамках **третьего этапа** составляется итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в табл. 16.

Таблица 16. Итоговая матрица SWOT-анализа

	Strengths (сильные стороны)	Weaknesses (слабые стороны)
	<p>S1. Широкая область применения прибора.</p> <p>S2. Заявленная экономичность технологии.</p> <p>S3. Возможность автоматизации измерений.</p> <p>S4. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>S5. Наличие бюджетного финансирования.</p> <p>S6. Квалифицированный персонал.</p> <p>S7. Коммерческая перспективность разработки.</p> <p>S8. Простота эксплуатации.</p>	<p>W1. Продолжительный срок выхода на рынок.</p> <p>W2. Отсутствие сертификации научной разработки.</p> <p>W3. Слабое послепродажное обслуживание.</p> <p>W4. Высокая зависимость от поставщиков материалов и комплектующих.</p> <p>W5. Наличие более известных аналогов.</p>
Opportunities (возможности)	<p>1. Малое количество конкурентов и широкая область применения прибора показывают перспективность разработки и выгоду инвестирования.</p> <p>2. Выполнение разработки на базе инновационной инфраструктуры ТПУ позволяют обеспечивать технологичность и финансовую эффективность разработки.</p>	<p>1. Малое количество конкурентов позволит сократить сроки выхода на рынок.</p> <p>2. Обширность и перспективность рынка, а также малое количество конкурентов может обеспечить нишу невзирая на отсутствие сертификации разработки и слабого послепродажного обслуживания.</p>
<p>O1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.</p> <p>O2. Малое количество конкурентов.</p> <p>O3. Обширность и перспективность рынка.</p> <p>O4. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>O5. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>		

Об. Узкая область применения конкурентных аналогов.	3. Разработка обладает широкими возможностями автоматизации измерений.	
<p>Threats (угрозы)</p> <p>T1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>T2. Слабая маркетинговая кампания.</p> <p>T3. Ограничения на использование несертифицированной продукции.</p> <p>T4. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции.</p> <p>T5. Ограничения в использовании инфраструктуры ТПУ.</p>	<p>1. Широкая область применения прибора способна обеспечить удержание ниши на рынке и даже ее расширение несмотря на отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>2. Наличие бюджетного финансирования поможет компенсировать риски слабой маркетинговой кампании.</p>	<p>1. Отсутствие спроса на новые технологии производства в совокупности со слабыми сторонами разработки является наиболее неблагоприятным сценарием развития.</p> <p>2. Необходимо провести грамотную маркетинговую кампанию.</p> <p>3. Необходимо сертифицировать продукцию и быть готовым к введению дополнительных государственных требований к сертификации.</p>

Вывод: проведен SWOT-анализ, его результаты (табл. 16) учтены при разработке структуры выпускной квалификационной работы. Учитывая отраслевую специфику объекта исследования бакалаврской работы и степень проработанности результатов научного исследования, даны рекомендации к выполняемым структурным работам.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Выдано студенту:

Группа	ФИО
8Н21	Мадалиеву Андрею Андреевичу

Институт	ИК	Кафедра	АРМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.05 «конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Помещение закрытого типа с естественной вентиляцией воздуха. Помещение имеет как искусственный, так и естественный источник освещения. Основное рабочее оборудование – ПЭВМ.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Вредные факторы производственной среды: недостаточное освещение, повышения уровня шума, микроклимат, превышение электромагнитных и ионизирующих излучений; монотонный режим работы. – Опасные факторы среды: электрический ток, влияние на зрение. – Негативное влияние на окружающую среду: бытовые отходы. – Чрезвычайные ситуации: пожар.
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – ГОСТ 12.0.003-74 (с измен. 1999 г.) – ГОСТ 12.1.004 «Пожарная безопасность» – ГОСТ 12.1.010–76 «Взрывобезопасность» – Правила устройства электроустановок. – ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00 – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 (с измен. 2010 г.) – СН 2.2.4/2.1.8.562–96. – СН 2.2.4/2.1.8.556–96.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>4. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем индивидуальные защитные средства) 	<ul style="list-style-type: none"> – Вредные факторы возникают из-за ПЭВМ. – Негативные электромагнитное и ионизирующее излучения отрицательно влияют на иммунную, нервную, эндокринную и дыхательную системы. Шум негативно влияет на психофизиологическое состояние. – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Напряженность электрического поля в диапазоне частот 5 Гц– 2 кГц не должна превышать 25 В/м, а в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц не больше 2,5 В/м. – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. При нахождении на рабочем месте в процессе трудовой деятельности на ПЭВМ уровень звукового давления не должен превышать
--	---

	<p>50 дБА.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Уменьшение мощности блока питания компьютера, сокращение времени пребывания за компьютером, перерывы.
<p>5. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита– источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<ul style="list-style-type: none"> – Механические опасности отсутствуют. – Термические опасности отсутствуют. – Установлены удлинители в розетках (эл. сеть перегружена) – Возможные причины пожара: возникновение КЗ в проводке.
<p>6. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<ul style="list-style-type: none"> – Бытовые отходы. Отходы, образующиеся при поломке ПЭВМ.
<p>7. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<ul style="list-style-type: none"> – Возможные ЧС: пожар. – Пожар. – Устройства оповещения при пожаре, датчики дыма. – Соблюдения техники безопасности. – Следование плану эвакуации, вызов пожарных.
<p>8. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<ul style="list-style-type: none"> – Право на условия труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены. – Использование оборудования и мебели согласно антропометрическим факторам.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Пустовойтова М.И.	К.Х.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Н21	Мадалиев А.А.		

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данной работе были разработаны средства измерения несоосности валов и автоматизированного расчета линейных величин смещения опорных точек двигателя для компенсации несоосности, т.е. были проведены все необходимые технические расчеты и конструирование ввода с помощью различных программных комплексов, текстовых и графических редакторов. На основе этого рабочим местом будет принято место работы оператора ПК (персонального компьютера).

Длительная работа на ПЭВМ отрицательно воздействует на здоровье человека. Монитор ПК, является источником различных излучений, таких как: электромагнитное, рентгеновское, ультрафиолетовое, инфракрасное, а так же излучения видимого диапазона. Длительное сидячее положение приводит к напряжению мышц и появлению болей в руках, плечевых суставах, позвоночнике, шее. При длительной работе на клавиатуре появляются болевые ощущения в запястьях, кистях и пальцах рук. Особенностью работы на ПК является постоянное и значительное напряжение функций зрительного анализатора [ГОСТ 12.1.004-91].

Данный раздел ВКР посвящен анализу воздействующих в процессе работы опасных и вредных факторов и выработке методов защиты от негативного действия этих факторов. Произведен анализ вредных факторов таких как: микроклимат, шум, электромагнитные излучения. Рассмотрены вопросы охраны окружающей среды, защиты в случае чрезвычайной ситуации, а так же правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Анализ соответствия гигиенических условий труда за ПЭВМ требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03

Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы" устанавливают требования безопасности к ПЭВМ, к помещениям для работы с ПЭВМ: к микроклимату, уровню шума и вибрации, освещенности, уровню электромагнитных полей на рабочем месте, общие требования к организации рабочих мест: расположение видеодисплейного терминала, конструкция стола и кресла/стула. В соответствии с перечисленными требованиями провел анализ гигиенических условий труда за ПЭВМ на своем рабочем месте.

Таблица 17. Анализ соответствия гигиенических условий труда требованиям к ПЭВМ

Наименование параметров		Допустимые значения	Реальные значения	Соответствие
Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами	31,5 Гц	86 дБ	80 дБ	удовл.
	63 Гц	71 дБ	69 дБ	удовл.
Напряженность электрического поля, временный допустимый уровень	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м	17 В/м	удовл.
	в диапазоне частот 2 - 400 кГц	2,5 В/м	1,7 В/м	удовл.
Плотность магнитного потока, временный допустимый уровень	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл	160 нТл	удовл.
	в диапазоне частот 2 - 400 кГц	25 нТл	18 нТл	удовл.
Электростатический потенциал экрана видеомонитора, временный допустимый уровень		500 В	400 В	удовл.
Яркость белого поля монитора		Не менее 35 кд/кв.м	45 кд/кв.м	удовл.
Неравномерность яркости рабочего поля монитора		Не более +-20%	+ -10%	удовл.
Контрастность (для монохромного режима)		Не менее 3:1	4:1	удовл.
Временная нестабильность изображения (непреднамеренное изменение во времени яркости изображения на экране дисплея)		Не должна фиксироваться	не фиксируется	удовл.

Таблица 18. Анализ соответствия гигиенических условий труда требованиям к помещениям для работы с ПЭВМ

Наименование параметров	Допустимые значения	Реальные значения	Соответствие
-------------------------	---------------------	-------------------	--------------

Температура, 21°C	Относительная влажность, %		55	58	неуд.	
	Абсолютная влажность, г/м ³		10	10	удовл.	
	Скорость движения воздуха, м/с		<0,1	0,05	удовл.	
Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами		31,5 Гц	93 Гц	75 Гц	удовл.	
		63 Гц	79 Гц	52 Гц	удовл.	
Значение виброускорения по осям со среднегеометрическими частотами		3,15 Гц	1/3 окт	79 Гц	55 Гц	удовл.
			1/1 окт	83 Гц	56 Гц	удовл.
		6,3 Гц	1/3 окт	78 Гц	49 Гц	удовл.
			1/1 окт	83 Гц	51 Гц	удовл.
Значение виброскорости по осям со среднегеометрическими частотами		3,15 Гц	1/3 окт	79 Гц	53 Гц	удовл.
			1/1 окт	82 Гц	56 Гц	удовл.
		6,3 Гц	1/3 окт	72 Гц	49 Гц	удовл.
			1/1 окт	76 Гц	52 Гц	удовл.
Источник падения естественного света			слева	спереди	неуд.	
Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа			300-500 лк	320 лк	удовл.	
Освещенность поверхности экрана			≤300 лк	250 лк	удовл.	
Яркость светящихся поверхностей находящихся в поле зрения			≤200 кд/м ²	170 кд/м ²	удовл.	
Яркость бликов на экране ПЭВМ			≤40 кд/м ²	30 кд/м ²	удовл.	
Яркость потолка			≤200 кд/м ²	100 кд/м ²	удовл.	
Тип ламп источников искусственного освещения			ЛБ и КЛЛ	ЛБ и КЛЛ	удовл.	
Коэффициент пульсации осветительных установок общего освещения			≤5%	5%	удовл.	
Напряженность электростатического поля			15 кВ/м	10 кВ/м	удовл.	

Таблица 19. Анализ соответствия гигиенических условий труда общие требования к организации рабочих мест для работы с ПЭВМ (для студента ростом >175 см в обуви)

Наименование параметров	Допустимые значения	Реальные значения	Соответствие
Отклонение линии взора от перпендикуляра, проходящего через центр экрана в вертикальной плоскости	+10°	-20°	неуд.
Высота поверхности стола над полом	760 мм	770 мм	удовл.
Пространство стола для ног	≥700 мм	750 мм	удовл.
Основные размеры стула			
Высота сиденья над полом	460 мм	455 мм	удовл.
Ширина сиденья	≥360 мм	380 мм	удовл.
Глубина сиденья	400 мм	400 мм	удовл.
Высота нижнего края спинки над сиденьем	190 мм	195 мм	удовл.
Высота верхнего края спинки над сиденьем	400 мм	410 мм	удовл.
Высота линии прогиба спинки	≥220 мм	230 мм	удовл.
Радиус изгиба переднего края сиденья	20-50 мм	35 мм	удовл.
Угол наклона сиденья	0-4°	0°	удовл.
Угол наклона спинки	95-108°	100°	удовл.
Радиус спинки в плане	≥300 мм	450 мм	удовл.

Заключение: согласно проведенному анализу соответствия гигиенических условий труда за ПЭВМ требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 выявил следующие несоответствия: относительная влажность в рабочем помещении 58% превышает допускаемую 55%; источник падения естественного света находится спереди, а не слева; отклонение линии взора от перпендикуляра, проходящего через центр экрана в вертикальной плоскости, составляет -20° при допускаемых +10°. В соответствии с данными результатами провел необходимую реорганизацию рабочего места.

Анализ соответствия пожарной безопасности рабочего места требованиям ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ

ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования» устанавливает требования пожарной безопасности рабочего места системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями в соответствии с требованиями.

Реализованные способы обеспечения пожарной безопасности системы предотвращения пожара:

- вблизи рабочего места отсутствуют легковоспламеняющиеся жидкости, газы и твердые вещества;
- концентрация среды является безопасной в соответствии с нормами и правилами и другими нормативно-техническими, нормативными документами и правилами безопасности;
- при эксплуатации оборудования и устройств не образуются источники зажигания;
- отсутствуют условия для теплового, химического и микробиологического самовозгорания обращающихся веществ, материалов, изделий;
- периодическая очистка рабочего места, коммуникаций, аппаратуры от горючих отходов, отложений пыли, пуха и т.п.;

Реализованные способы обеспечения пожарной безопасности системы противопожарной защиты:

- применение необходимых средств пожаротушения;
- применение автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения;
- организация своевременного оповещения и эвакуации людей с помощью автоматических технических средств;
- соответствующее нормам количество, размеры и соответствующее конструктивное исполнение эвакуационных путей и выходов;
- обеспечена возможность беспрепятственного движения людей по эвакуационным путям;
- организовано управление движением людей по эвакуационным путям (световые указатели, звуковое и речевое оповещение);
- в здании предусмотрены технические средства (лестничные клетки, наружные пожарные лестницы, аварийные люки), имеющие устойчивость при пожаре и огнестойкость не менее времени, необходимого для спасения людей при пожаре, и расчетного времени тушения пожара.

Реализуемые организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности:

- проводится регулярное обучение персонала правилам пожарной безопасности;
- изготавливаются и применяются средства наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности;
- разрабатываются мероприятия по действиям администрации, рабочих, служащих и населения на случай возникновения пожара и организации эвакуации людей;
- проводятся ежегодные плановые учения.

Заключение: согласно проведенному анализу соответствия пожарной безопасности рабочего места требованиям ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ нарушений не выявил, системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-технические мероприятия соответствуют существующим нормам, риск возникновения пожара и ущерба здоровью и имуществу при пожаре минимален.

Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

Из всех вредных и опасных производственных факторов на моем рабочем месте наибольшую угрозу представляет поражение электрическим током, т.к. в помещении находится большое количество аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50Гц. По опасности электропоражения комната относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения с имеющими соединения с землей металлическими предметами и металлическими корпусами оборудования.

Во время нормального режима работы оборудования опасность электропоражения крайне мала, однако, возможны аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение электрическим током может произойти в следующих случаях:

- при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ;
- при однофазном (однополюсном) прикосновении незаземленного от земли человека к незаземленным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;

- при прикосновении к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;
- при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением;
- при возможном коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания, блоке развертки монитора.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:

- изолирование (ограждение) токопроводящих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
- установки защитного заземления;
- наличие общего рубильника;
- своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

Первая помощь при поражении электрическим током:

1. Обеспечить свою безопасность. Надеть сухие перчатки (резиновые, шерстяные, кожаные и т.п.), резиновые сапоги. По возможности отключить источник тока. При подходе к пострадавшему по земле идти мелкими, не более 10 см, шагами.
2. Сбросить с пострадавшего провод сухим токонепроводящим предметом (палка, пластик). Оттащить пострадавшего за одежду не менее чем на 10 метров от места касания проводом земли или от оборудования, находящегося под напряжением.
3. Вызвать (самостоятельно или с помощью окружающих) «скорую помощь».
4. Определить наличие пульса на сонной артерии, реакции зрачков на свет, самостоятельного дыхания.
5. При отсутствии признаков жизни провести сердечно-легочную реанимацию.
6. При восстановлении самостоятельного дыхания и сердцебиения придать пострадавшему устойчивое боковое положение.
7. Если пострадавший пришел в сознание, укрыть и согреть его. Следить за его состоянием до прибытия медицинского персонала, может наступить повторная остановка сердца.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе подробно описана методика контроля несоосности валов индикаторами часового типа: проведение подготовительных работ, проведение измерений, анализ полученных значений, в том числе определение необходимого смещения опор подвижной машины для компенсации несоосности валов. Проведена подетальная разработка конструкции измерительной системы на основании проведенных исследований и экспериментов. Для наиболее сложной детали – Призмы установочной ФЮРА.401911.001.000.001 спроектирован технологический процесс изготовления в условиях мелкосерийного производства. В целях сокращения времени центровочных работ, а также предотвращения ошибок при выполнении процедуры расчетов разработана расчетная программа для определения линейных величин смещения опорных точек двигателя для компенсации несоосности.

Проведена экономическая оценка качества и перспективности разработки с помощью технологии QuaD, разработка является перспективной и выгодной для инвестиций. Проведен SWOT-анализ, его результаты учтены при разработке структуры выпускной квалификационной работы.

Согласно проведенному анализу соответствия гигиенических условий труда за ПЭВМ требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 проведена необходимая реорганизация рабочего места.

Поставленная цель была достигнута в полной мере, выполнен весь необходимый комплекс работ по запуску производства разработанной измерительной системы ФЮРА.401131.001.000.000, изготовлен опытный образец.

В дальнейшем необходимо разработать маркетинговую кампанию для сокращения времени выхода на рынок, сертифицировать разработку и расширить послепродажное обслуживание для успешного продвижения изделия на рынке.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ И ПРЕЗЕНТАЦИЙ

1. Мадалиев А.А. Контроль несоосности валов индикаторами часового типа: статья / Томский политехнический университет – Томск: ТПУ, 2016. –10 с., илл.
2. Мадалиев А.А. Выбор оптимального мерительного инструмента для достижения требуемой точности измерений несоосности валов индикаторами часового типа на специализированном учебном стенде: статья / Томский политехнический университет – Томск: ТПУ, 2016. –10 с., илл.

Участие в конкурсе инновационных программных IT-проектов в день Института Кибернетики ТПУ 11 сентября 2015г. с проектом «Центровка валов электрических машин».

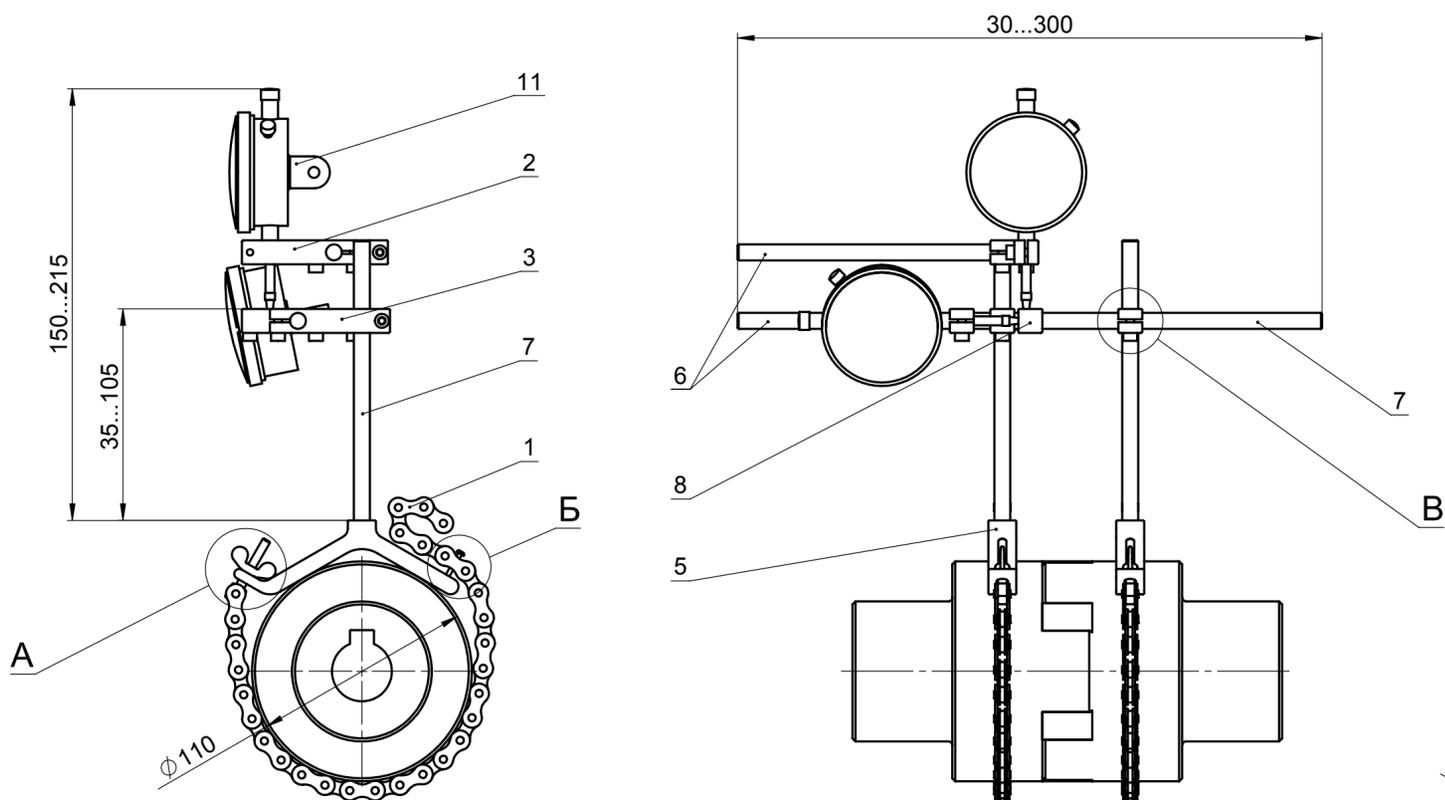
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Антонычев С.В. Энергосбережение за счет наладки производственного оборудования на основе энергосервиса / С.В. Антонычев // Энергосбережение. – 2013. – №4. – С. 25-26.
2. Коган Б.И. Ремонтно-технологический блок для обеспечения качества монтажа крупнотоннажных узлов горных машин / Б.И.Коган // Технология. –2012. – №10. – С.31-35.
3. Русов В.А. Диагностика дефектов вращающегося оборудования по вибрационным сигналам / В.А. Русов. – Пермь, 2012.
4. Лавров К.А. Основы центровки промышленного оборудования [Электронный ресурс]: учебное пособие / Перевод К.А. Лавров, Р.А. Романов // Baltech. URL: <http://www.baltech.ru/catalog.php>, свободный. – дата обращения: 18.12.15.
5. Виброакустическая диагностика насосных агрегатов / Р.Н. Сулейманов [и др.]; под ред. Р.Н. Сулейманова. – Уфа: изд-во УГНТУ. –2002, 162с.
6. Dial Indicator Concepts [Электронный ресурс]: TIR, Validity Rule & TPS / VibrAlign. URL: https://www.youtube.com/watch?v=8A2kpOad4VA&index=2&list=PL06T-g_o3uUIDA0SprfS_X5HCu095r_NJ, свободный. – дата обращения: 25.03.16.
7. Лазерная центровка валов E420: система начального уровня для измерения и центровки вращающегося оборудования / Easy-Laser. URL: http://www.vibrotek.ru/russian/UsersFiles/File/E420_RUS.pdf, свободный. – дата обращения: 25.03.16.
8. Мадалиев А.А. Выбор оптимального мерительного инструмента для достижения требуемой точности измерений несоосности валов индикаторами часового типа на специализированном учебном стенде: статья / Томский политехнический университет – Томск: ТПУ, 2016. –10 с., илл.
9. Авраменко, В.Е. Технология машиностроения. Расчет припусков и межпереходных размеров: Учеб. пособие / В.Е. Авраменко, Ю.Ю. Терсков. Красноярск: ПИ СФУ, 2007. – 88 с.
10. Краткий справочник металлиста / Под общ. ред. А.Е. Древаля, Е.А. Скороходова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2005. – 960 с., ил.
11. Мадалиев, А.А. Пятикоординатная обработка на станках с ЧПУ. Отработка пробных перемещений на Metrom P1000: Отчет по

лабораторной работе №5 по дисциплине «Автоматизированное управление технологическим оборудованием» / А.А. Мадалиев, М.Ю. Трифонов. Томск: ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2015. – 8 с., ил.

12. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч.1. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, строгальные, долбежные и фрезерные станки. – М.: Машиностроение, 1974. – 415 с., ил.
13. Скворцов, В.Ф. Основы размерного анализа конструкций изделий: Учеб. пособие / В.Ф. Скворцов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 80 с.
14. Справочник нормировщика-машиностроителя. В 4-х т. Т.2 / Под ред. Е.И. Стружестраха – М.: МАШГИЗ, 1961. 893 с.
15. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с., ил.
16. Ефимова А.И., Зотеев А.В., Склянкин А.А. Общий физический практикум физического факультета МГУ. Погрешности эксперимента: Учебно-методическое пособие. – М.: МГУ, Физический факультет, 2012. – 39 с., илл.
17. Измерение деталей индикаторными приборами. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов, обучающихся по направлениям 150900 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» и 150400 «Технологические машины и оборудование» – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. –12 с.
18. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

Пример измерения несоосности радиально-осевым методом



Технические характеристики:

1. Установочный диаметр - 20...160 мм.
2. Диаметр измерения - 30...410 мм.
3. Расстояние измерения - 30...250 мм (между вертикальными штангами).
4. Точность измерения - 0,01 мм.
5. Установочные поверхности не требуют предварительной подготовки.

Технические требования:

1. Перед первым использованием удалить излишки смазки Цепи.
2. Установить измерительное приспособление на валы ступицы или фланцы полумуфта и жестко закрепить его (жесткость оценивается повторяемостью результатов согласно методике контроля несоосности).
3. Оценить прогиб штанг под действием сил гравитации согласно методике контроля несоосности.
4. Измерения проводить радиально-осевым методом или методом обратных индикаторов согласно методике контроля несоосности.

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

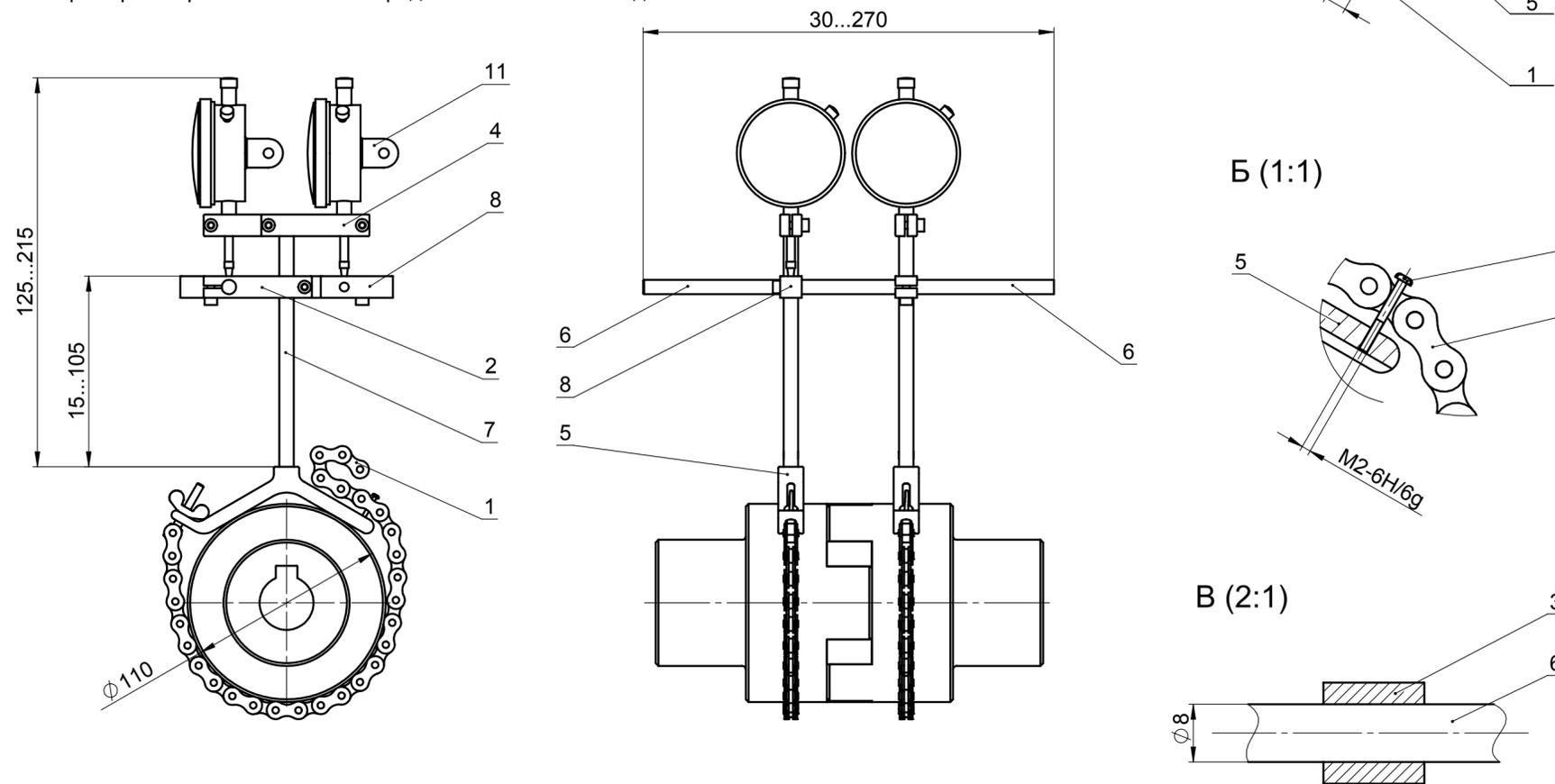
Изм. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Изм. № подл.

Пример измерения несоосности радиально-осевым методом



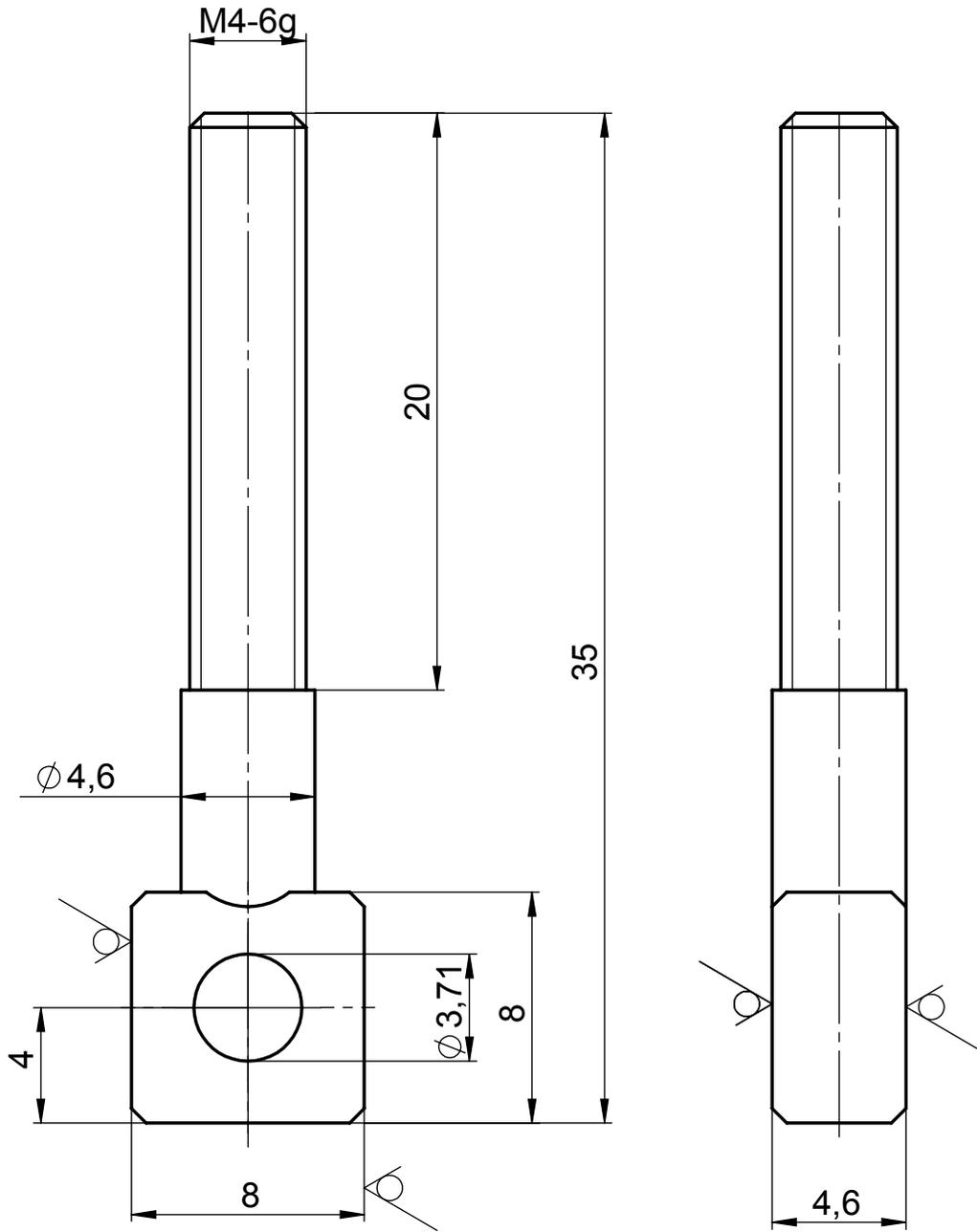
1. Размеры для справок.
2. Неуказанные предельные отклонения по Н14, h14, ±IT14/2.

Формат	Зона	Позиция	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Сборочные единицы		
A4	1		ФЮРА.401911.001.001.000	Цепь	2	
A3	2		ФЮРА.401912.001.002.000	Кронштейн тип А	2	
БЧ	3		ФЮРА.401912.001.002.000-01	Кронштейн тип А	2	
A4	4		ФЮРА.401912.001.003.000	Кронштейн тип Б	2	
				Детали		
A3	5		ФЮРА.401911.001.000.001	Призма установочная	2	
A4	6		ФЮРА.401912.001.000.002	Штанга гладкая	2	
БЧ	-		ФЮРА.401912.001.000.002-01	Штанга гладкая	2	
A4	7		ФЮРА.401912.001.000.003	Штанга резьбовая	2	
БЧ	-		ФЮРА.401912.001.000.003-01	Штанга резьбовая	2	
A4	8		ФЮРА.401914.001.000.004	Эталон	2	
A4	9		ФЮРА.401919.001.000.005	Винт упорный	2	
				Стандартные изделия		
		10		Гайка М4.35 ГОСТ 3032-76	2	
		11		Индикатор ИЧ10 кл.1 ГОСТ 577-68	2	
				Прочие изделия		
				Зеркало с рукоятью	1	
				Угольник	1	
				Комплекты		
				Комплект инструмента		
				Комплект укладочных средств		
				Упаковка		

ФЮРА.401131.001.000.000 СБ			
Изм. Лист	№ документа	Подпись	Дата
Разраб.	Мадалиев А.А.		14.06.2016
Пров.	Сикора Е.А.		14.06.2016
Т.контр.			
Нач. КБ			
Н.контр.			
Утв.	Сикора Е.А.		14.06.2016
Система измерительная			Лит. Масса Масштаб
1 шт.			О - - 1:2.5
			Лист Листов 1
ТПУ ИК АРМ Группа 8н21			

ФЮРА.401919.001.001.001

Ra 6,3 (✓)



1. Острые кромки притупить фаской 0,5x45°.
2. Неуказанные предельные отклонения по Н14, h14, ±IT14/2.

Перв. примен.
Справ. №

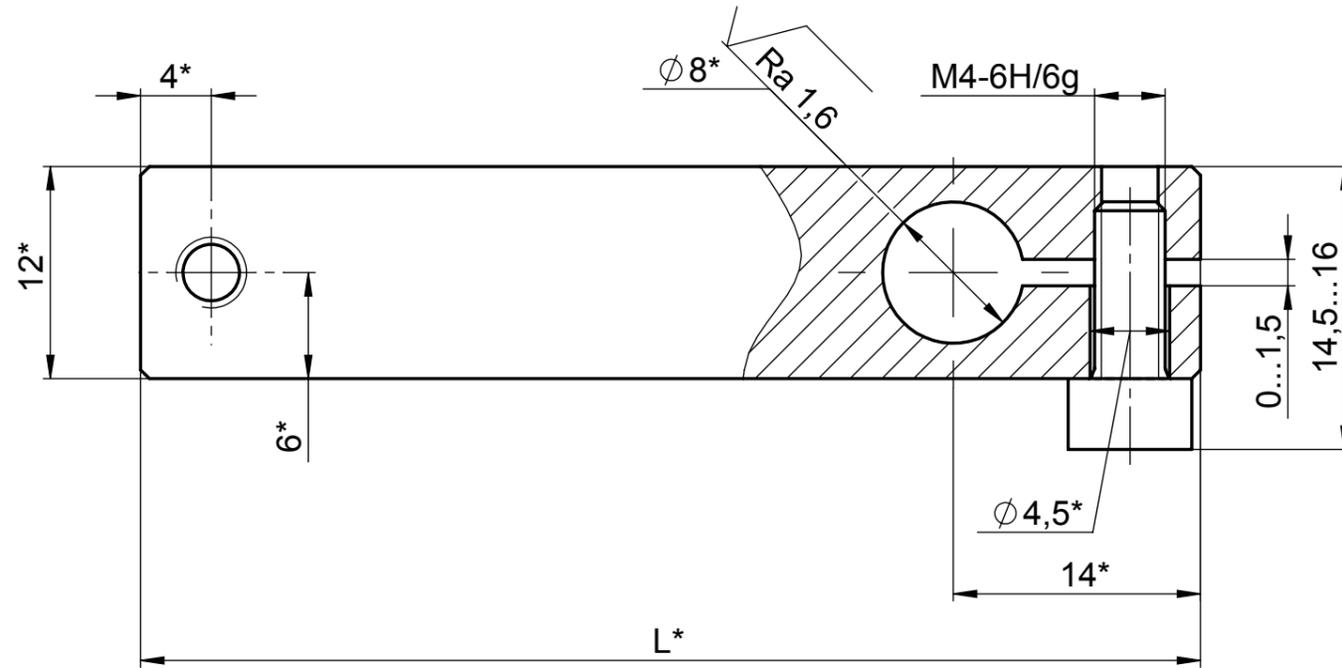
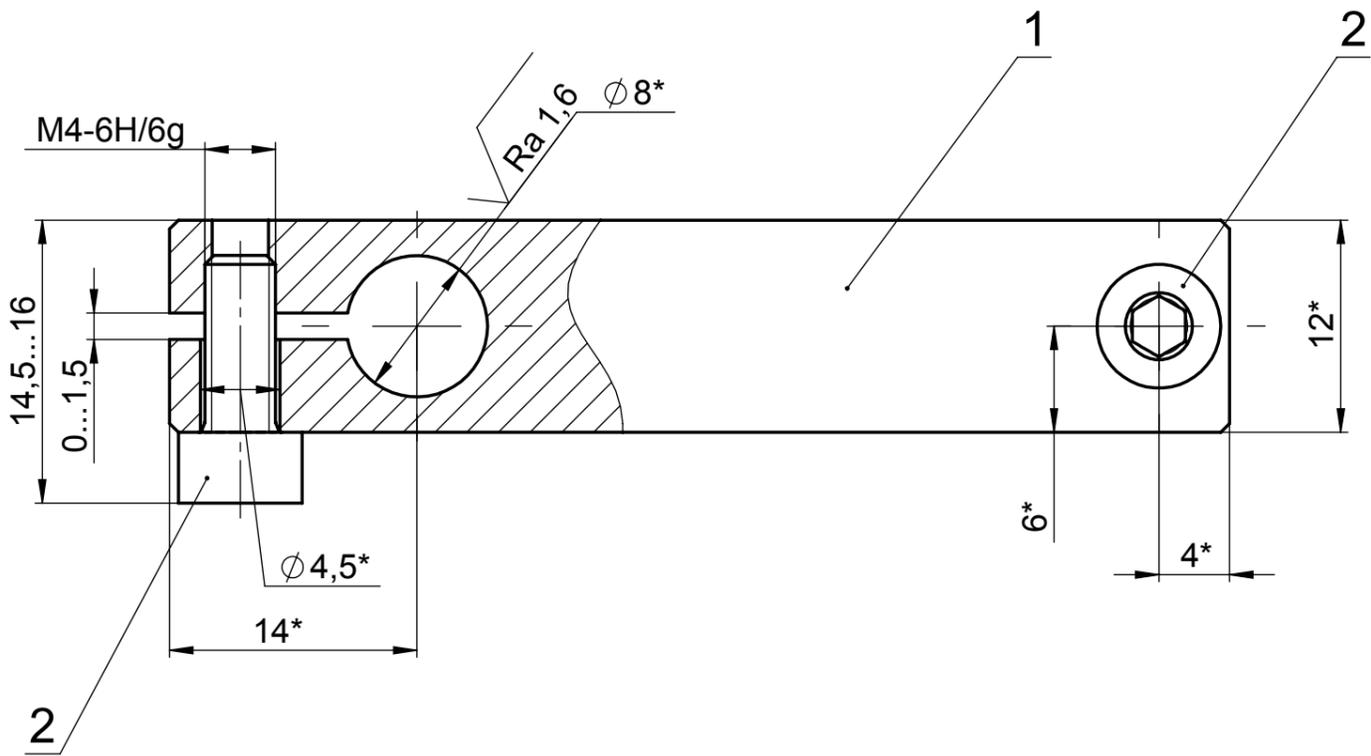
Подпись и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №

Подпись и дата
Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Разраб.		Мадалиев А.А.		09.06.2016
Пров.		Сикора Е.А.		09.06.2016
Т.контр.				
Нач. КБ				
Н.контр.				
Утв.		Сикора Е.А.		09.06.2016

ФЮРА.401919.001.001.001				
Винт натяжения цепи		Лит.	Масса	Масштаб
		О	4.72 г	4:1
2 шт.		Лист		Листов 1
		Сталь 30 ГОСТ 1050-88		ТПУ ИК АРМ Группа 8н21

ФЮРА.401912.001.002.000 СБ



1. * Размеры для справок.
2. Неуказанные предельные отклонения по Н14, h14, $\pm IT14/2$.

Обозначение	L*	Масса, г
ФЮРА.401912.001.002.000	60	57,33
-01	40	35,08

Формат	Зона	Позиция	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Стандартные изделия		
		2		Винт М4-6gx10 ГОСТ 11738-84	2	
			Переменные данные для исполнений:			
				ФЮРА.401912.001.002.000		
				Детали		
A4		1	ФЮРА.401912.001.002.001	Кронштейн тип А	1	
				ФЮРА.401912.001.002.000-01		
				Детали		
A4		1	ФЮРА.401912.001.002.001-01	Кронштейн тип А	1	

ФЮРА.401912.001.002.000 СБ

Кронштейн тип А

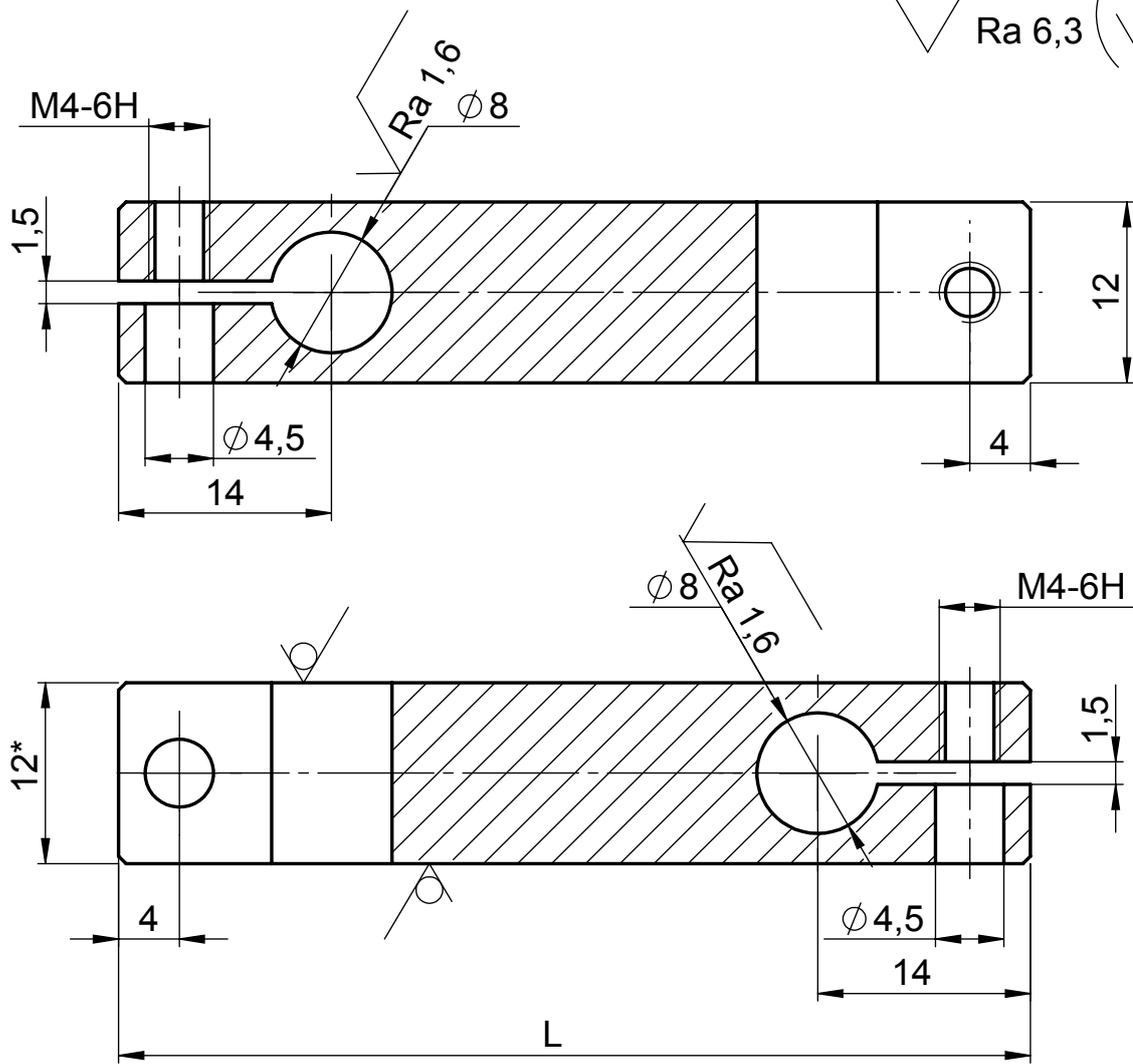
2 шт.

Лит.	Масса	Масштаб
О	См. табл.	2.5:1
Лист	Листов 1	

ТПУ ИК АРМ
Группа 8н21

ФЮРА.401912.001.002.001

Ra 6,3



Обозначение	L	Масса, г
ФЮРА.401912.001.002.001	60	53,55
-01	40	31,05

- * Размер для справок.
- Острые кромки притупить фаской 0,5x45°.
- Неуказанные предельные отклонения по Н14, h14, ±IT14/2.

ФЮРА.401912.001.002.001

Кронштейн тип А

2 шт.

Лист В12 ГОСТ 19903-74
Сталь 30 ГОСТ 1050-88

Лит. Масса Масштаб

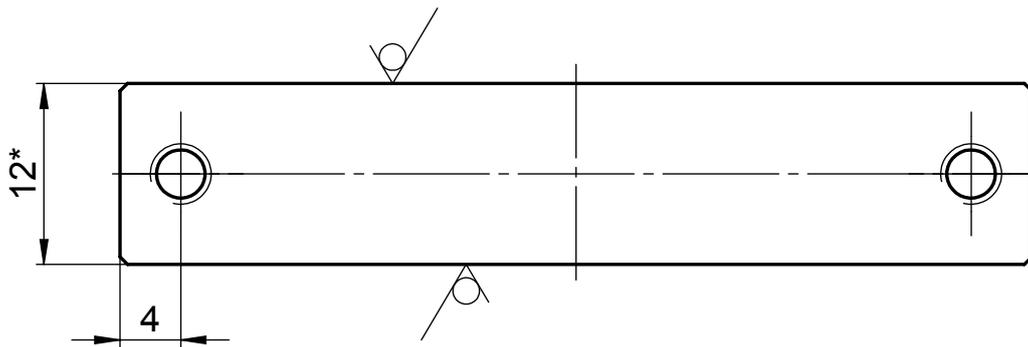
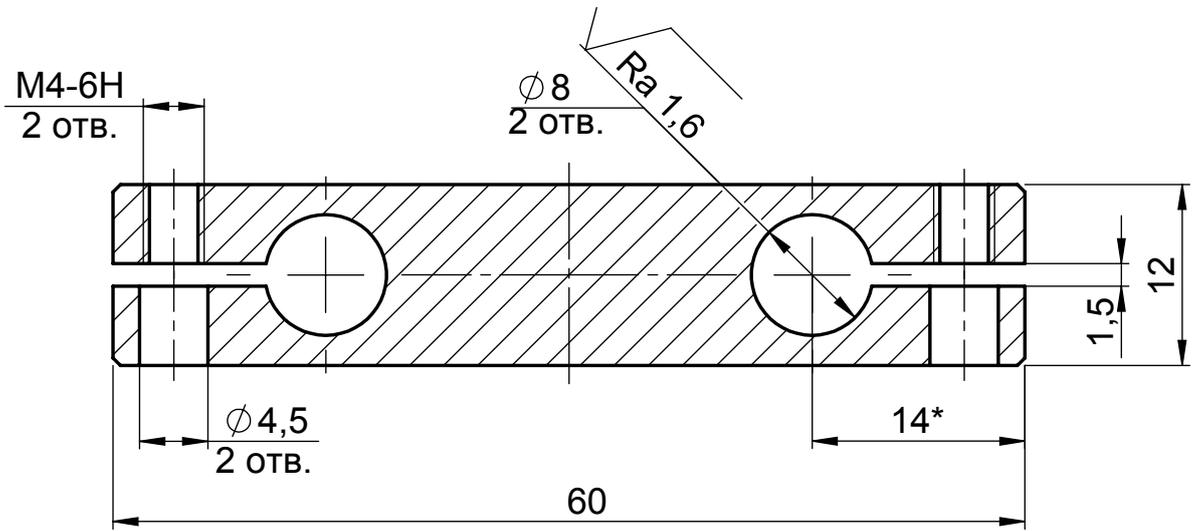
О См. табл. 2:1

Лист Листов 1

ТПУ ИК АРМ
Группа 8н21

ФЮРА.401912.001.003.001

Ra 6,3 (✓)



- * Размер для справок.
- Острые кромки притупить фаской 0,5x45°.
- Неуказанные предельные отклонения по Н14, h14, ±IT14/2.

ФЮРА.401912.001.003.001

Кронштейн тип Б

2 шт.

Лист В12 ГОСТ 19903-74
Сталь 30 ГОСТ 1050-88

Лит. Масса Масштаб

О 53.23 г 2:1

Лист Листов 1

ТПУ ИК АРМ
Группа 8н21

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

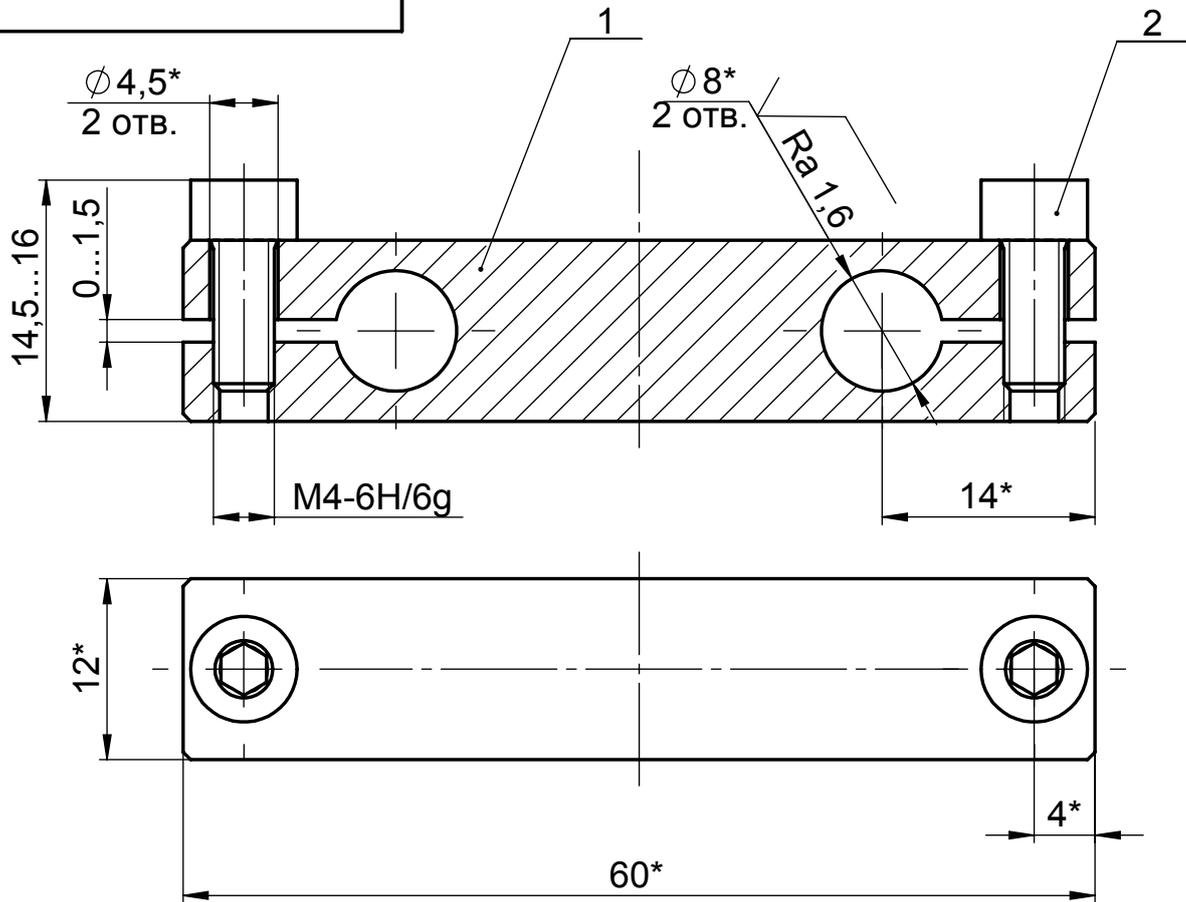
Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

ФЮРА.401912.001.003.000 СБ



1. * Размеры для справок.
2. Неуказанные предельные отклонения по Н14, h14, ±IT14/2.

Перв. примен.

Справ. №

Подпись и дата

Инд. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инд. № подл.

Формат	Зона	Позиция	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Детали</u>		
A4		1	ФЮРА.401912.001.003.001	Кронштейн тип Б	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		2		Винт М4-6gx10 ГОСТ 11738-84	2	

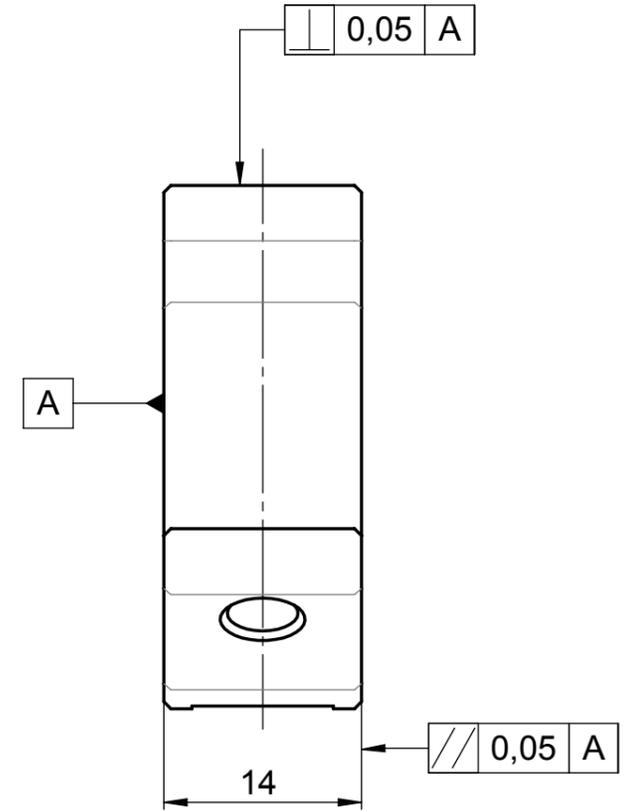
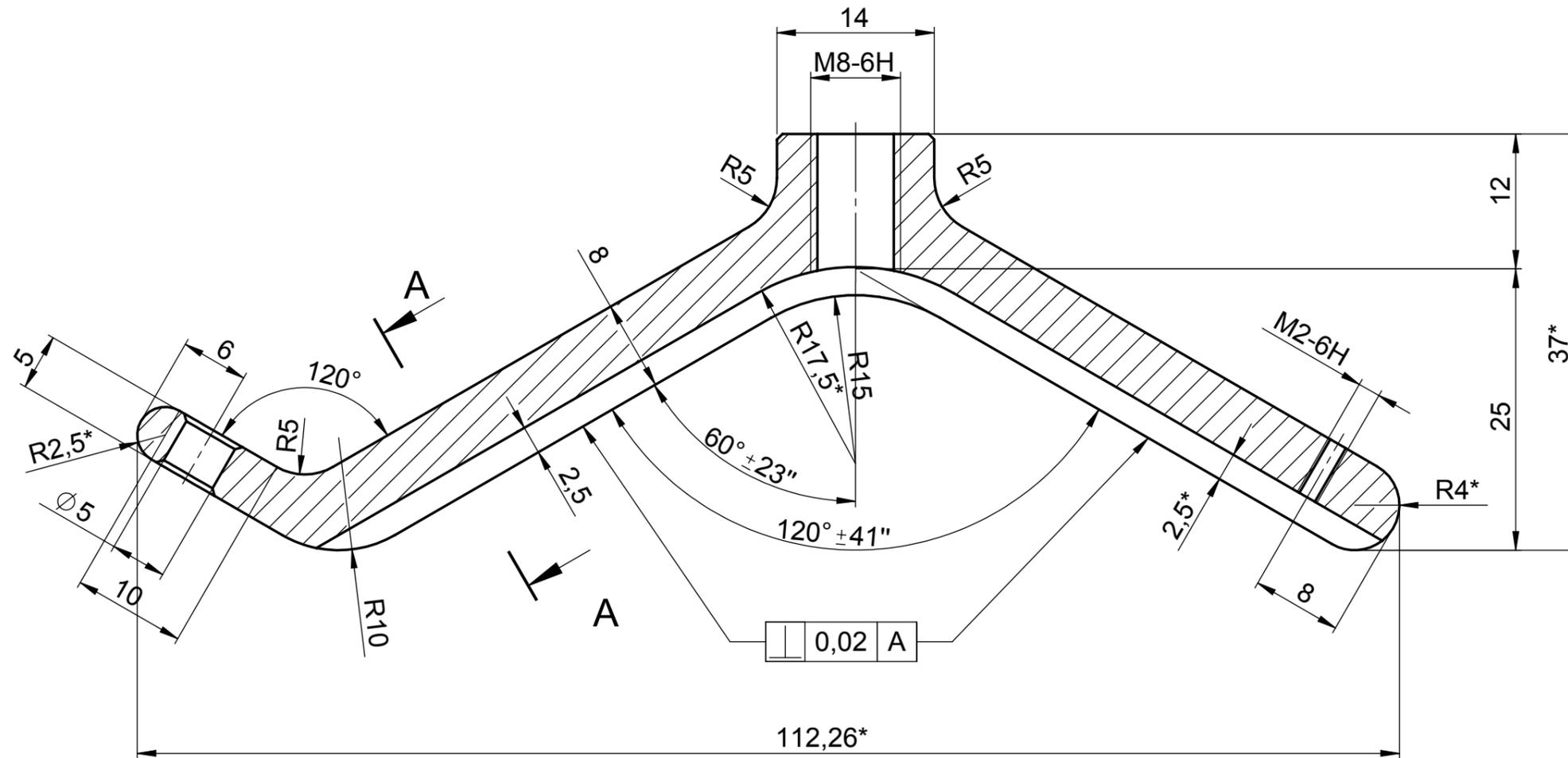
ФЮРА.401912.001.003.000 СБ

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Мадалиев А.А.		13.06.2016	О	57.33 г	2:1
Пров.		Сикора Е.А.		13.06.2016			
Т.контр.							
Нач. КБ							
Н.контр.							
Утв.		Сикора Е.А.		13.06.2016			

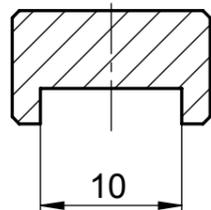
Кронштейн тип Б
2 шт.

Лист 1 из 1

ТПУ ИК АРМ
Группа 8н21



A-A

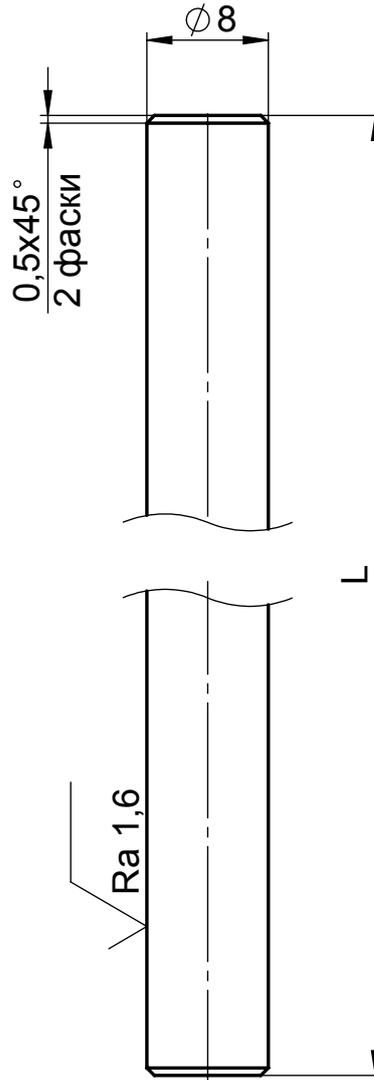


1. Материал-заменитель: Сталь 30 ГОСТ 1050-88.
2. * - Размеры для справок.
3. Острые кромки притупить фаской 0,5x45°.
4. Предельные отклонения по Н14, h14, ±IT14/2.

					ФЮРА.401911.001.000.001		
					Призма установочная		
					2 шт.		
					Сталь 45 ГОСТ 1050-88		
					ТПУ ИК АРМ Группа 8н21		
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Мадалиев А.А.		09.06.2016	О	89.10 г	2:1
Пров.		Сикора Е.А.		09.06.2016			
Т.контр.					Лист	Листов 2	
Нач. КБ							
Н.контр.							
Утв.		Сикора Е.А.		09.06.2016			

ФЮРА.401912.001.000.002

✓ Ra 6,3 (✓)



Обозначение	L	Масса, г
ФЮРА.401912.001.000.002	150	59,14
-01	250	98,60

1. Предельные отклонения по Н14, h14, $\pm IT14/2$.

Перв. примен.
Справ. №

Подпись и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №

Подпись и дата
Инв. № подл.

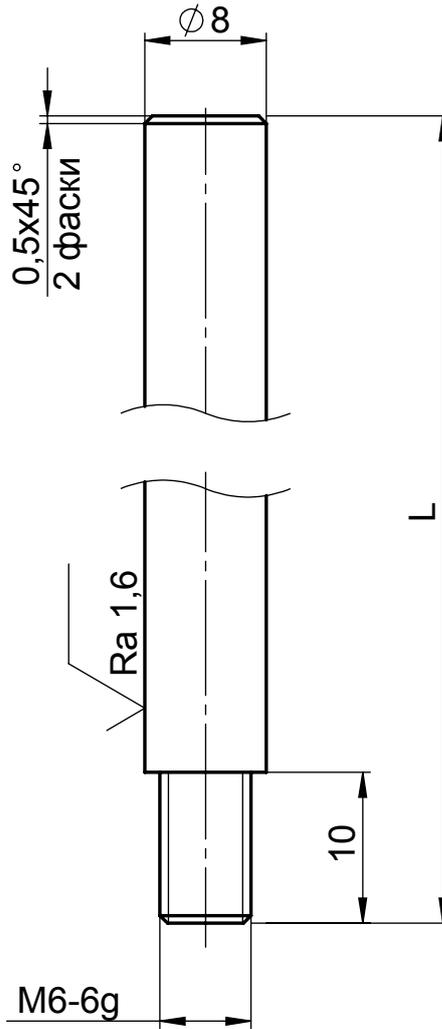
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Разраб.		Мадалиев А.А.		09.06.2016
Пров.		Сикора Е.А.		09.06.2016
Т.контр.				
Нач. КБ				
Н.контр.				
Утв.		Сикора Е.А.		09.06.2016

ФЮРА.401912.001.000.002

Штанга гладкая	Лит.	Масса	Масштаб
	О	См. табл.	2:1
2 шт.	Лист	Листов 1	
Круг 10 ГОСТ 2590-88 Сталь 30 ГОСТ 1050-88	ТПУ ИК АРМ Группа 8н21		

ФЮРА.401912.001.000.003

✓ Ra 6,3 (✓)



Обозначение	L	Масса, г
ФЮРА.401912.001.000.003	150	57,42
-01	250	96,88

1. Острые кромки притупить фаской $0,5 \times 45^\circ$.
2. Неуказанные предельные отклонения по H14, h14, $\pm IT14/2$.

Перв. примен.
Справ. №

Подпись и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №

Подпись и дата
Инв. № подл.

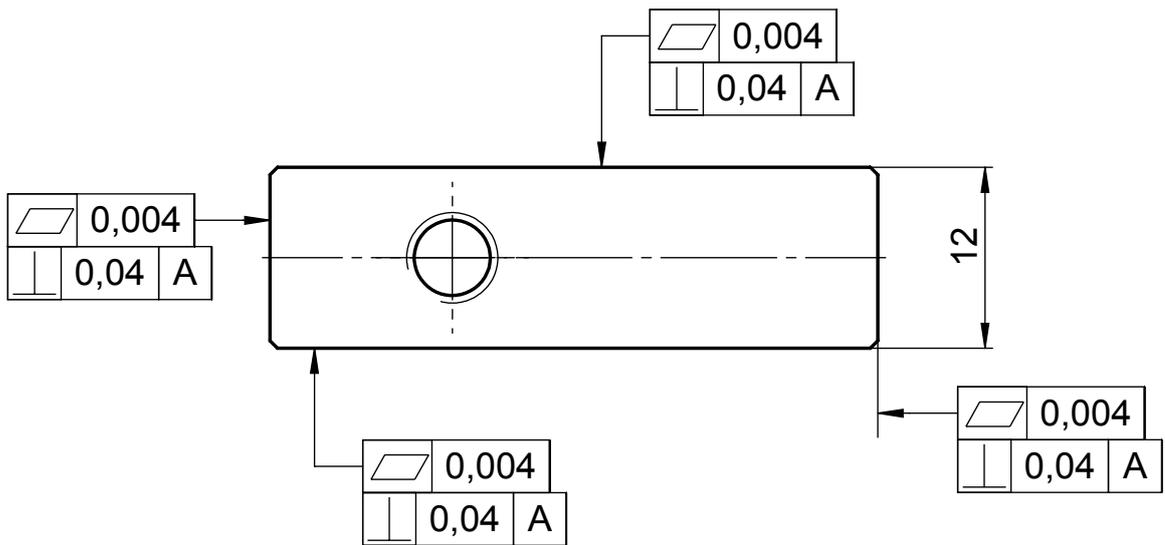
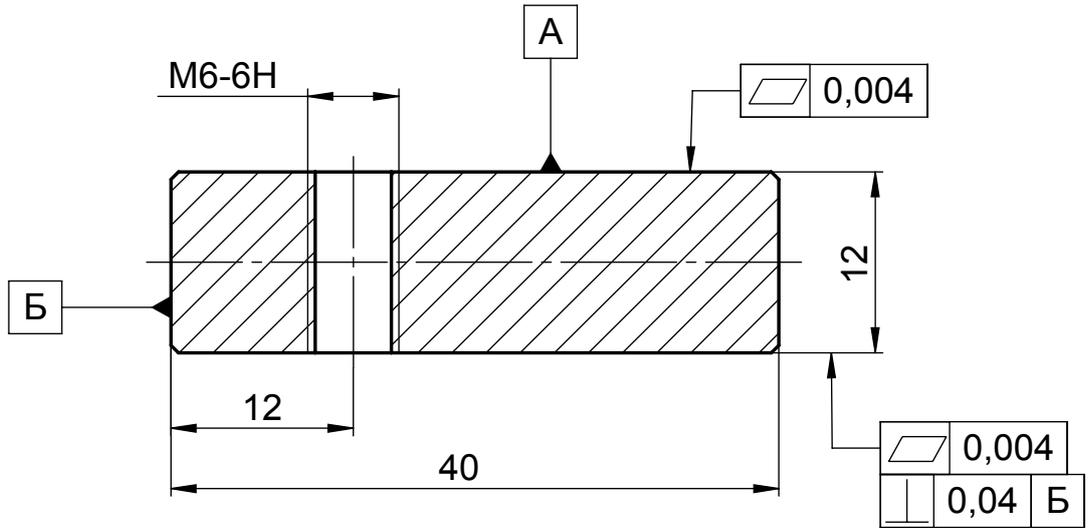
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Разраб.		Мадалиев А.А.		09.06.2016
Пров.		Сикора Е.А.		09.06.2016
Т.контр.				
Нач. КБ				
Н.контр.				
Утв.		Сикора Е.А.		09.06.2016

ФЮРА.401912.001.000.003

Штанга резьбовая		Лит.	Масса	Масштаб
		О	См. табл.	2:1
2 шт.		Лист	Листов 1	
Круг 10 ГОСТ 2590-88 Сталь 30 ГОСТ 1050-88		ТПУ ИК АРМ Группа 8н21		

ФЮРА.401914.001.000.004

✓ Ra 3,2 max



1. Острые кромки притупить фаской 0,5x45°.
2. Неуказанные предельные отклонения по Н14, h14, ±IT14/2.

ФЮРА.401914.001.000.004

Эталон

2 шт.

Лист В12 ГОСТ 19903-74
Сталь 30 ГОСТ 1050-88

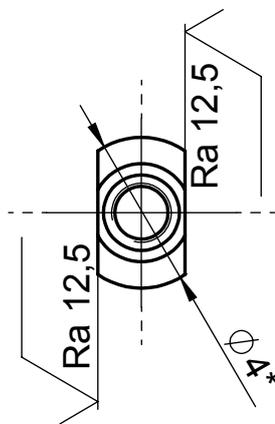
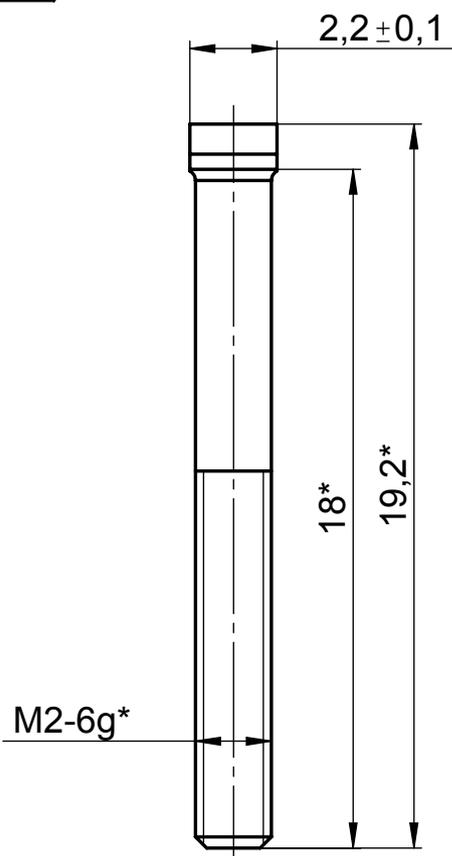
Лит.	Масса	Масштаб
О	43.12 г	2:1
Лист		Листов 1

ТПУ ИК АРМ
Группа 8н21

Перв. примен.
Справ. №
Подпись и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл.

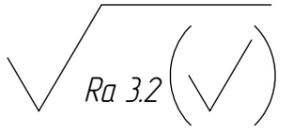
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Разраб.		Мадалиев А.А.		09.06.2016
Пров.		Сикора Е.А.		09.06.2016
Т.контр.				
Нач. КБ				
Н.контр.				
Утв.		Сикора Е.А.		09.06.2016

ФЮРА.401919.001.000.005



1. * Размеры для справок.

Перв. примен.		Справ. №		Подпись и дата		Инв. № дубл.		Взам. инв. №		Подпись и дата		Инв. № подл.																																																				
<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ документа</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td></td> <td>Мадалиев А.А.</td> <td></td> <td>13.06.2016</td> </tr> <tr> <td>Пров.</td> <td></td> <td>Сикора Е.А.</td> <td></td> <td>13.06.2016</td> </tr> <tr> <td>Т.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Нач. КБ</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td>Сикора Е.А.</td> <td></td> <td>13.06.2016</td> </tr> </table>												Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Разраб.		Мадалиев А.А.		13.06.2016	Пров.		Сикора Е.А.		13.06.2016	Т.контр.					Нач. КБ					Н.контр.					Утв.		Сикора Е.А.		13.06.2016	<p>ФЮРА.401919.001.000.005</p> <p>Винт упорный</p> <p>2 шт.</p> <p>Винт М2-6g x 18.48 ГОСТ 11644-75</p>				<table border="1"> <tr> <td>Лит.</td> <td>Масса</td> <td>Масштаб</td> </tr> <tr> <td>О</td> <td>0.511 г</td> <td>5:1</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Лист</td> <td>Листов 1</td> </tr> </table>			Лит.	Масса	Масштаб	О	0.511 г	5:1	Лист		Листов 1	<p>ТПУ ИК АРМ Группа 8н21</p>	
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата																																																												
Разраб.		Мадалиев А.А.		13.06.2016																																																												
Пров.		Сикора Е.А.		13.06.2016																																																												
Т.контр.																																																																
Нач. КБ																																																																
Н.контр.																																																																
Утв.		Сикора Е.А.		13.06.2016																																																												
Лит.	Масса	Масштаб																																																														
О	0.511 г	5:1																																																														
Лист		Листов 1																																																														
<p>ФЮРА.401919.001.000.005_Винт упорный Копировал</p>												<p>Формат А4</p>																																																				



Перв. примен.

Справ. №

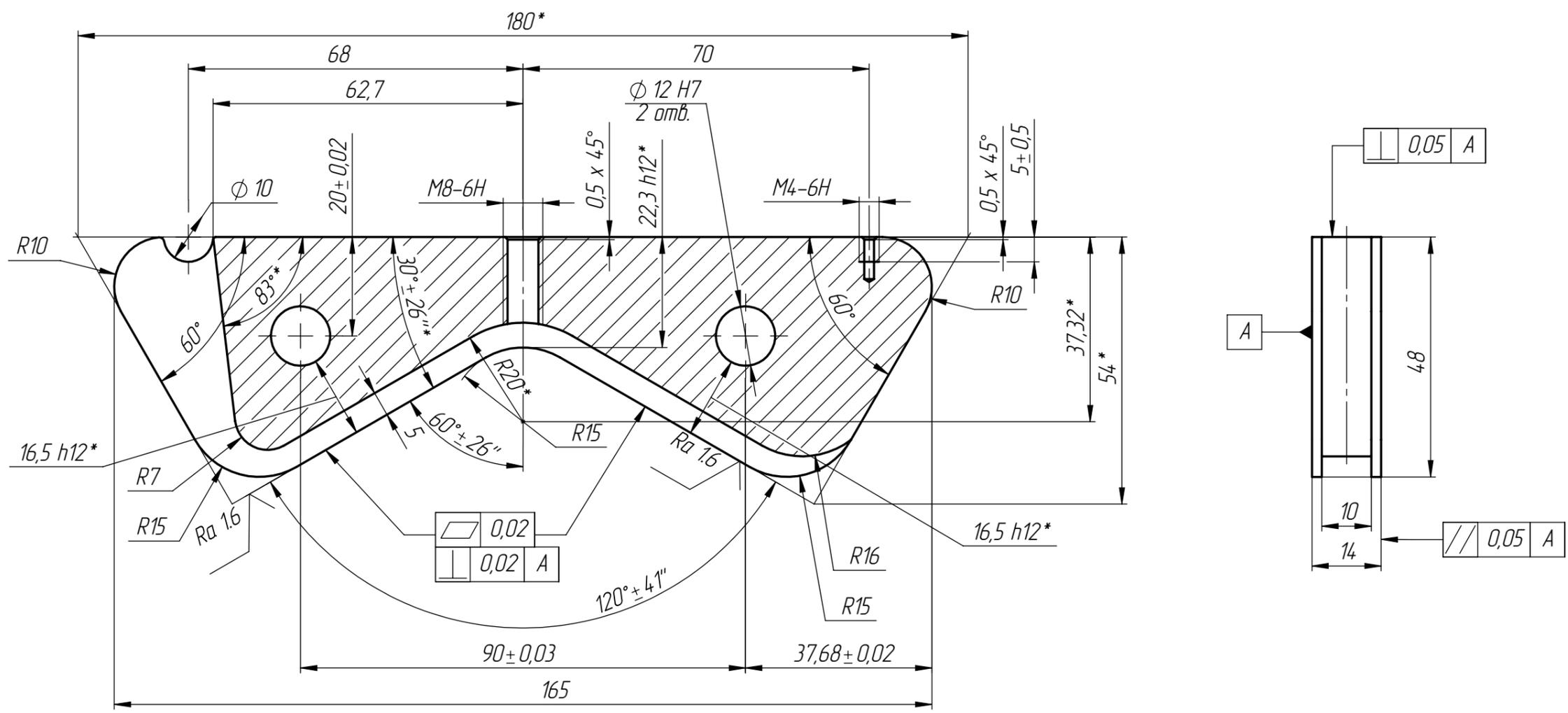
Подпись и дата

Изм. № докум.

Взам. инв. №

Подпись и дата

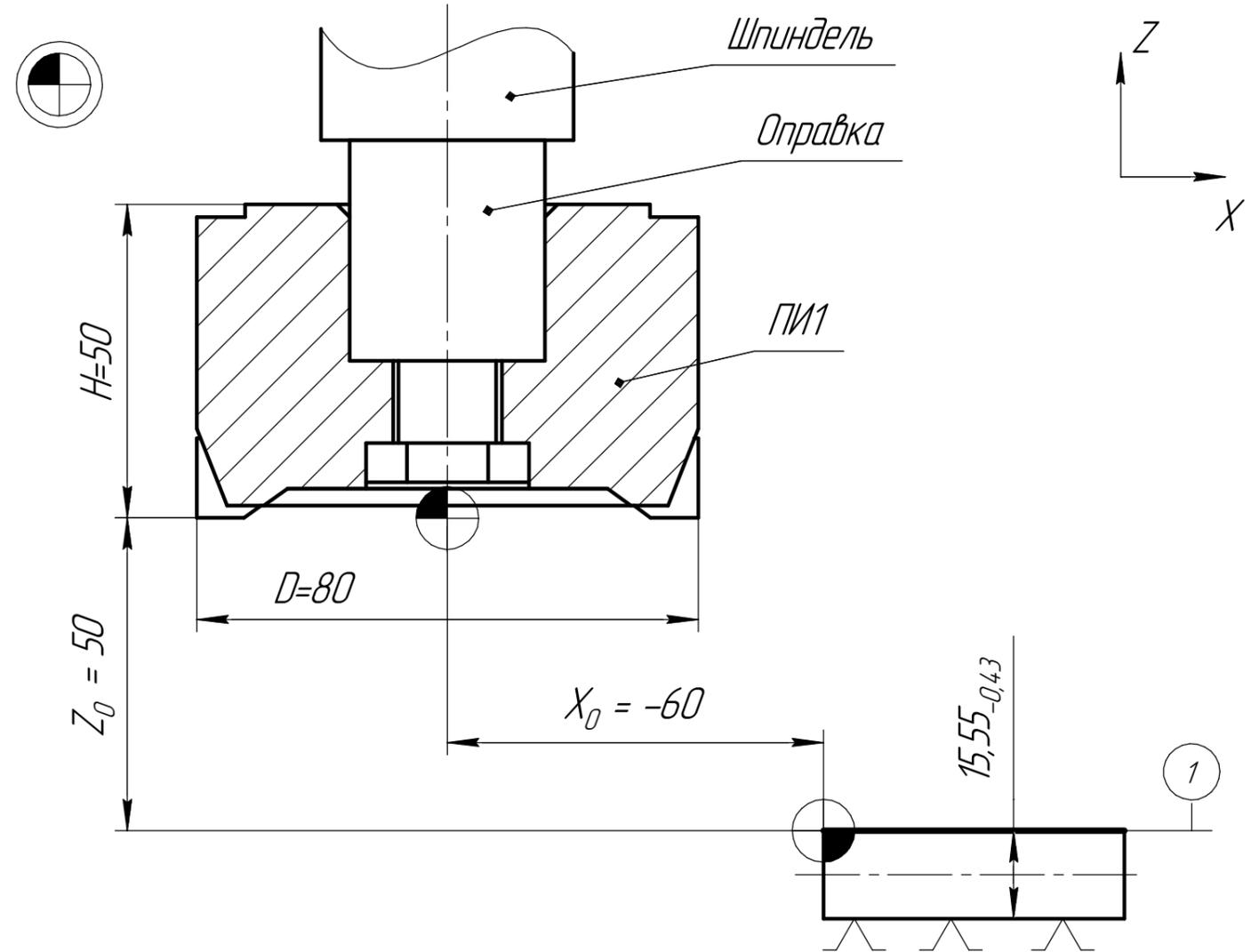
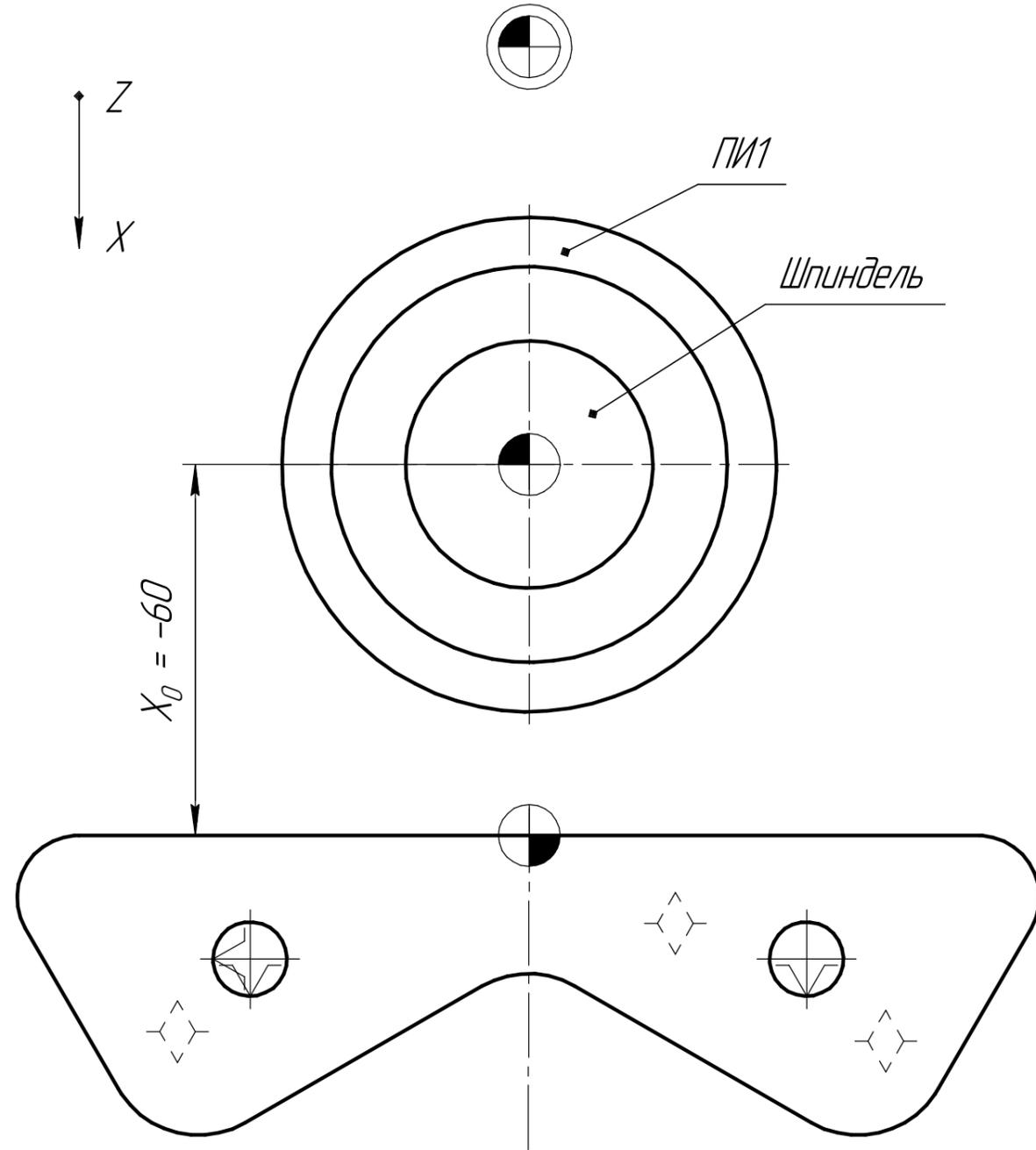
Изм. № подл.



- * Размеры для справок.
- Острые кромки притупить радиусом R1.
- Неуказанные предельные отклонения по H14, h14, +-IT14/2.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	<p>Призма измерительная</p> <p>Сталь 45 ГОСТ 1050-88</p>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Мадалиев А.А.		03.05.2016		У	0,50	1:1
Проб.		Сикора Е.А.		03.05.2016		Лист	Листов 1	
Т.контр.								
Нач. КБ								
Н.контр.								
Утв.		Сикора Е.А.		03.05.2016				

Операция 015 Фрезерная с ЧПУ
Установ А
1. Фрезеровать торец 1 начерно

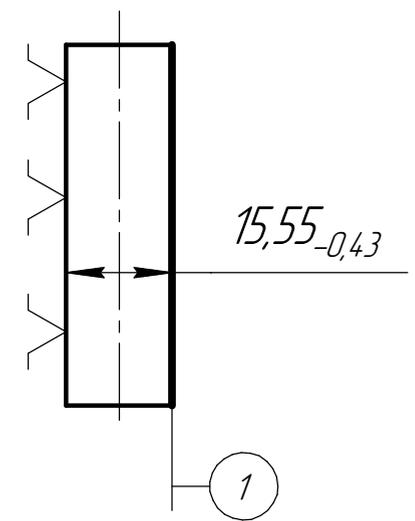
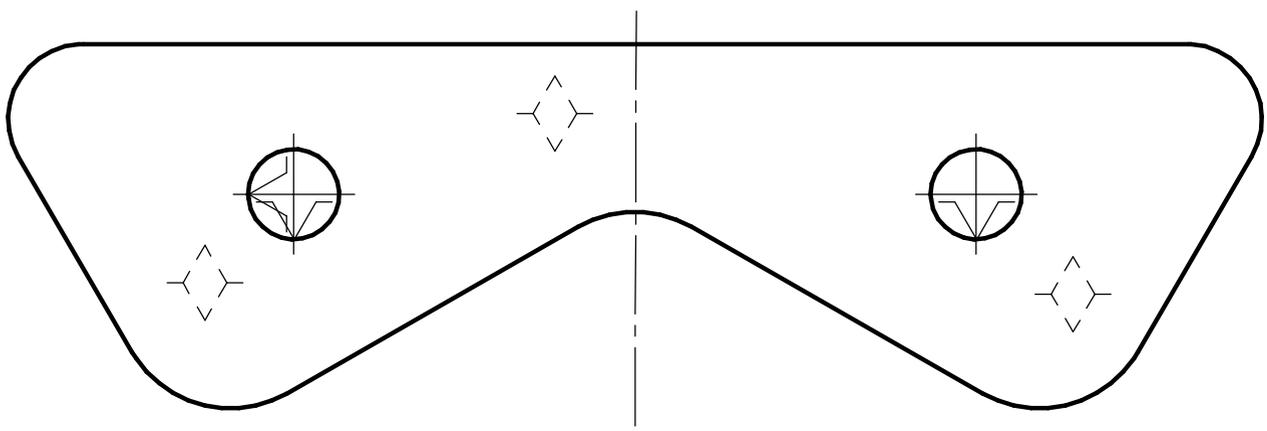


- ноль детали
- плавающий ноль станка
- ноль станка

				Призма измерительная				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Карта наладки инструмента ПИ1	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Мадалиев А.А.		25.04.16		у		1:1
Пров.		Козарь Д.М.				Лист	Листов	1
Т.контр.					ТПУ ИК АРМ Группа 8Н21			
Н.контр.					Формат А3			
Утв.								

Дцбл.																							
Взам.																							
Подп.																							
Разраб.	Мадалиев А.А.		20.04.2016																				
Провер.	Козарь Д.М.																						
Соглас.																							
Утверд.																							
Н. Контр.																							
										Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата									
				ТПУ				АРМ 8Н21				Установ А											
										Призма измерительная										КП		015	

$\sqrt{Ra\ 3,2}$

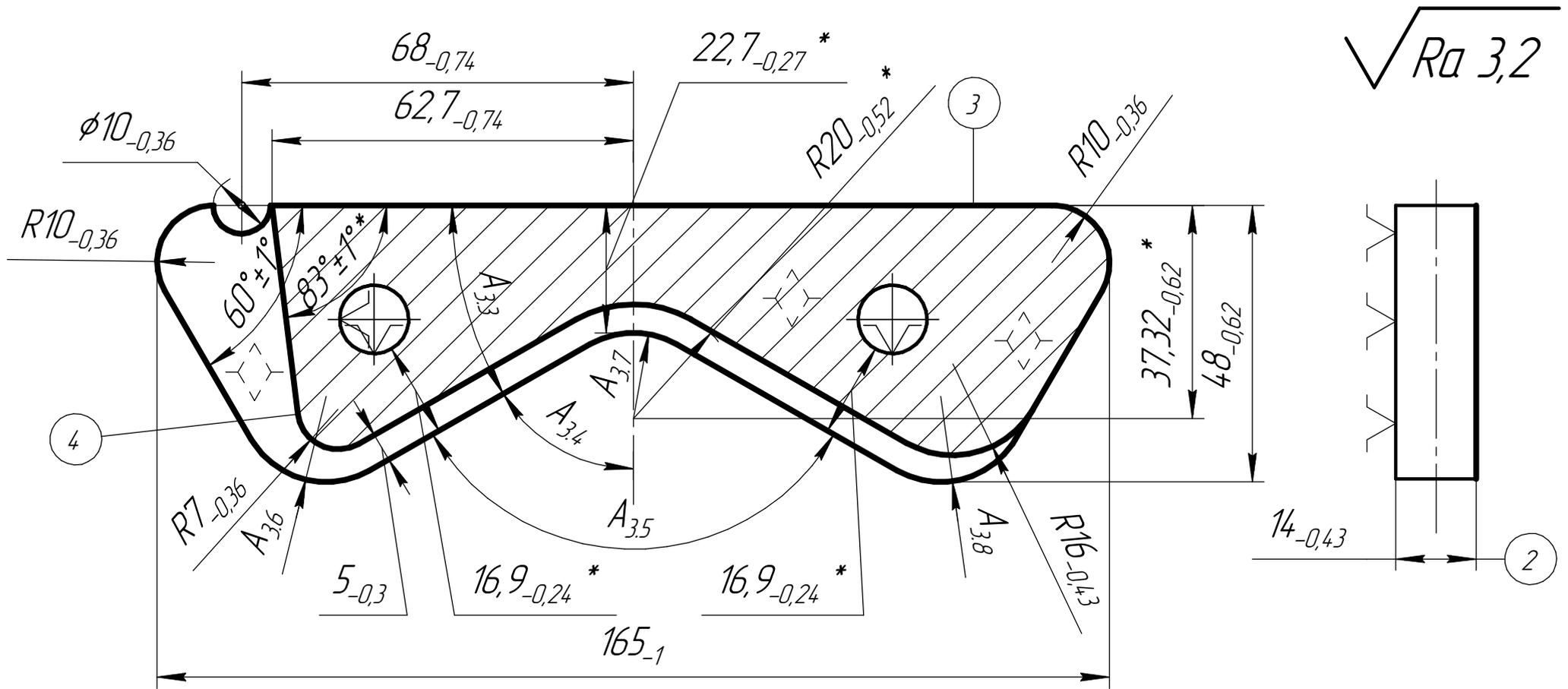


Дцбл.			
Взам.			
Подп.			

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Разраб.	Мадалиев А.А.	20.04.2016
Провер.	Козарь Д.М.	
Соглас.		
Утверд.		
Н. Контр.		

ТПУ	АРМ 8Н21	Установ Б
Призма измерительная		КП 015



* Размеры для справок.

ПИ	N	X	Y	Z	t, мм	S, мм/об	n, об/мин	V, м/мин
ПИ1	0-1	-70		-18,12		ускор.		
	1-2		210		1,0	2,24	868	218
	2-3	0	0	0		ускор.		
	3-4	-70		-18,67		ускор.		
	4-5		210		0,55	0,88	1254	316
	5-6	0	0	0		ускор.		
	6-7							
	7-8	-70		-19,67		ускор.		
	8-9		210		1,0	2,24	868	218
	9-10	0	0	0		ускор.		
	10-11	-70		-20,22		ускор.		
	11-12		210		0,55	0,88	1254	316
	12-13	0	0	0		ускор.		
ПИ2	13-14		130	-35		ускор.		
	14-15	-71,14			2,6	0,15	2923	110
	15-16	-70,02	134,25		2,6	0,15	2923	110
	16-17	-47,87	172,58		2,6	0,15	2923	110
	17-18	-55,44	201,95		2,6	0,15	2923	110
	18-19	-81,45	216,97		2,6	0,15	2923	110
	19-20	-106,49	203,21		2,6	0,15	2923	110
	20-21		198,21		2,6	0,15	2923	110
	21-22	-104,11			2,6	0,15	2923	110
	22-23	-106,49			2,6	0,15	2923	110
	23-24		57,32		2,6	0,15	2923	110
	24-25	-81,75	43,03		2,6	0,15	2923	110
	25-26	-55,74	58,05		2,6	0,15	2923	110
	26-27	-47,87	87,42		2,6	0,15	2923	110
	27-28	-70,02	125,75		2,6	0,15	2923	110
	28-29	-71,14	130		2,6	0,15	2923	110
	29-30	0				ускор.		
	30-31					-		
	31-32	-72,64			1,5	0,14	3685	139
	32-33	-71,30	134,95		1,5	0,14	3685	139
	33-34	-49,17	173,33		1,5	0,14	3685	139
	34-35	-56,49	200,65		1,5	0,14	3685	139
	35-36	-82,5	215,67		1,5	0,14	3685	139
	36-37	-104,99	203,16		1,5	0,14	3685	139
	37-38		198,16		1,5	0,14	3685	139
	38-39	-101,50			1,5	0,14	3685	139
	39-40	-104,99			1,5	0,14	3685	139
	40-41		57,32		1,5	0,14	3685	139
	41-42	-81,75	43,03		1,5	0,14	3685	139
	42-43	-56,49	59,35		1,5	0,14	3685	139
	43-44	-86,67	49,17		1,5	0,14	3685	139
44-45	-71,30	124,95		1,5	0,14	3685	139	
45-46	-72,64	130		1,5	0,14	3685	139	
46-47	0			1,5	0,14	3685	139	
47-48		0	0		ускор.			
ПИ3	48-49		130	-30,33		ускор.		
	49-50	-72,64			5,0	1,28	578	36
	50-51	-71,30	124,99		5,0	1,28	578	36
	51-52	-49,67	87,53		5,0	1,28	578	36
	52-53	-59,19	52,02		5,0	1,28	578	36
	53-54	-49,67	87,53		5,0	1,28	578	36
	54-55	-71,30	124,99		5,0	1,28	578	36

Инв. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Призма измерительная

ПМ	N	X	Y	Z	t, мм	S, мм/об	n, об/мин	V, м/мин
ПМ3	55-56	-72,64	130		5,0	1,28	578	36
	56-57	-71,30	134,99		5,0	1,28	578	36
	57-58	-49,50	172,75		5,0	1,28	578	36
	58-59	-62,15	198,13		5,0	1,28	578	36
	59-60			-28,67	5,0	1,28	578	36
	60-61	-49,50	172,75		5,0	1,28	578	36
	61-62	-71,30	134,99		5,0	1,28	578	36
	62-63	-72,64	130		5,0	1,28	578	36
	63-64	-71,30	124,99		5,0	1,28	578	36
	64-65	-49,67	87,53		5,0	1,28	578	36
	65-66	-59,19	52,02		5,0	1,28	578	36
	66-67			-27,0	5,0	1,28	578	36
	67-68	-49,67	87,53		5,0	1,28	578	36
	68-69	-71,30	124,99		5,0	1,28	578	36
	69-70	-72,64	130		5,0	1,28	578	36
	70-71	-71,30	134,99		5,0	1,28	578	36
	71-72	-49,50	172,75		5,0	1,28	578	36
	72-73	-62,15	198,13		5,0	1,28	578	36
	73-74			-25,33	5,0	1,28	578	36
	74-75	-49,50	172,75		5,0	1,28	578	36
	75-76	-71,30	134,99		5,0	1,28	578	36
	76-77	-72,64	130		5,0	1,28	578	36
	77-78	-71,30	124,99		5,0	1,28	578	36
	78-79	-49,67	87,53		5,0	1,28	578	36
	79-80	-59,19	52,02		5,0	1,28	578	36
	80-81			-23,67	5,0	1,28	578	36
	81-82	-49,67	87,53		5,0	1,28	578	36
	82-83	-71,30	124,99		5,0	1,28	578	36
	83-84	-72,64	130		5,0	1,28	578	36
	84-85	-71,30	134,99		5,0	1,28	578	36
	85-86	-49,50	172,75		5,0	1,28	578	36
	86-87	-62,15	198,13		5,0	1,28	578	36
	87-88	0			5,0	1,28	578	36
88-89		0	0		цскор.			
89-90		220,72	-27,0		цскор.			
90-91	-55,52	227,54			цскор.			
91-92	-98,10	232,77		21,12	0,54	178	45	
92-93		237,77			цскор.			
93-94	0	225,72			цскор.			
94-95		0	0		цскор.			

Инв. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Призма измерительная

Копировал

Формат А3