Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

В двух частях

Часть 2

Под редакцией И.С. Потапцева

*Рекомендовано Научно-методическим советом
МГТУ им. Н.Э. Баумана в качестве учебного пособия*

Москва
Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана
2012

УДК 774.43(075.8)
ББК 30.11
П64

А в т о р ы:
И.С. Потапцев, *А.А. Буцев*, *А.И. Еремеев*, *Ю.А. Кокорев*,
Н.И. Нарыкова, *Е.А. Перминова*
Р е ц е н з е н т ы:
Ю.А. Мишин, *Б.Н. Окоемов*

Потапцев И. С.
П64 Разработка конструкторской документации при курсовом проектировании : учеб. пособие : в 2 ч. — Ч. 2 / И. С. Потапцев, А. А. Буцев, А. И. Еремеев, Ю. А. Кокорев и др. / под ред. И. С. Потапцева. — М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 80, [2] с., ил.

Пособие содержит материалы, необходимые для оформления конструкторской документации на типовые конструкции приборных устройств в объеме задания курсового проекта. В пособии приведены примеры выполнения чертежей и другой конструкторской документации, а также новейшие справочные данные об элементах передач приборных устройств, о материалах, технологической обработке деталей, крепежных элементах и пр. Назначение данного пособия — приобретение студентами навыков проектирования с использованием современных справочных информационных баз, а также различных систем автоматизированного проектирования и CALS-технологий.

Для студентов 2-го и 3-го курсов приборостроительных специальностей, выполняющих курсовые работы и курсовые проекты по дисциплинам «Основы конструирования приборов», «Проектирование оптико-электронных приборов», «Прикладная механика», «Детали машин и приборов», «Детали машин и основы конструирования».

УДК 774.43(075.8)
ББК 30.11

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012

Учебное издание

Потапцев Игорь Степанович, **Буцев** Александр Алексеевич,
Еремеев Александр Иванович, **Кокорев** Юрий Алексеевич,
Нарыкова Наталья Ивановна, **Перминова** Елена Александровна

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ
Часть 2

Редактор *С.А. Серебрякова*
Корректор *Р.В. Царева*
Компьютерная верстка *Н.Ф. Бердавцевой*

Подписано в печать 07.11.2012. Формат 60×84/8.
Усл. печ. л. 9,53. Тираж 1000 экз.
Изд. № 45. Заказ

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.
Типография МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5.

ВВЕДЕНИЕ

Работа над курсовым проектом направлена на развитие у студентов инженерного мышления, исследовательского подхода к решению конструкторских задач, а также навыков проектирования с использованием вычислительной техники для расчетов, моделирования и разработки графических документов с использованием систем автоматизированного проектирования AutoCAD, КОМПАС и др.

Курсовой проект имеет характер самостоятельной творческой работы. Тематика курсовых проектов включает разработку электромеханических приводов, преобразователей, датчиков и других устройств. Содержанием курсового проекта по дисциплинам «Основы конструирования приборов», «Проектирование оптико-электронных приборов», «Прикладная механика», «Детали машин и приборов», «Детали машин и основы конструирования» является разработка законченного устройства, конструкция которого включает изучаемые типовые элементы.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Основные термины и определения по проектировочной, в том числе конструкторской, проработке изделия устанавливаются по ГОСТ 2.101–68.

Изделием называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. Структура набора предметов производства по указанному стандарту представлена в виде схемы (рис. 1).

Устанавливаются следующие виды изделий:

- детали;
- сборочные единицы;
- комплексы;
- комплекты.

Деталь — изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций, например: вал из одного куска металла, литой корпус (иногда деталью можно считать сварной корпус при нецелесообразности литья).

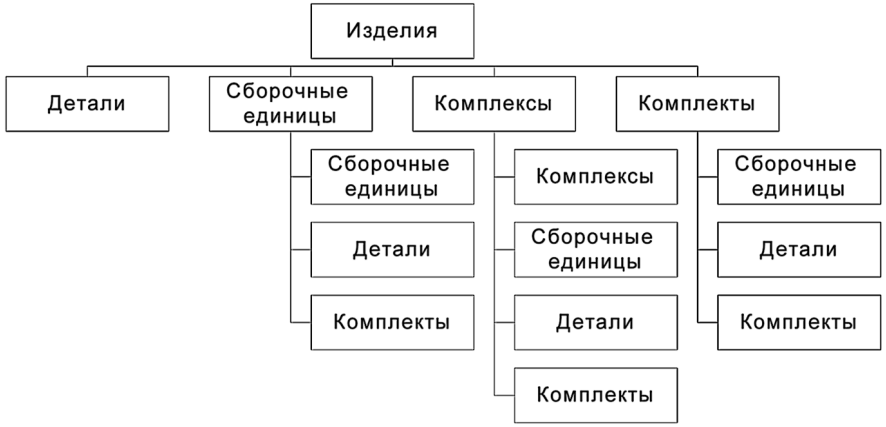


Рис. 1. Виды изделий и их структура

Сборочная единица — изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями, например редуктор.

Комплекс — два или более изделия, не соединенные на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенные для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций.

Комплект — два или более изделия, не соединенные на предприятии-изготовителе сборочными операциями, представляющие собой набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например: комплект запасных частей, комплект инструмента и принадлежностей, комплект измерительной аппаратуры, комплект упаковочной тары и т. п.

В объем курсового проекта не входит разработка комплектов и комплексов приборного устройства (ПУ).

ПЕРЕЧЕНЬ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ УЧЕБНОГО КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Технические условия (ТУ) — документ, содержащий требования к разрабатываемому ПУ, его изготовлению, контролю, приемке и поставке, которые указывают и в других конструкторских документах (КД).

С учетом основных требований к содержанию разделов ТУ дополнительно приводят:

а) в разделе «Назначение и область применения разрабатываемого изделия» — краткую характеристику области и условий применения ПУ;

б) в разделе «Расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции» — ориентировочные расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность ПУ.

Техническое предложение (ТП) — совокупность КД, которые должны содержать технические и технико-экономические обоснования целесообразности разработки КД на ПУ на основании анализа технического задания (ТЗ), различных вариантов возможных решений конструкции с учетом эксплуатационных особенностей разрабатываемого ПУ и существующих аналогов конструкций на основании патентных исследований.

Техническое предложение после согласования и утверждения в установленном порядке является основанием для разработки эскизного (технического) проекта. Перечень работ, выполняемых на стадии ТП, устанавливается на основе ТЗ и определяется в зависимости от характера и назначения ПУ. Конструкторские документы, разрабатываемые для изготовления макетов, в комплект документов ТП не входят. В ТП включают КД, предусмотренные ТЗ по ГОСТ 2.102–68; объем работ по ГОСТ 2.103–68, ГОСТ 2.118–73.

Эскизный проект — совокупность конструкторских документов, которые должны содержать принципиальные конструкторские решения и давать общее представление об устройстве и принципе работы ПУ, а также данные, определяющие значения основных параметров и габаритных размеров разрабатываемой конструкции.

В комплект документов эскизного проекта включают конструкторские документы, предусмотренные ТЗ и ТП в соответствии с ГОСТ 2.102–68; объем работ определяется по ГОСТ 2.119–73.

При разработке эскизного проекта выполняют следующие работы:

- поиск вариантов возможных решений, установление особенностей вариантов, их конструкторскую проработку;
- разработку и обоснование технических решений, направленных на обеспечение показателей надежности, установленных ТЗ и ТП;
- оценку технологичности изделия и выбор оптимального варианта ПУ, обоснование его выбора;
- подтверждение (или уточнение) предъявляемых к ПУ требований, установленных ТЗ и ТП.

Технический проект — совокупность КД, которые должны содержать окончательные утвержденные технические решения отдельных составных частей и всей конструкции. Технический проект служит основанием для разработки рабочих КД в соответствии с ГОСТ 2.102–68. Объем работ определяется по ГОСТ 2.120–73, ГОСТ 2.119–73.

В общем случае при разработке технического проекта проводят следующие работы:

- разработку конструктивных решений ПУ и его основных составных частей;
- выполнение необходимых расчетов, установленных ТЗ;
- выполнение необходимых принципиальных схем, схем соединений и др.;
- разработку и обоснование технических решений, обеспечивающих значения показателей надежности, установленные ТЗ и предшествующими стадиями разработки;
- анализ конструкции ПУ на технологичность в условиях конкретного производства и потребность в новом оборудовании; разработку метрологического обеспечения (выбор метода измерения и средств измерения);
- оценку возможности транспортировки, хранения, а также монтажа ПУ на месте его применения;
- оценку эксплуатационных данных ПУ (взаимозаменяемости, удобства обслуживания, ремонтопригодности, устойчивости против воздействия внешней среды, возможности быстрого устранения отказов и др.).

Изображения на чертежах выполняют с упрощениями, предусмотренными стандартами ЕСКД для рабочих чертежей. Покупные и заимствованные составные части ПУ изображают в виде контурных

очертаний, если при этом обеспечено понимание конструктивных особенностей разрабатываемого ПУ, взаимодействия его составных частей и принципа работы.

ВИДЫ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ

К КД относят графические и текстовые документы, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство конструкции ПУ и содержат данные, необходимые для его разработки или изготовления:

• технические условия (ТУ) — документ, содержащий требования к разрабатываемому ПУ, его изготовлению, контролю, приемке и поставке, которые указывают и в других КД;

• чертеж общего вида (ВО) — документ, определяющий конструкцию разрабатываемого ПУ, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы (рис. П1.1, П1.2);

• габаритный чертеж (ГБ) — документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение ПУ с габаритными, установочными и присоединительными размерами (рис. П1.3, П1.4);

• кинематическую схему (К3) — документ, содержащий графическое изображение ПУ в произвольном масштабе с использованием стандартных условных обозначений конструкции и ее составных частей, отражающий связь между ними; кинематическая схема может быть выполнена либо в аксонометрической, либо в ортогональной проекции по ГОСТ 2.770–68 и ГОСТ 2.721–74 (рис. П1.5);

• схему сборки (Е1) — схема, отображающая последовательность сборку ПУ (рис. П1.6);

• сборочный чертеж (СБ) — документ, содержащий изображение чертежа сборки ПУ или чертежей сборочных единиц, а также список технологических рекомендаций, необходимых для сборки (изготовления) и контроля ПУ (рис. П1.7–П1.14);

• спецификацию — документ, определяющий состав конструкции ПУ на последнем этапе сборки или состав сборочной единицы;

• чертежи деталей — документы, содержащие изображение деталей и другие текстовые документы и условные обозначения, соответствующие стандартам, необходимые для изготовления и контроля деталей (рис. П1.15–П1.25);

• пояснительную записку — документ, содержащий описание разрабатываемого ПУ, принцип его действия, а также обоснование принятых при разработке технических и технико-экономических решений на основе всех необходимых расчетов по ГОСТ 2.102–68, ГОСТ 2.120–73, ГОСТ 2.119–73. Пояснительную записку технического предложения выполняют по ГОСТ 2.106–96.

Чертеж общего вида

Чертеж общего вида в техническом предложении в общем случае должен содержать изображения вариантов ПУ, текстовую часть и надписи:

• технические требования, а также обозначения тех составных частей ПУ, для которых необходимо указать данные (технические характеристики, количество, указания о материале, принципе работы и др.), перечень которых необходим для пояснения изображений чертежа общего вида, описания принципа работы ПУ;

• технические характеристики ПУ (мощность, число оборотов, производительность, расход электроэнергии, КПД и другие параметры), установленные ТЗ, а также характеристики, дополнительно предъявляемые к ТЗ.

Структурная схема сборки

Процесс присвоения номера условного обозначения сборочной единицы и каждой детали при курсовом проектировании состоит в следующем. Условное обозначение присваивается конструкции в целом в таком порядке: РЛ5 — код кафедры МГТУ им. Н.Э. Баумана; первый разряд (00) — номер темы задания курсового проекта, назначенный студенту; второй (00) — для нумерации сложных сборочных единиц (например, редуктора); третий (00) — для сборочных единиц (например, вала в сборе); четвертый (00) — для вновь изготавливаемых деталей на любой стадии сборки (не являющихся стандартными). Если процесс сборки содержит большее количество этапов, то в условное обозначение вводят дополнительные разряды.

Например, ПУ, проектируемое студентом по теме задания 5, будет иметь обозначение РЛ5 05.00.00.00. Для чертежей КД курсового проекта к цифровому обозначению добавляется дополнительный элемент кода по ГОСТ 2.102–68 (например, для общего сборочного чертежа и

чертежей сборочных единиц — СБ, для чертежа общего вида — ВО, для принципиальной кинематической схемы — К3, электрической — Э3, оптической — Л3, комбинированной — С3).

Сборочные единицы, входящие в состав сложной сборочной единицы с номером 1 (РЛ5.05. 01.00.00), имеют следующие условные обозначения:

Условное обозначение	Наименование
РЛ5.05.01.01.00	Сборочная единица первая
РЛ5.05.01.02.00	Сборочная единица вторая
…….	……
РЛ5.05.01.01.01	Чертеж детали 1
РЛ5.05.01.01.02	Чертеж детали 2
РЛ5.05.01.02.01	Чертеж детали …
…….	……

Покупные изделия (например, двигатель, потенциометр, микровыключатель) имеют свой паспортный номер, стандартные детали (в том числе крепежные) и материалы обозначаются согласно соответствующим стандартам.

Общий сборочный чертеж

При выполнении сборочных чертежей допускаются следующие упрощения:

• если в состав общего сборочного чертежа входят другие сборочные единицы, на которые в КД имеются подробные чертежи, то эти сборочные единицы на разрезах изображаются не рассеченными;

• типовые покупные элементы (электродвигатели, потенциометры, электромагнитные муфты, микропереключатели и др.) изображаются контуром внешних очертаний;

• если в составе общего сборочного чертежа имеются одинаковые по форме и размерам составные части (отверстия, колеса, винты, штифты и др.), то подробно изображается одна из них, а остальные — контуром внешних очертаний или расположением их геометрических осей в виде штрихпунктирных линий;

• если в составе сборочного чертежа присутствуют детали, на которые в КД имеются отдельные чертежи, можно не показывать фаски, радиусы скруглений, проточки, углубления, выступы, а также надписи к ним;

• винтовые пружины в сечениях изображают лишь сечениями витков, а остальные элементы конструкции, находящиеся за пружиной, не показывают;

• крышки, кожухи, части корпусов, перегородки и другие детали, закрывающие важные части изображения, не показывают, сопровождая изображение надписями, например: «Верхняя часть корпуса не показана»;

• крепежные элементы изображаются упрощенно по ГОСТ 2.305–68, ГОСТ 2.311–68, ГОСТ 2.315–68.

Чертежи сборочных единиц

Изображение сборочной единицы дает представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивает возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы. Если в составе чертежа сборочной единицы имеется несколько одинаковых по форме и размерам элементов, то подробно изображается один из них, а остальные — контуром внешних очертаний или расположением их осей.

Спецификация

При необходимости в отдельной дополнительной таблице спецификаций перечисляются материалы; эти графы заполняют по указанию преподавателя.

В раздел «Материалы» вносят все материалы, входящие в ПУ и записывают их по видам в следующем порядке:

- металлы черные;
- металлы магнитоэлектрические и ферримагнитные;
- металлы цветные, благородные, редкие;
- кабели, проводы, шнуры;
- пластмассы и пресс-материалы;
- бумажные и текстильные материалы;
- лесоматериалы;
- резиновые и кожевенные материалы;
- минеральные, керамические и стеклянные материалы;
- лаки, краски, нефтепродукты и химикаты;
- прочие материалы.

Справочные материалы, необходимые для выполнения курсового проекта (работы), приведены в приложениях 2–11. Бланки для оформления титульных листов и заданий приведены в приложении 12.

ЛИТЕРАТУРА

Андреева Л.Е. Упругие элементы приборов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1981. 392 с.

Атлас конструкций элементов приборных устройств / Под ред. О.Ф. Тищенко. М.: Машиностроение, 1982. 166 с.

Болтон У. Конструкционные материалы: металлы, сплавы, полимеры, керамика, композиты. Карманный справочник. 2-е изд., стер.: Пер. с англ. М.: ИД «Додэка-XXI», 2007. 120 с.

Гелин Ф.Д., *Чаус А.С.* Металлические материалы. Минск: Вышейш. шк., 2007. 396 с.

Допуски и посадки: Справ.: В 2 ч. / В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. 8-е изд., перераб. и доп. СПб.: Политехника, 2003. Ч. 1. 576 с.; Ч. 2. 608 с.

Дунин-Барковский И.В. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. М.: Машиностроение, 1975. 352 с.

Журавлев В.Н., *Николаева О.И.* Машиностроительные стали: Справ. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1981. 391 с.

Ковалев Н.А. Прикладная механика. М.: Высш. шк., 1982. 400 с.

Конструирование приборов: В 2 кн. Кн. 2 / Под ред. В. Краузе; Пер. с нем. В.Н. Пальянова под ред. О.Ф. Тищенко. М.: Машиностроение, 1987. 376 с.

Левицкий В.С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей: М.: Высш. шк., 2001. 429 с.

Материалы в приборостроении и автоматике: Справ. / Под ред. Ю.М. Пятина. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1982. 528 с.

Основы конструирования приборов: Метод. указания и технические задания по курсовому проектированию / В.Н. Баранов, А.А. Буцев, А.И. Еремеев и др; Под ред. В.Н. Баранова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. 80 с.

Перель Л.Я., *Филатов А.А.* Подшипники качения: Расчет, проектирование и обслуживание опор: Справ. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1992. 608 с.

Персов Б.З. Расчет и проектирование экспериментальных установок. М.; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; Ин-т компьютерных исследований, 2006. 348 с.

Пластмассовые зубчатые колеса в передачах точного приборостроения / В.Е. Старжинский, В. Краузе, О.В. Гаврилова и др. Минск: Наука и техника, 1993. 359 с.

Плотников В.С., *Варфоломеев Д.И.*, *Пустовалов В.Е.* Расчет и конструирование оптико-механических приборов. М.: Машиностроение, 1980. 256 с.

Разработка конструкторской документации при курсовом проектировании: учеб. пособие: В 2 ч. Ч. 1 / И.С. Потапцев, Н.И. Нарыкова, Е.А. Перминова, А.А. Буцев. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 78 с.

Словарь-справочник по трению, износу и смазке деталей машин / В.Д. Зозуля, Е.Л. Шведков, Д.Я. Ровинский, Э.Д. Браун; Отв. ред. И.М. Федорченко. АН УССР. Ин-т проблем материаловедения. 2-е изд., перераб. и доп. Киев: Наук. думка, 1990. 264 с.

Справочник конструктора оптико-механических приборов / Под ред. В.А. Панова. М.: Машиностроение, 1980. 742 с.

Справочник конструктора-приборостроителя. Проектирование. Основные нормы / В.Л. Соломахо, Р.И. Томилин, Б.В. Цитович, Л.Г. Юдовин. Минск: Вышейш. шк., 1988. 272 с.

Справочник конструкций точного приборостроения / Под ред. К.Н. Явленского, Б.П. Тимофеева, Е.Е. Чаадаевой. Л.: Машиностроение, 1989. 792 с.

Строганов Г.Б. Высокопрочные литейные алюминиевые сплавы. М.: Металлургия, 1985. 216 с.

Упругие элементы малых сечений для приборов / Т.Г. Петрова, Л.Б. Жермунская, В.Ф. Семека и др. Л.: Машиностроение, 1985. 128 с.

Хрящев В.Г., *Серегин В.И.*, *Гусев В.И.* Геометрические построения с использованием системы AutoCAD 2002. М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2004. 94 с.

Элементы приборных устройств. Курсовое проектирование / Под ред. О.Ф. Тищенко. М.: Высш. шк., 1978. Ч. 1. 304 с.; Ч. 2. 263 с.

ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

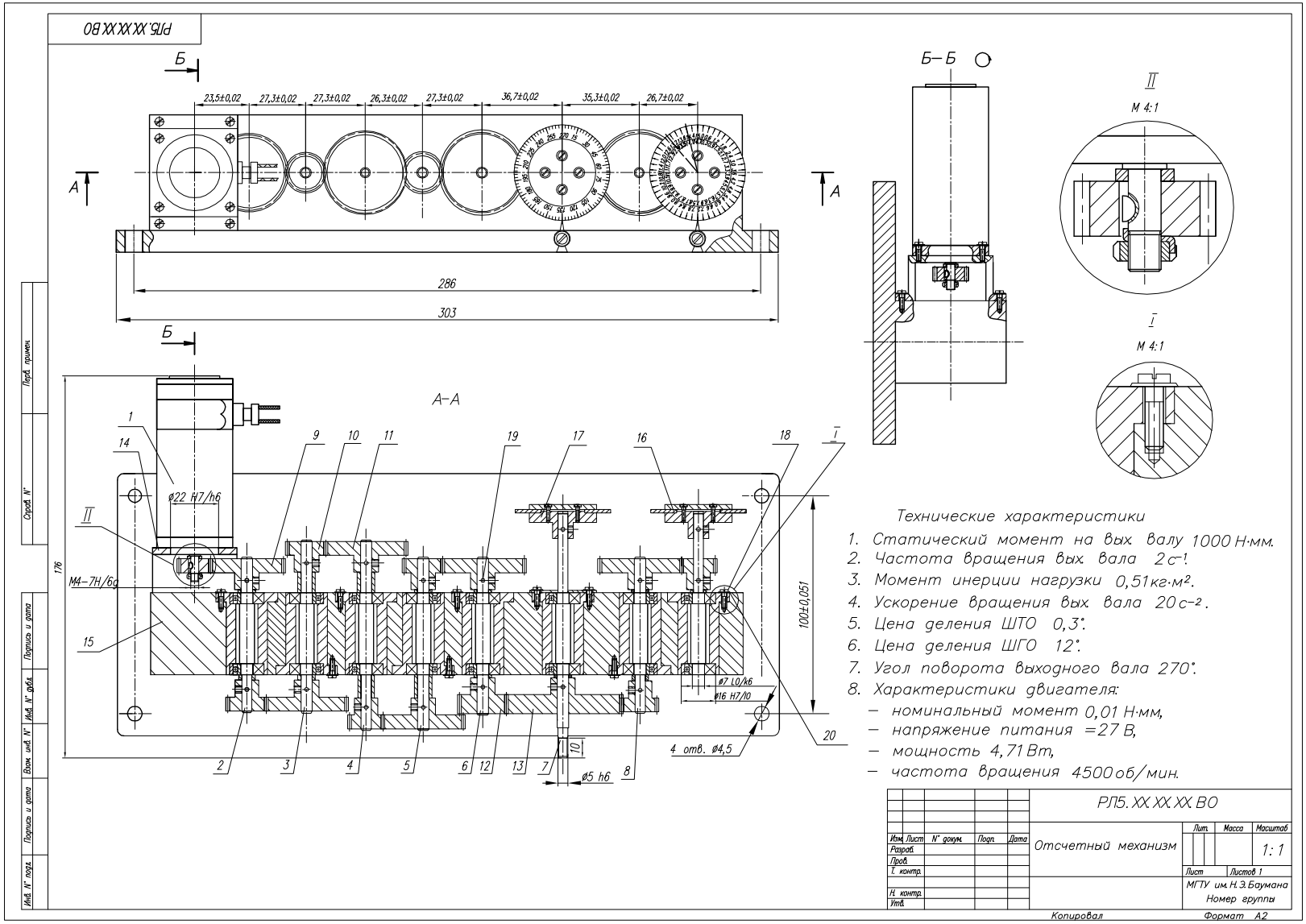


Рис. П1.1

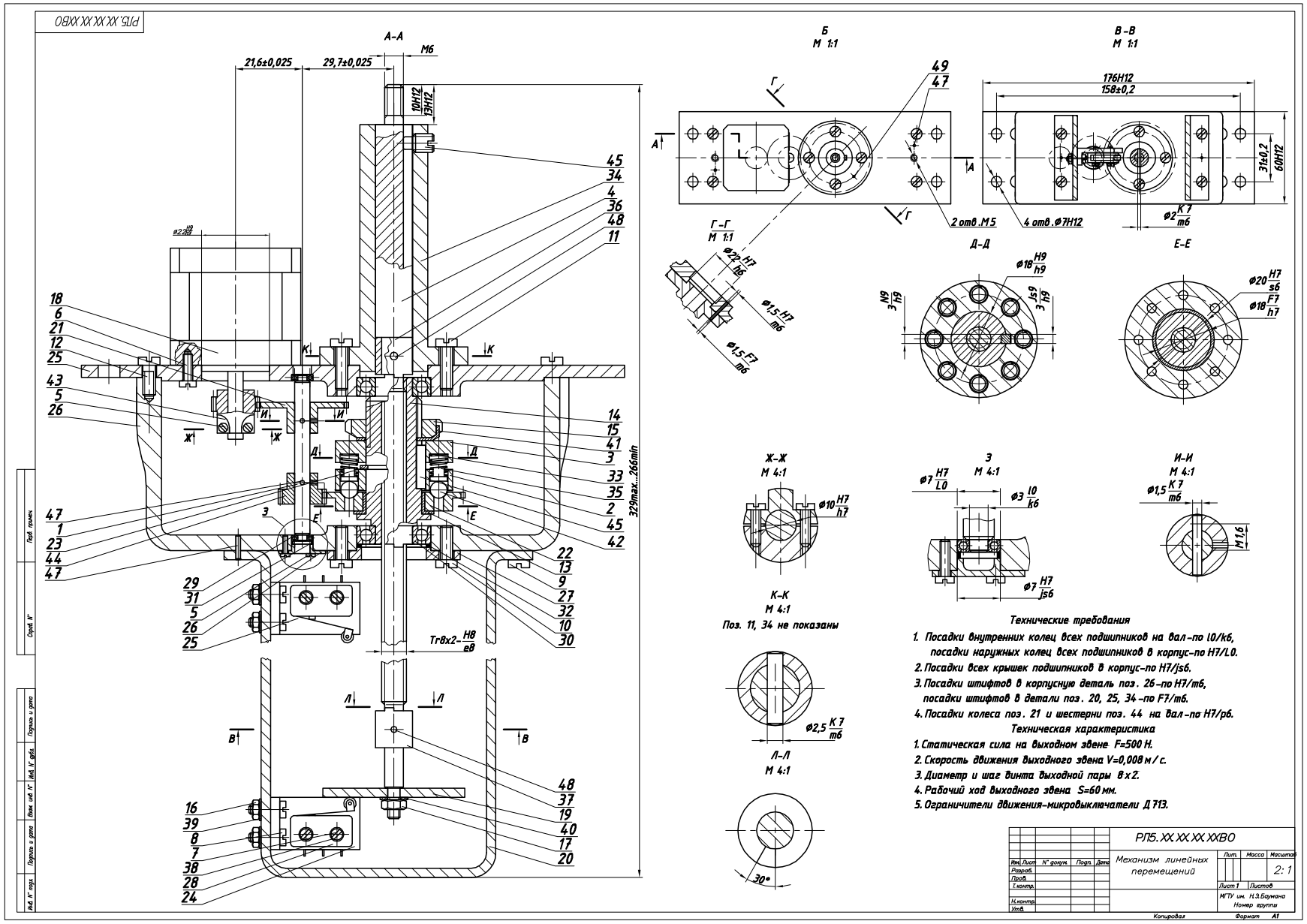

РЛ5.ХХ.ХХ.ХХ.ХХВО
А-А
Б
М 1:1
В-В
М 1:1
Г-Г
М 1:1
Д-Д
Е-Е
Ж-Ж
М 4:1
З
М 4:1
И-И
М 4:1
К-К
М 4:1
Поз. 11, 34 не показаны
Л-Л
М 4:1
Технические требования
1. Посадки внутренних колец всех подшипников на вал-по l0/k6, посадки наружных колец всех подшипников в корпус-по H7/l0.
2. Посадки всех крышек подшипников в корпус-по H7/js6.
3. Посадки штифтов в корпусную деталь поз. 26-по H7/m6, посадки штифтов в детали поз. 20, 25, 34-по F7/m6.
4. Посадки колеса поз. 21 и шестерни поз. 44 на вал-по H7/p6.
Техническая характеристика
1. Статическая сила на выходном звене F=500 Н.
2. Скорость движения выходного звена V=0,008 м/с.
3. Диаметр и шаг винта выходной пары 8х2.
4. Рабочий ход выходного звена S=60 мм.
5. Ограничители движения-микровыключатели Д 713.
Механизм линейных перемещений
2:1
МГТУ им. Н.Э.Баумана
Копировал
Формат А1

Рис. П1.2

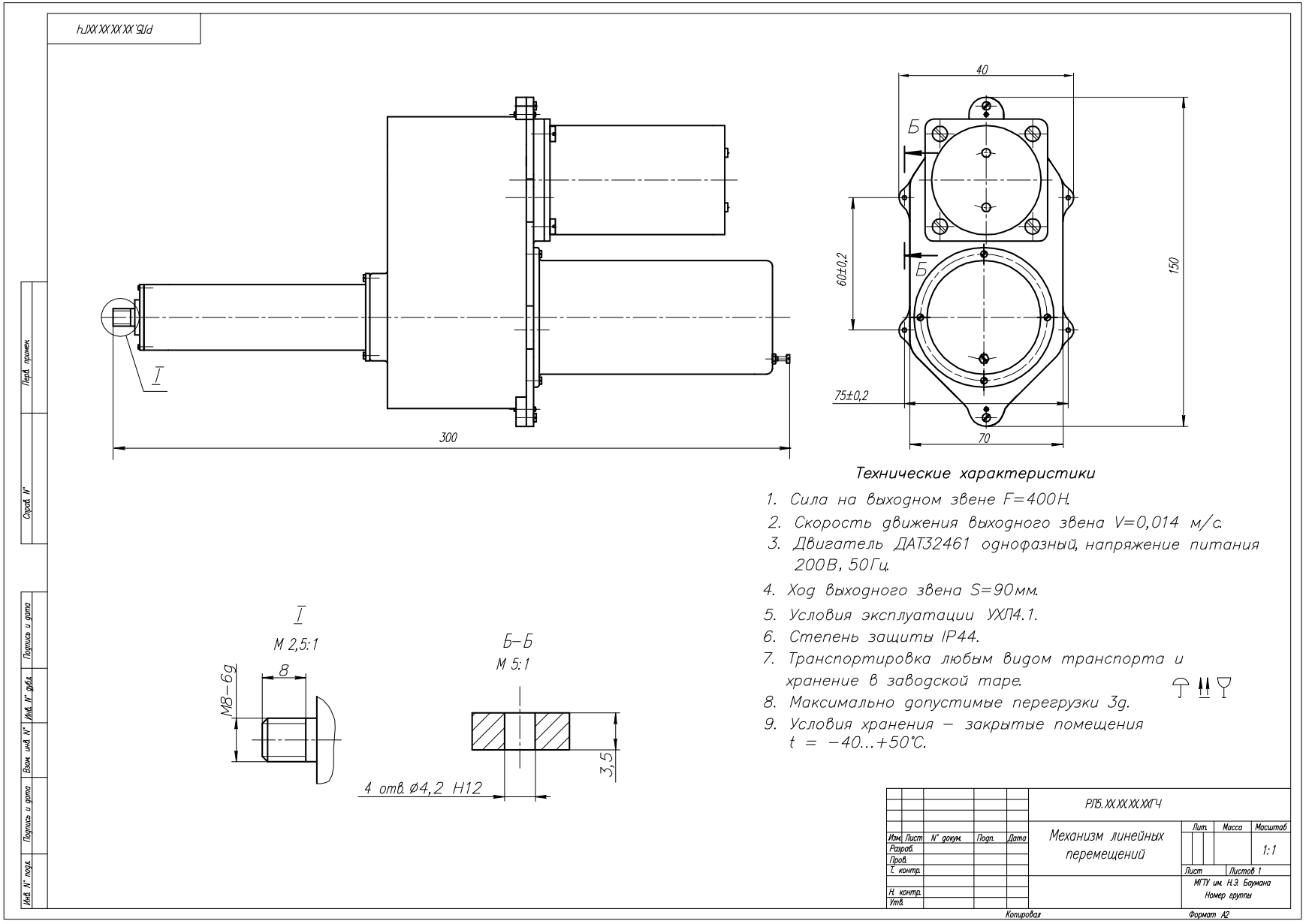

РПБ.ХХ.ХХ.ХХ.ХХГЧ
40
Б
Б
60±0,2
150
75±0,2
70
300
I
I
М 2,5:1
8
М8–6g
Б–Б
М 5:1
3,5
4 отв. ⌀4,2 H12
Технические характеристики
1. Сила на выходном звене F=400Н.
2. Скорость движения выходного звена V=0,014 м/с.
3. Двигатель ДАТ32461 однофазный, напряжение питания 200В, 50Гц.
4. Ход выходного звена S=90мм.
5. Условия эксплуатации УХЛ4.1.
6. Степень защиты IP44.
7. Транспортировка любым видом транспорта и хранение в заводской таре.
8. Максимально допустимые перегрузки 3g.
9. Условия хранения – закрытые помещения t = –40...+50°С.
РПБ.ХХ.ХХ.ХХ.ХХГЧ
Механизм линейных перемещений
Лит.
Масса
Масштаб
1:1
Лист
Листов 1
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Номер группы
Изм. Лист N докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т. контр.
Н. контр.
Утв.
Перв. примен.
Справ. N
Подпись и дата
Инв. N дубл.
Взам. инв. N
Подпись и дата
Инв. N подл.
Копировал
Формат А2

Рис. П1.3

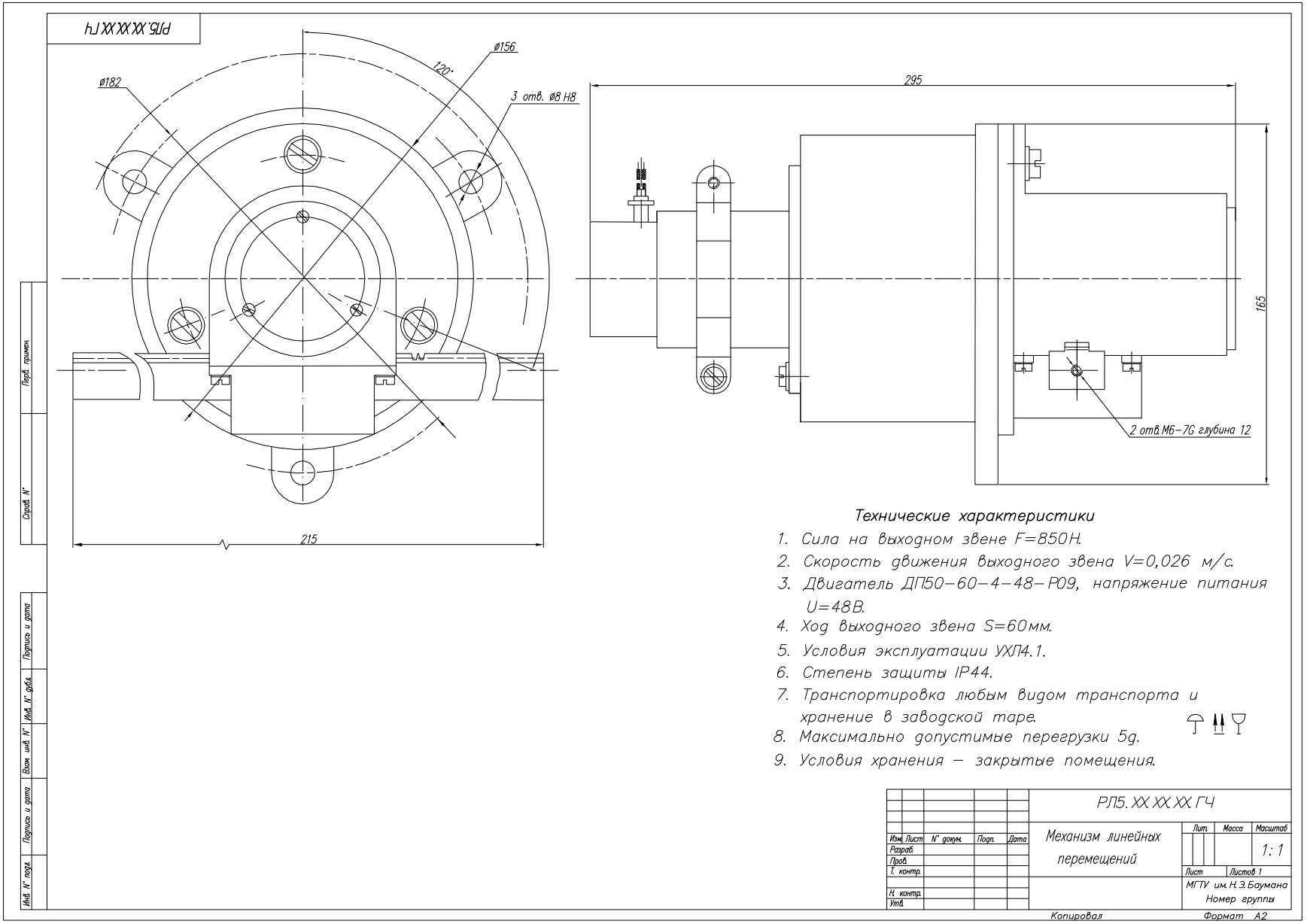

РЛ5.ХХ.ХХ.ХХ ГЧ
ø156
120°
ø182
3 отв. ø8 H8
215
295
165
2 отв.М6-7G глубина 12
Технические характеристики
1. Сила на выходном звене F=850Н.
2. Скорость движения выходного звена V=0,026 м/с.
3. Двигатель ДП50-60-4-48-Р09, напряжение питания U=48В.
4. Ход выходного звена S=60мм.
5. Условия эксплуатации УХЛ4.1.
6. Степень защиты IP44.
7. Транспортировка любым видом транспорта и хранение в заводской таре.
8. Максимально допустимые перегрузки 5g.
9. Условия хранения – закрытые помещения.
РЛ5. ХХ. ХХ. ХХ. ГЧ
Механизм линейных перемещений
Лит.
Масса
Масштаб
1:1
Лист
Листов 1
МГТУ им. Н.Э.Баумана
Номер группы
Копировал
Формат А2
Перв. примен.
Справ. №
Подпись и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл.

Рис. П1.4

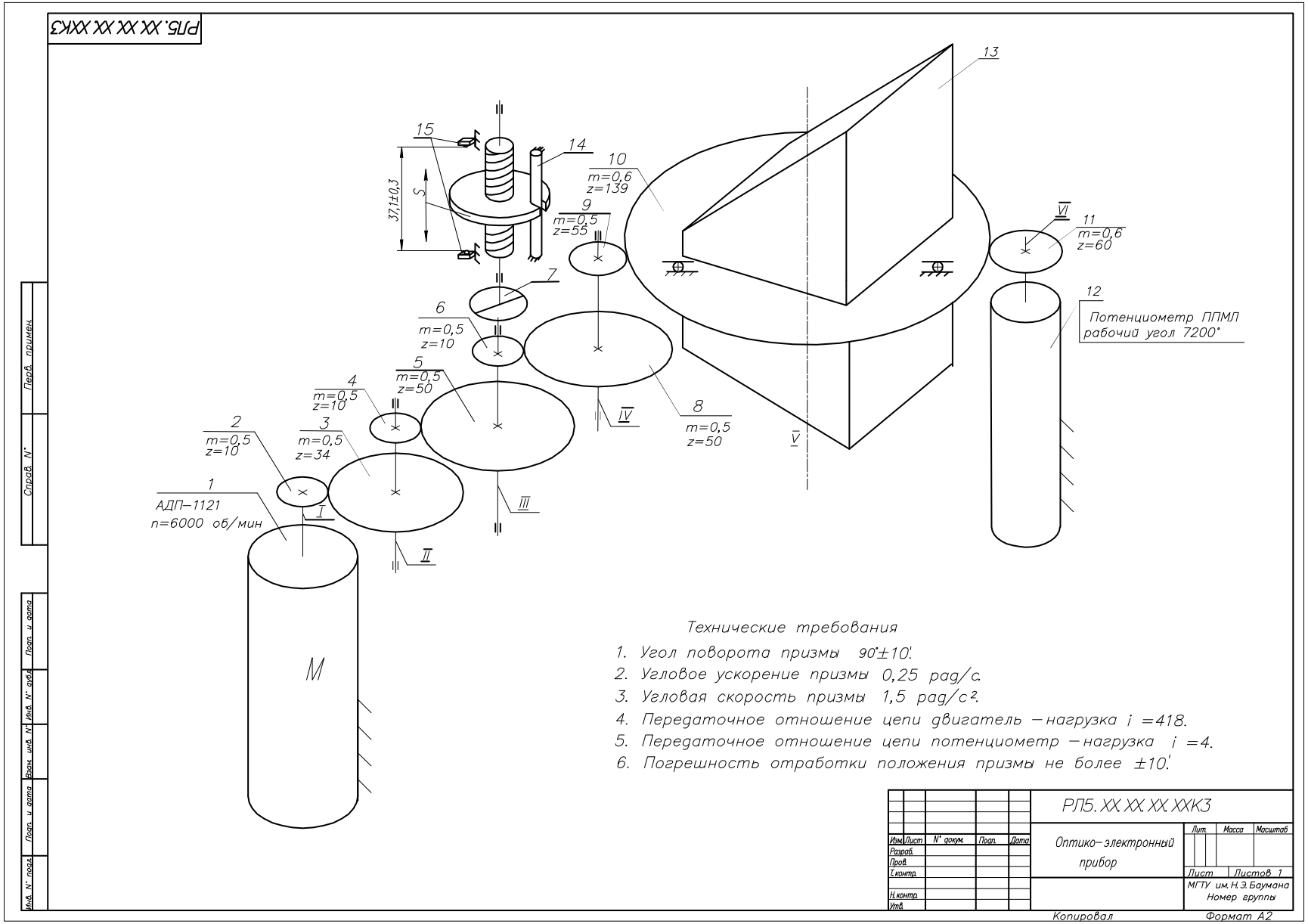

РЛ5. ХХ ХХ ХХ ХХК3
13
15
14
10
m=0,6
z=139
37,1±0,3
S
9
m=0,5
z=55
VI
11
m=0,6
z=60
12
Потенциометр ППМЛ
рабочий угол 7200°
7
6
m=0,5
z=10
5
m=0,5
z=50
4
m=0,5
z=10
2
m=0,5
z=10
3
m=0,5
z=34
1
АДП–1121
n=6000 об/мин
I
II
III
IV
V
8
m=0,5
z=50
M
Технические требования
1. Угол поворота призмы 90°±10'.
2. Угловое ускорение призмы 0,25 рад/с.
3. Угловая скорость призмы 1,5 рад/с².
4. Передаточное отношение цепи двигатель – нагрузка i =418.
5. Передаточное отношение цепи потенциометр – нагрузка i =4.
6. Погрешность отработки положения призмы не более ±10'.
РЛ5. ХХ. ХХ. ХХ. ХХК3
Оптико–электронный прибор
Лит.
Масса
Масштаб
Лист
Листов 1
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Номер группы
Изм. Лист N докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Копировал
Формат А2
Перв. примен.
Справ. N°
Подп. и дата
Инв. N° дубл.
Взам. инв. N°
Подп. и дата
Инв. N° подл.

Рис. П1.5

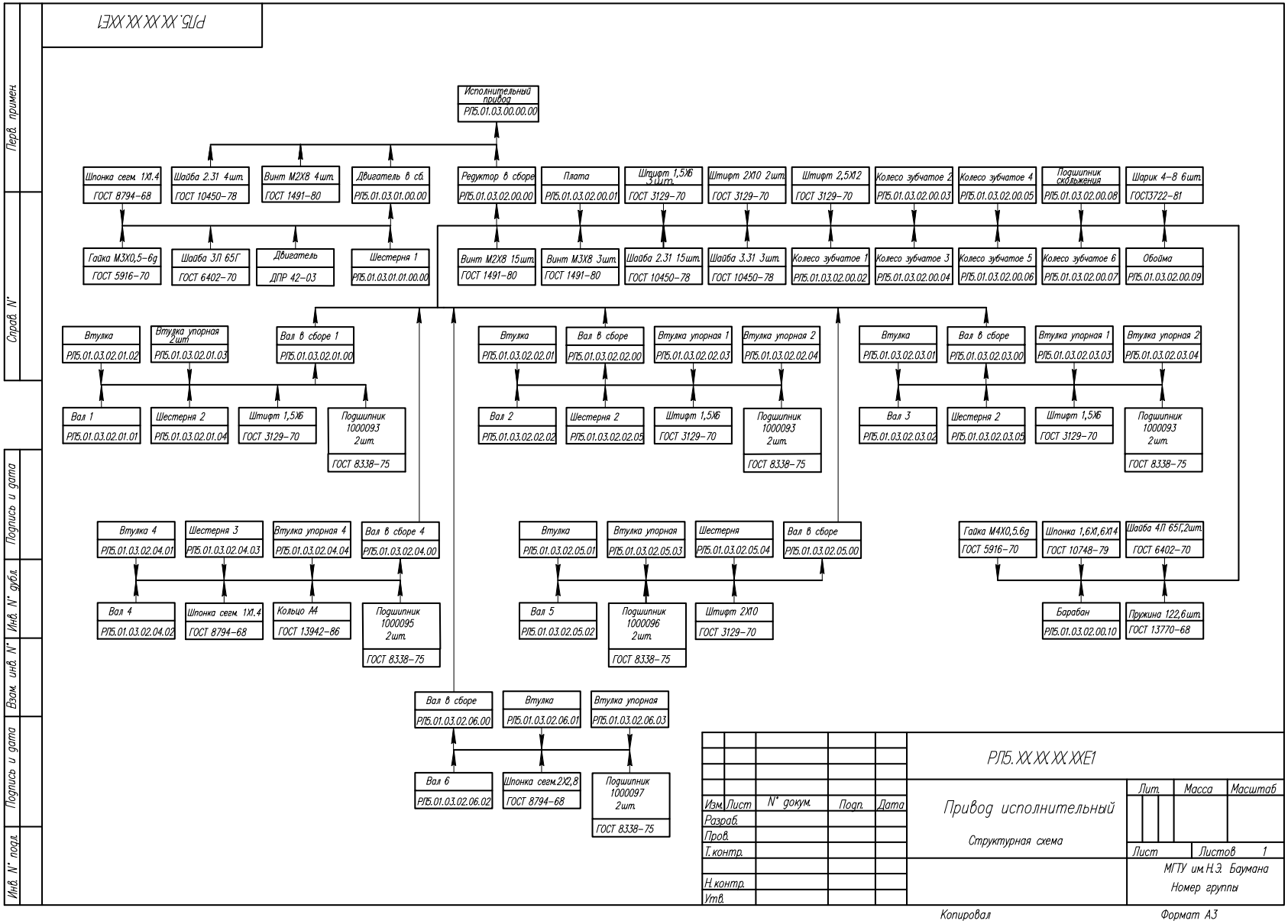

РП5.XX.XX.XX.XXE1
Перв. примен.
Справ. N°
Подпись и дата
Инв. N° дубл.
Взам. инв. N°
Подпись и дата
Инв. N° подл.
Исполнительный привод
РП5.01.03.00.00.00
Шпонка сегм. 1Х1.4
ГОСТ 8794–68
Шайба 2.31 4шт.
ГОСТ 10450–78
Винт М2Х8 4шт.
ГОСТ 1491–80
Двигатель в сб.
РП5.01.03.01.00.00
Редуктор в сборе
РП5.01.03.02.00.00
Плата
РП5.01.03.02.00.01
Штифт 1,5Х6 3 шт.
ГОСТ 3129–70
Штифт 2Х10 2шт.
ГОСТ 3129–70
Штифт 2,5Х12
ГОСТ 3129–70
Колесо зубчатое 2
РП5.01.03.02.00.03
Колесо зубчатое 4
РП5.01.03.02.00.05
Подшипник скольжения
РП5.01.03.02.00.08
Шарик 4–8 6шт.
ГОСТ3722–81
Гайка М3Х0,5–6g
ГОСТ 5916–70
Шайба 3Л 65Г
ГОСТ 6402–70
Двигатель
ДПР 42–03
Шестерня 1
РП5.01.03.01.01.00.00
Винт М2Х8 15шт.
ГОСТ 1491–80
Винт М3Х8 3шт.
ГОСТ 1491–80
Шайба 2.31 15шт.
ГОСТ 10450–78
Шайба 3.31 3шт.
ГОСТ 10450–78
Колесо зубчатое 1
РП5.01.03.02.00.02
Колесо зубчатое 3
РП5.01.03.02.00.04
Колесо зубчатое 5
РП5.01.03.02.00.06
Колесо зубчатое 6
РП5.01.03.02.00.07
Обойма
РП5.01.03.02.00.09
Втулка
РП5.01.03.02.01.02
Втулка упорная 2шт
РП5.01.03.02.01.03
Вал в сборе 1
РП5.01.03.02.01.00
Вал 1
РП5.01.03.02.01.01
Шестерня 2
РП5.01.03.02.01.04
Штифт 1,5Х6
ГОСТ 3129–70
Подшипник 1000093 2шт.
ГОСТ 8338–75
Втулка
РП5.01.03.02.02.01
Вал в сборе
РП5.01.03.02.02.00
Втулка упорная 1
РП5.01.03.02.02.03
Втулка упорная 2
РП5.01.03.02.02.04
Вал 2
РП5.01.03.02.02.02
Шестерня 2
РП5.01.03.02.02.05
Штифт 1,5Х6
ГОСТ 3129–70
Подшипник 1000093 2шт.
ГОСТ 8338–75
Втулка
РП5.01.03.02.03.01
Вал в сборе
РП5.01.03.02.03.00
Втулка упорная 1
РП5.01.03.02.03.03
Втулка упорная 2
РП5.01.03.02.03.04
Вал 3
РП5.01.03.02.03.02
Шестерня 2
РП5.01.03.02.03.05
Штифт 1,5Х6
ГОСТ 3129–70
Подшипник 1000093 2шт.
ГОСТ 8338–75
Втулка 4
РП5.01.03.02.04.01
Шестерня 3
РП5.01.03.02.04.03
Втулка упорная 4
РП5.01.03.02.04.04
Вал в сборе 4
РП5.01.03.02.04.00
Вал 4
РП5.01.03.02.04.02
Шпонка сегм. 1Х1.4
ГОСТ 8794–68
Кольцо А4
ГОСТ 13942–86
Подшипник 1000095 2шт.
ГОСТ 8338–75
Втулка
РП5.01.03.02.05.01
Втулка упорная
РП5.01.03.02.05.03
Шестерня
РП5.01.03.02.05.04
Вал в сборе
РП5.01.03.02.05.00
Вал 5
РП5.01.03.02.05.02
Подшипник 1000096 2шт.
ГОСТ 8338–75
Штифт 2Х10
ГОСТ 3129–70
Гайка М4Х0,5.6g
ГОСТ 5916–70
Шпонка 1,6Х1,6Х14
ГОСТ 10748–79
Шайба 4Л 65Г,2шт.
ГОСТ 6402–70
Барабан
РП5.01.03.02.00.10
Пружина 122,6шт.
ГОСТ 13770–68
Вал в сборе
РП5.01.03.02.06.00
Втулка
РП5.01.03.02.06.01
Втулка упорная
РП5.01.03.02.06.03
Вал 6
РП5.01.03.02.06.02
Шпонка сегм.2Х2,8
ГОСТ 8794–68
Подшипник 1000097 2шт.
ГОСТ 8338–75
РП5.XX.XX.XX.XXE1
Изм. Лист N° докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Привод исполнительный
Структурная схема
Лит. Масса Масштаб
Лист Листов 1
МГТУ им.Н.Э. Баумана
Номер группы
Копировал
Формат А3

Рис. П1.6

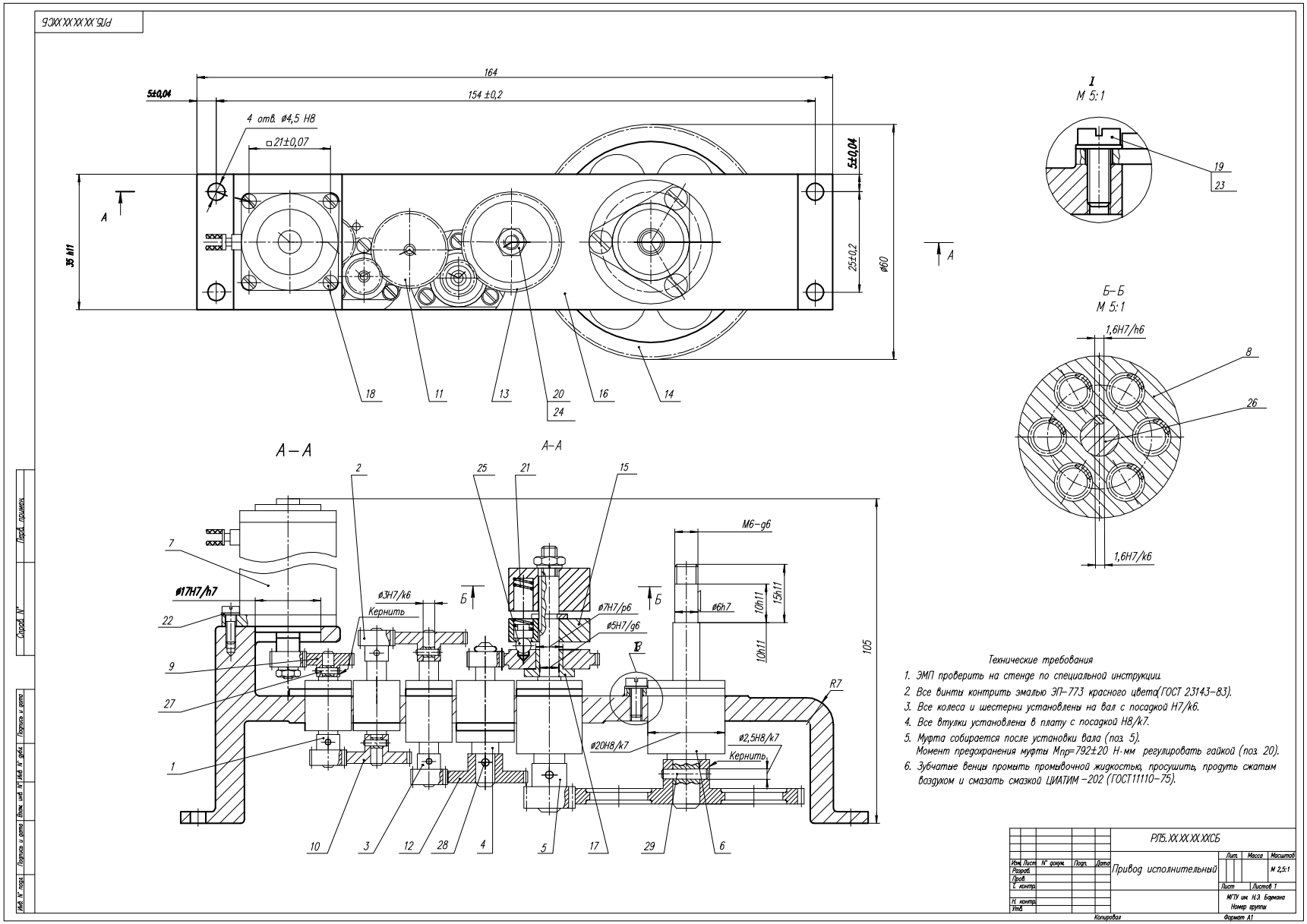

РЛ5.XX.XX.XX.XXСБ
164
154 ±0,2
5±0,04
4 отв. ø4,5 H8
□21±0,07
35 h11
25±0,2
ø60
I
М 5:1
Б–Б
М 5:1
1,6H7/h6
1,6H7/k6
А–А
А–А
ø17H7/h7
ø3H7/k6
Кернить
ø7H7/p6
ø5H7/g6
M6–g6
ø6h7
10h11
15h11
105
R7
ø20H8/k7
ø2,5H8/k7
Кернить
Технические требования
1. ЭМП проверить на стенде по специальной инструкции.
2. Все винты контрить эмалью ЭП–773 красного цвета(ГОСТ 23143–83).
3. Все колеса и шестерни установлены на вал с посадкой H7/k6.
4. Все втулки установлены в плату с посадкой H8/k7.
5. Муфта собирается после установки вала (поз. 5).
Момент предохранения муфты Мпр=792±20 Н·мм регулировать гайкой (поз. 20).
6. Зубчатые венцы промыть промывочной жидкостью, просушить, продуть сжатым воздухом и смазать смазкой ЦИАТИМ –202 (ГОСТ11110–75).
РЛ5.XX.XX.XX.XXСБ
Привод исполнительный
М 2,5:1
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Номер группы
Копировал
Формат А1

Рис. П1.7

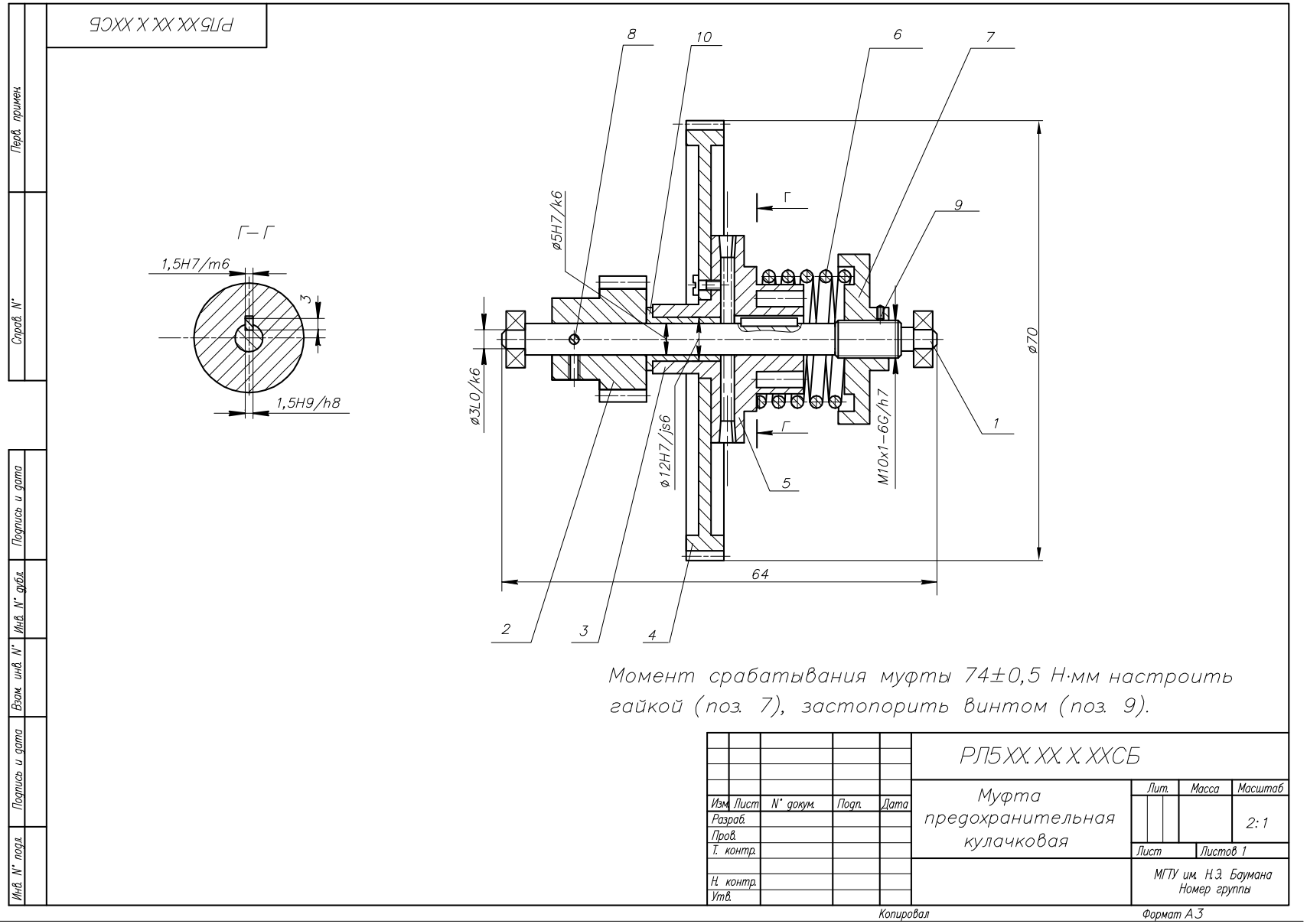

РЛ5ХХ.ХХ.Х.ХХСБ
Перв. примен.
Справ. N°
Подпись и дата
Инв. N° дубл.
Взам. инв. N°
Подпись и дата
Инв. N° подл.
Г–Г
1,5H7/m6
3
1,5H9/h8
8
10
6
7
9
Г
ø5H7/k6
ø3L0/k6
ø12H7/js6
M10x1–6G/h7
ø70
64
1
5
2
3
4
Момент срабатывания муфты 74±0,5 Н·мм настроить гайкой (поз. 7), застопорить винтом (поз. 9).
РЛ5ХХ.ХХ.Х.ХХСБ
Муфта предохранительная кулачковая
Изм. Лист N° докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т. контр.
Н. контр.
Утв.
Лит.
Масса
Масштаб
2:1
Лист
Листов 1
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Номер группы
Копировал
Формат А3

Рис. П1.8

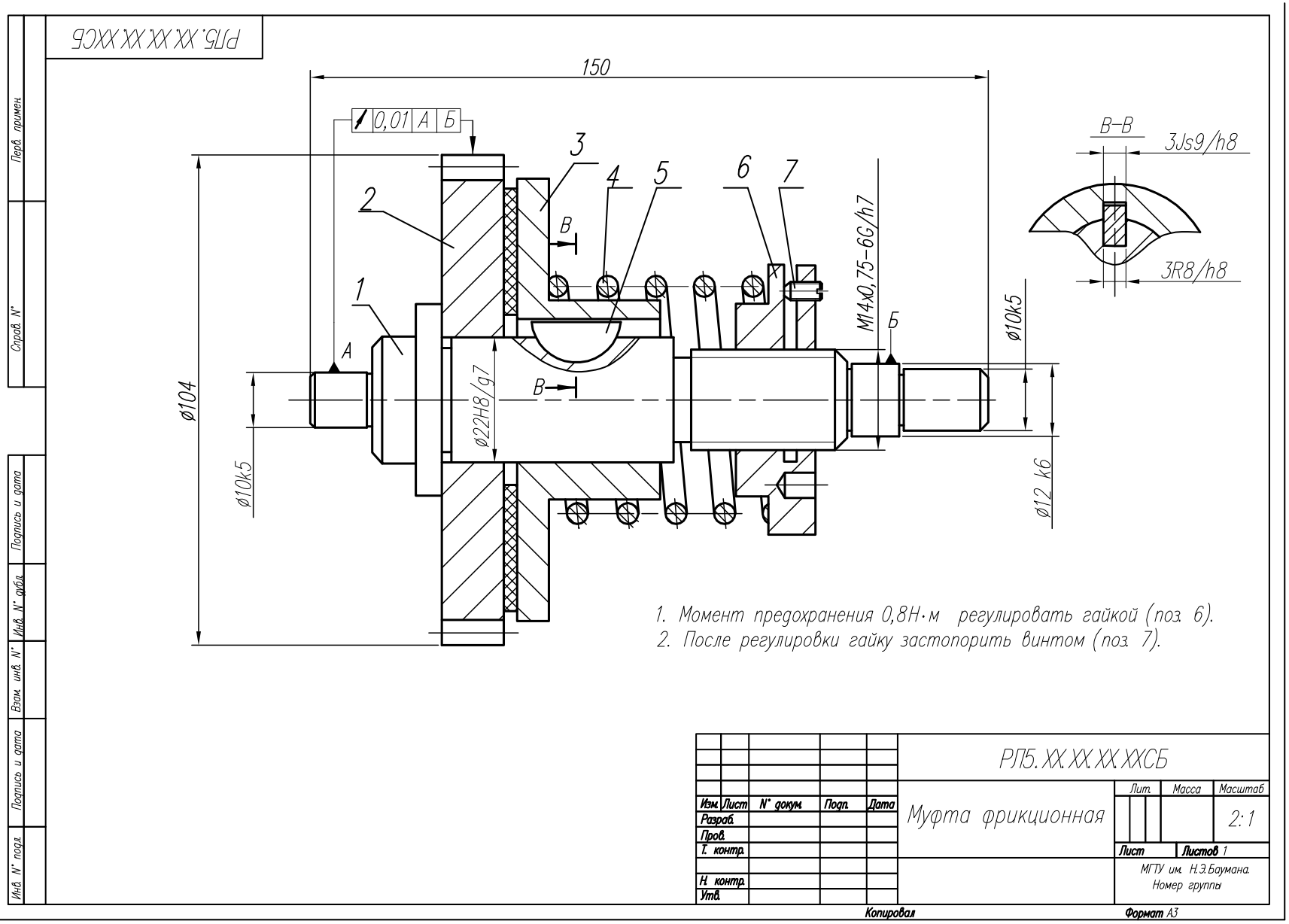

РЛ5.ХХ.ХХ.ХХ.ХХСБ
150
0,01 А Б
3
4
5
6
7
2
1
В
А
Б
В–В
3Js9/h8
3R8/h8
M14x0,75–6G/h7
ø10k5
ø104
ø22H8/g7
ø10k5
ø12 k6
Перв. примен.
Справ. N°
Подпись и дата
Инв. N° дубл.
Взам. инв. N°
Подпись и дата
Инв. N° подл.
1. Момент предохранения 0,8Н·м регулировать гайкой (поз. 6).
2. После регулировки гайку застопорить винтом (поз. 7).
РЛ5.ХХ.ХХ.ХХ.ХХСБ
Изм. Лист N° докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т. контр.
Н. контр.
Утв.
Муфта фрикционная
Лит.
Масса
Масштаб
2:1
Лист
Листов 1
МГТУ им. Н.Э.Баумана.
Номер группы
Копировал
Формат А3

Рис. П1.9

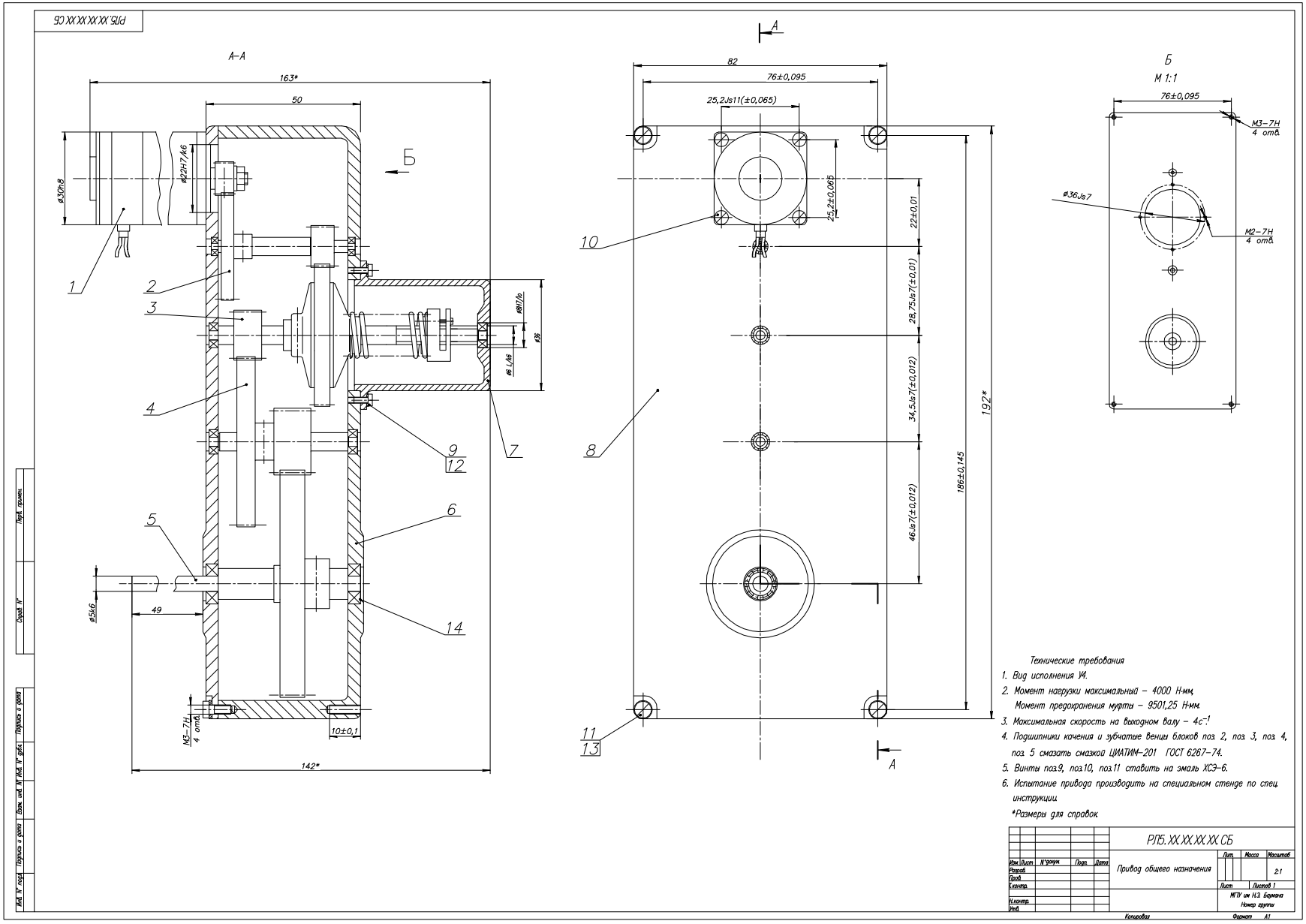

РЛБ.ХХ.ХХ.ХХ.СБ
А–А
Б
А
Б
М 1:1
163*
50
82
76±0,095
25,2Js11(±0,065)
ø30h8
ø22H7/A6
ø36Js7
M3–7H
4 отв.
M2–7H
4 отв.
M5–7H
4 отв.
ø57/b
ø35
ø6 L/A6
ø5k6
49
10±0,1
142*
22±0,11
28,75±7(±0,01)
34,5±7(±0,012)
46±7(±0,012)
186±0,145
192*
25,2±0,065
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
Технические требования
1. Вид исполнения У4.
2. Момент нагрузки максимальный – 4000 Н·мм.
Момент предохранения муфты – 9501,25 Н·мм.
3. Максимальная скорость на выходном валу – 4с⁻¹
4. Подшипники качения и зубчатые венцы блоков поз. 2, поз. 3, поз. 4, поз. 5 смазать смазкой ЦИАТИМ–201 ГОСТ 6267–74.
5. Винты поз.9, поз.10, поз.11 ставить на эмаль ХСЭ–6.
6. Испытание привода производить на специальном стенде по спец. инструкции
*Размеры для справок
РЛБ.ХХ.ХХ.ХХ.СБ
Привод общего назначения
Лит
Масса
Масштаб
2:1
Лист
Листов 1
МГТУ им Н.Э. Баумана
Номер группы
Копировал
Формат А1
Перв. примен.
Справ. №
Подпись и дата
Инв. № подл.
Подпись и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.

Рис. П1.10

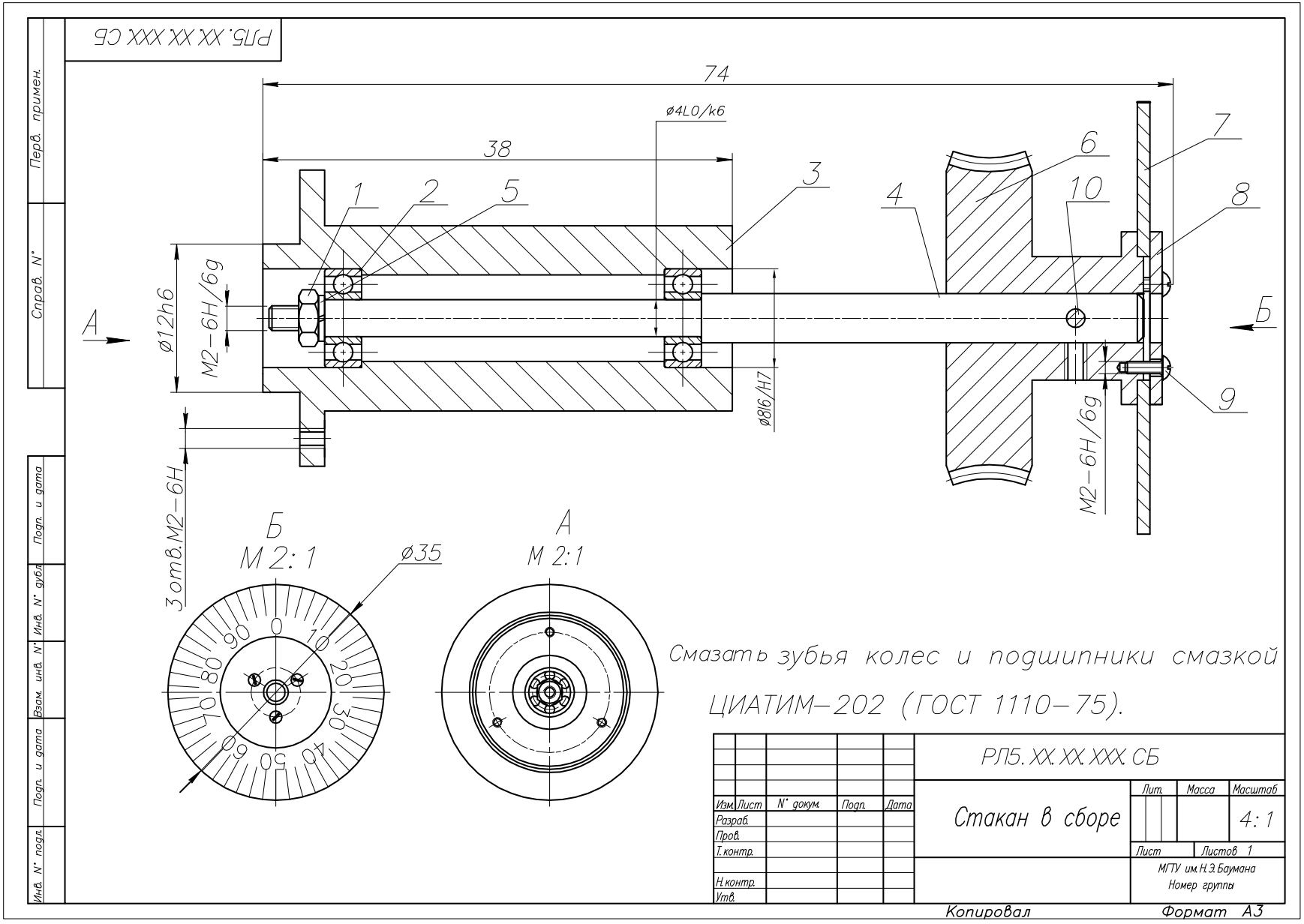

РЛ5. XX. XX. XXX. СБ
74
ø4L0/k6
38
1
2
5
3
4
6
7
8
10
9
ø12h6
M2–6H/6g
ø8l6/H7
M2–6H/6g
А
Б
3 отв. M2–6H
Б
М 2: 1
ø35
А
М 2:1
Смазать зубья колес и подшипники смазкой ЦИАТИМ–202 (ГОСТ 1110–75).
РЛ5. XX. XX. XXX. СБ
Стакан в сборе
Лит.
Масса
Масштаб
4: 1
Лист
Листов 1
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Номер группы
Изм. Лист N° докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т. контр.
Н. контр.
Утв.
Копировал
Формат А3
Перв. примен.
Справ. N°
Подп. и дата
Инв. N° дубл.
Взам. инв. N°
Подп. и дата
Инв. N° подл.

Рис. П1.11

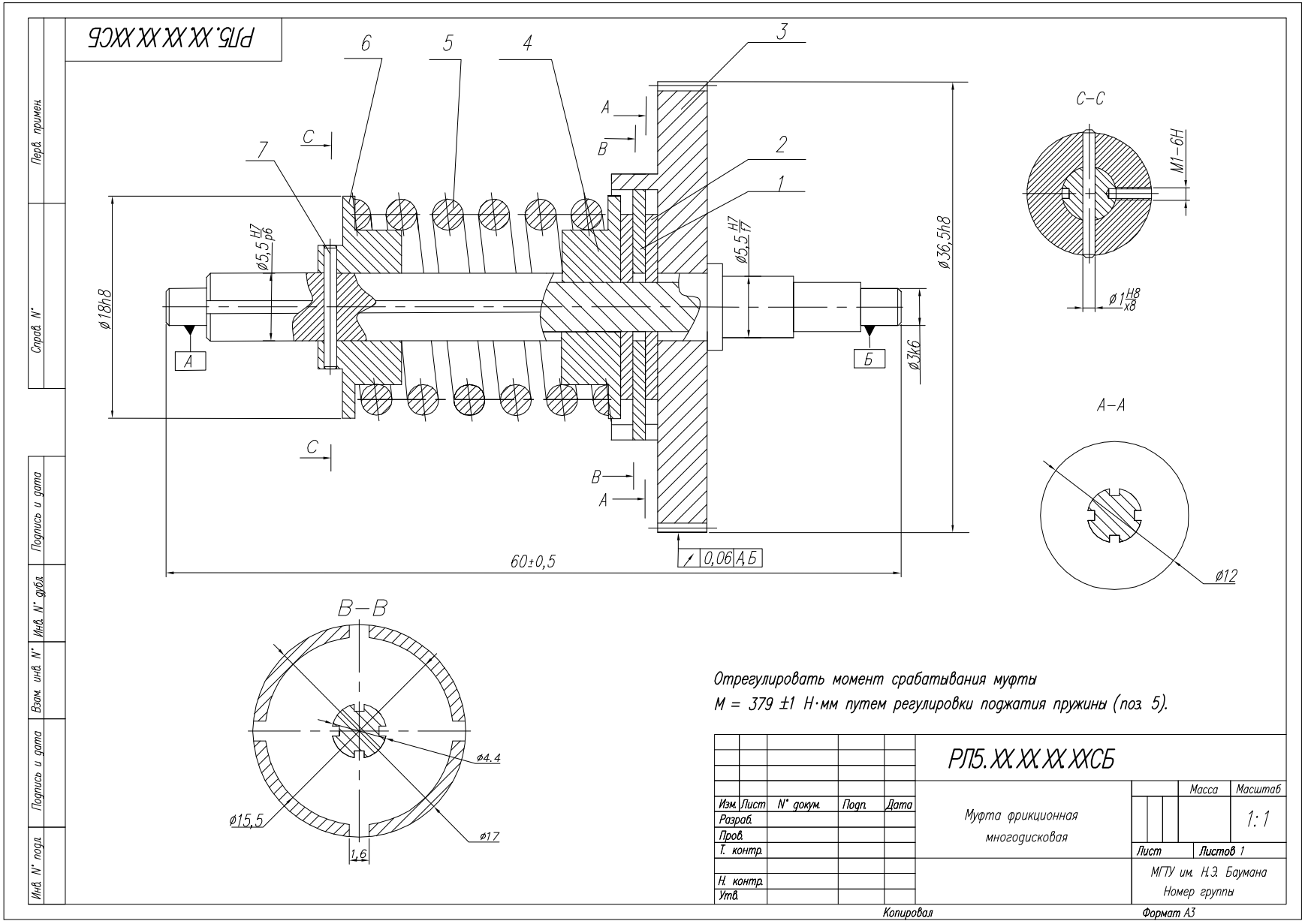

РЛ5.ХХ.ХХ.ХХ.ХХСБ
Перв. примен.
Справ. N°
Подпись и дата
Инв. N° дубл.
Взам. инв. N°
Подпись и дата
Инв. N° подл.
6
5
4
3
2
1
7
A
B
C
C–C
M1–6H
ø18h8
ø5,5 H7/p6
ø5,5 H7/f7
ø36,5h8
ø3k6
ø1 H8/x8
A–A
ø12
B–B
ø4,4
ø15,5
ø17
1,6
60±0,5
0,06 А Б
Отрегулировать момент срабатывания муфты
M = 379 ±1 Н·мм путем регулировки поджатия пружины (поз. 5).
РЛ5.ХХ.ХХ.ХХ.ХХСБ
Изм. Лист N° докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т. контр.
Н. контр.
Утв.
Муфта фрикционная многодисковая
Масса
Масштаб
1:1
Лист
Листов 1
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Номер группы
Копировал
Формат А3

Рис. П1.12

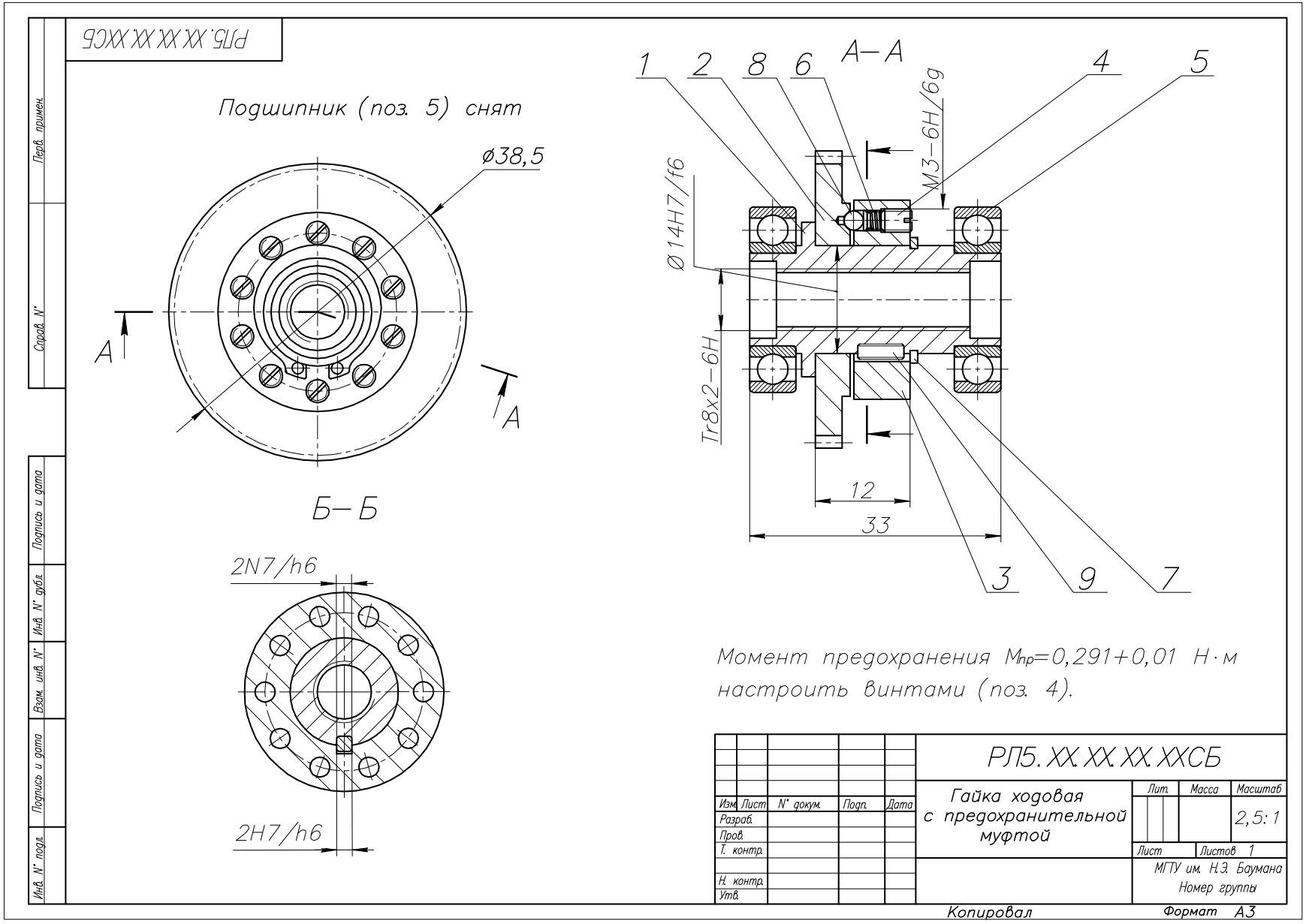

РЛ5.ХХ.ХХ.ХХ.ХХСБ
Перв. примен.
Справ. N°
Подпись и дата
Инв. N° дубл.
Взам. инв. N°
Подпись и дата
Инв. N° подл.
Подшипник (поз. 5) снят
ø38,5
А
А
Б–Б
2N7/h6
2H7/h6
А–А
1
2
8
6
4
5
M3–6H/6g
Ø 14H7/f6
Tr8x2–6H
12
33
3
9
7
Момент предохранения Mпр=0,291+0,01 Н·м настроить винтами (поз. 4).
РЛ5.ХХ.ХХ.ХХ.ХХСБ
Гайка ходовая с предохранительной муфтой
Изм. Лист N° докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т. контр.
Н. контр.
Утв.
Лит.
Масса
Масштаб
2,5:1
Лист
Листов 1
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Номер группы
Копировал
Формат А3

Рис. П1.13

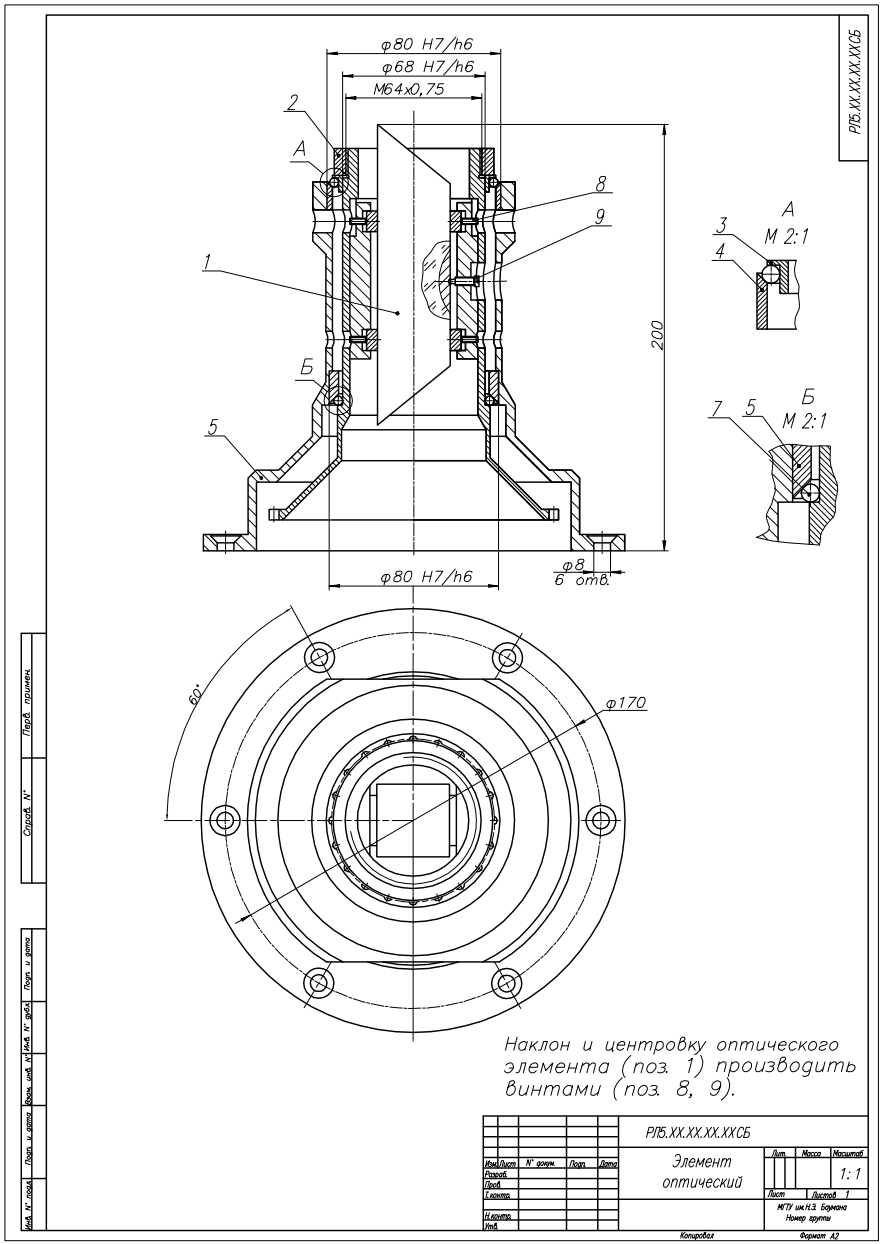


Рис. П1.14

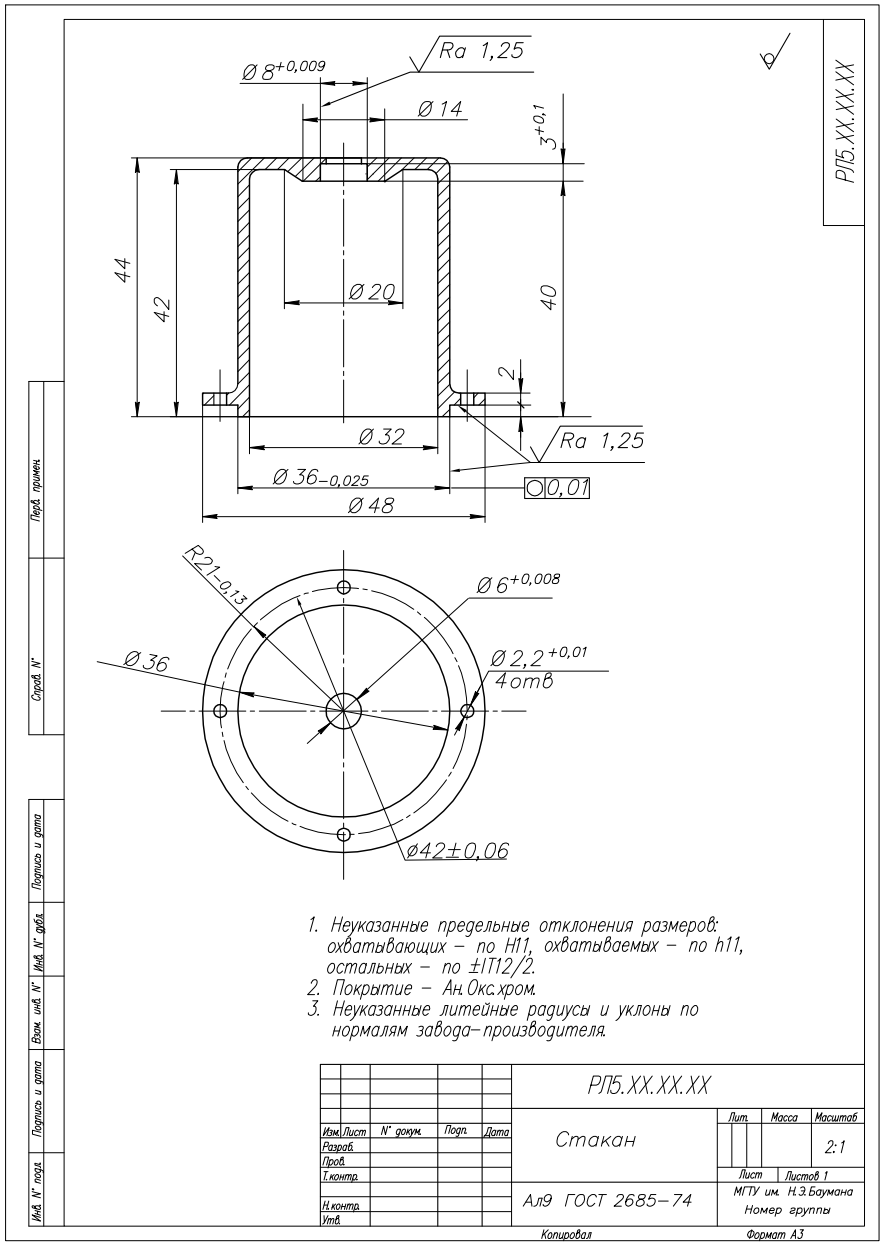


Рис. П1.15

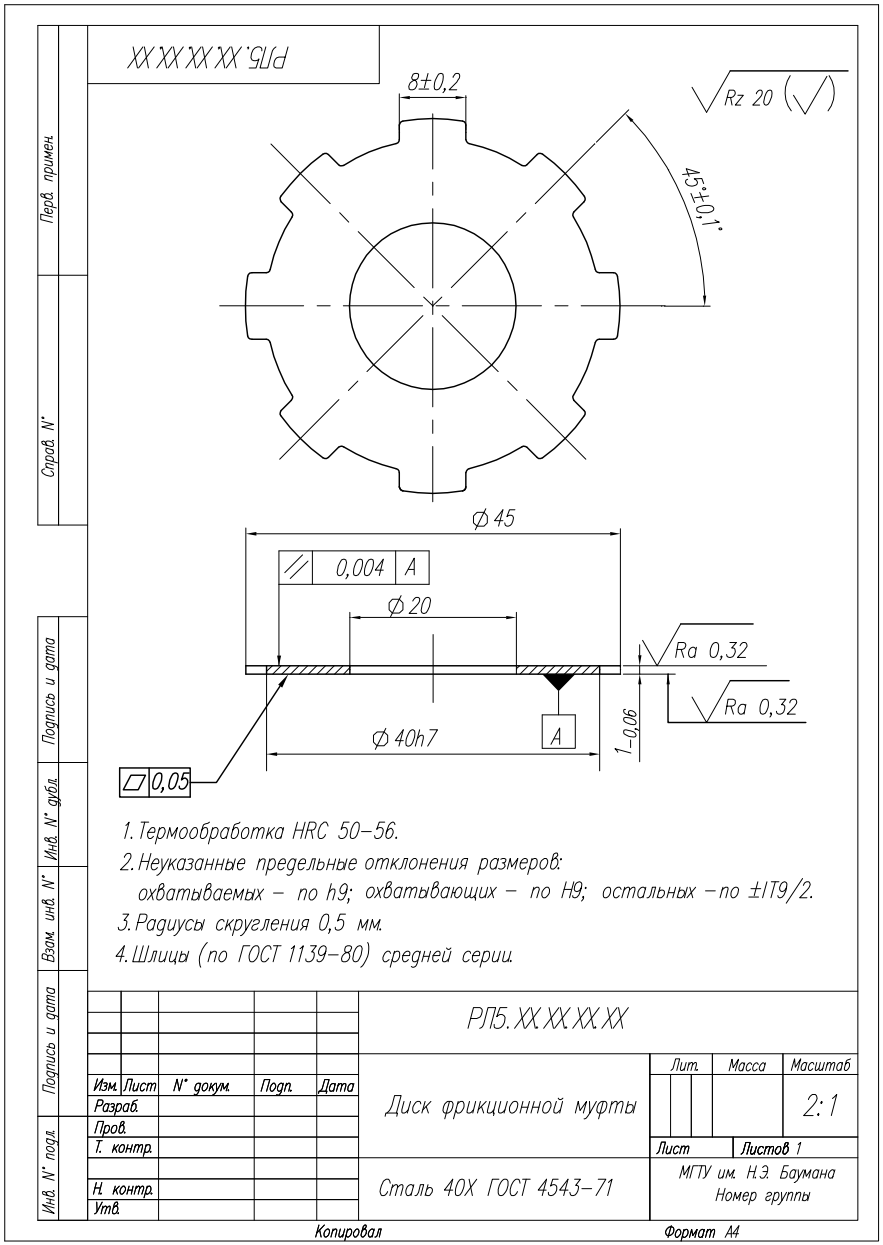


Рис. П1.16

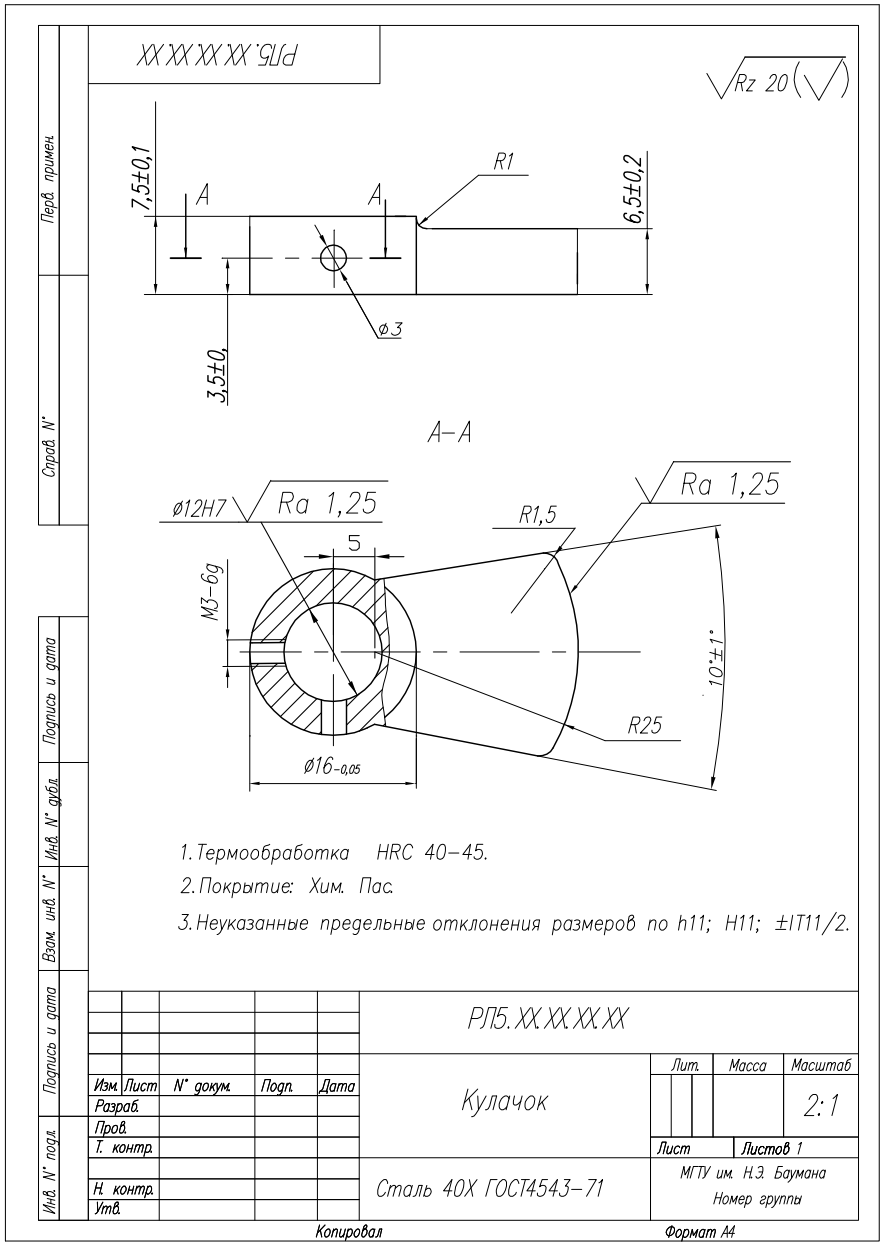


Рис. П1.17

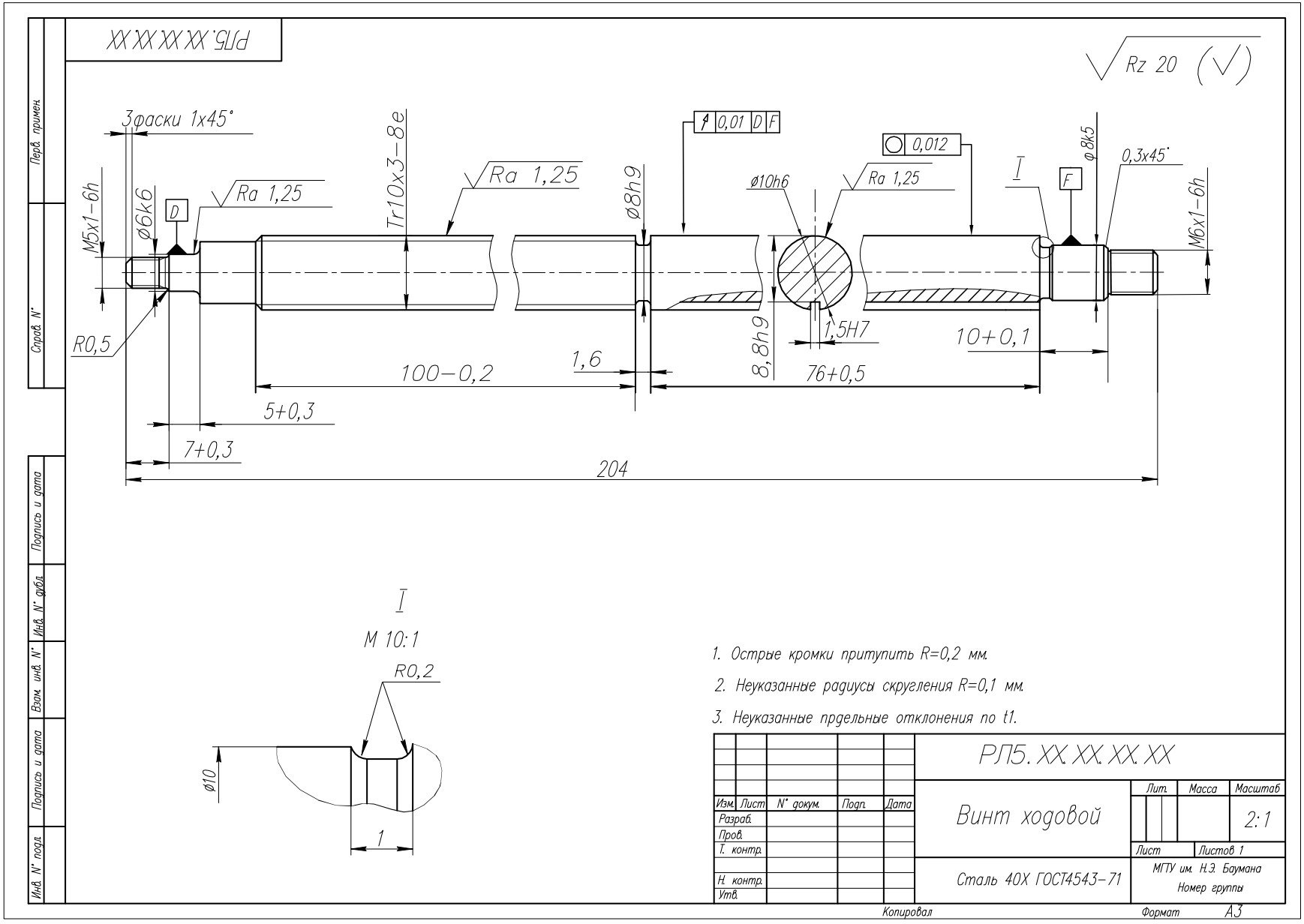

РЛ5.ХХ.ХХ.ХХ.ХХ
Rz 20
3фаски 1х45°
М5х1–6h
ø6k6
D
Ra 1,25
Tr10x3–8e
Ra 1,25
ø8h9
A 0,01 D F
0,012
ø10h6
Ra 1,25
I
F
ø8k5
0,3x45°
M6x1–6h
R0,5
100–0,2
1,6
8,8h9
1,5H7
10+0,1
76+0,5
5+0,3
7+0,3
204
I
M 10:1
R0,2
ø10
1
1. Острые кромки притупить R=0,2 мм.
2. Неуказанные радиусы скругления R=0,1 мм.
3. Неуказанные прдельные отклонения по t1.
РЛ5.ХХ.ХХ.ХХ.ХХ
Винт ходовой
Сталь 40Х ГОСТ4543–71
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Номер группы
Лит.
Масса
Масштаб
2:1
Лист
Листов 1
Изм. Лист N° докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т. контр.
Н. контр.
Утв.
Копировал
Формат А3
Перв. примен.
Справ. N°
Подпись и дата
Инв. N° дубл.
Взам. инв. N°
Подпись и дата
Инв. N° подл.

Рис. П1.18

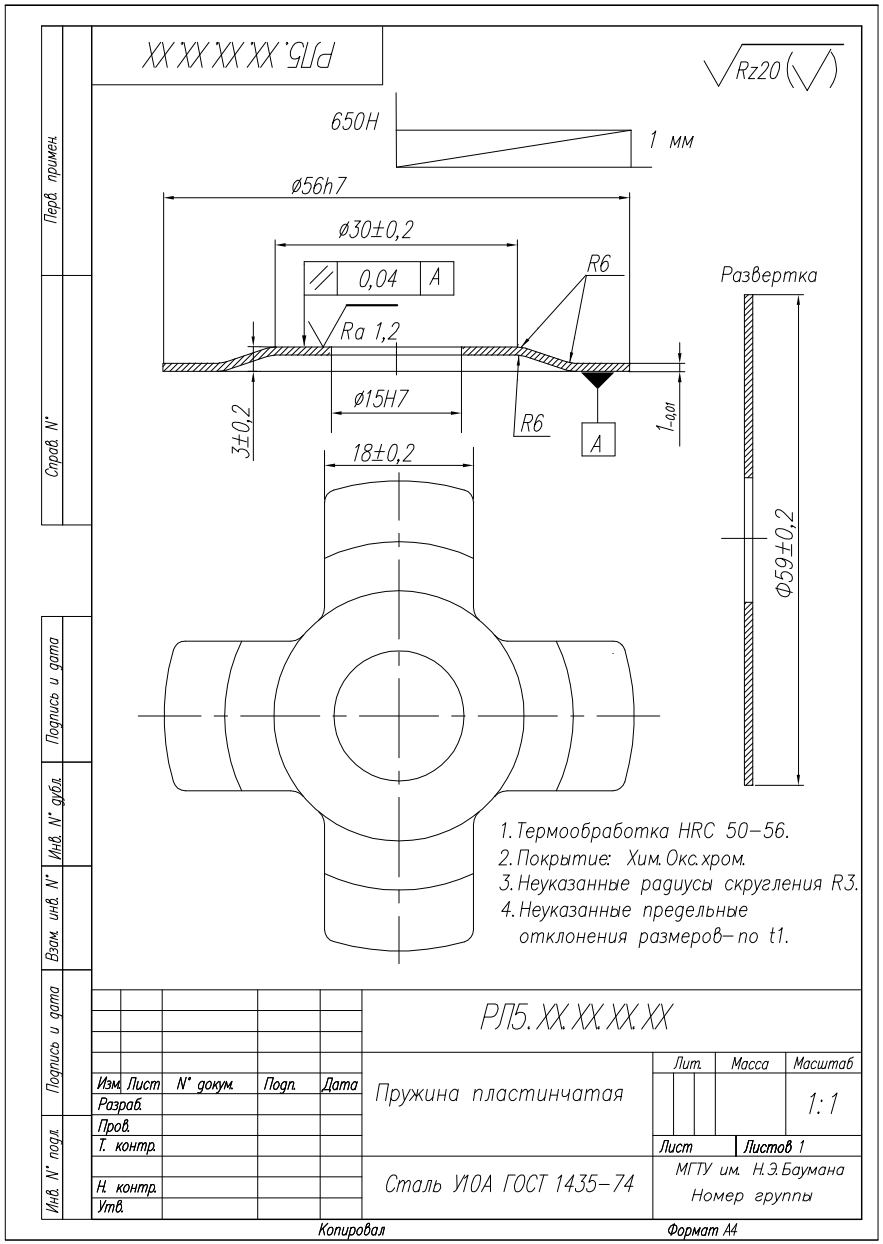


Рис. П1.19

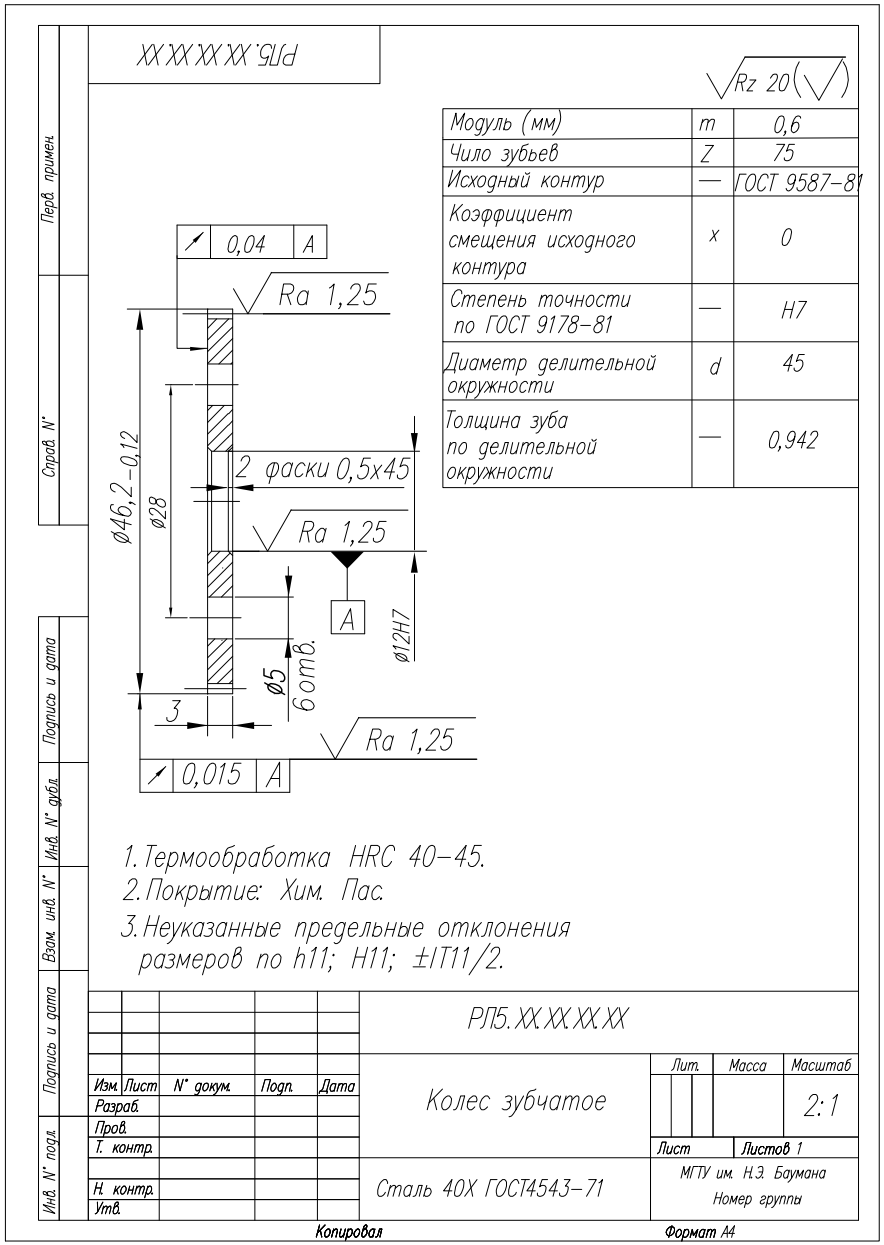


Рис. П1.20

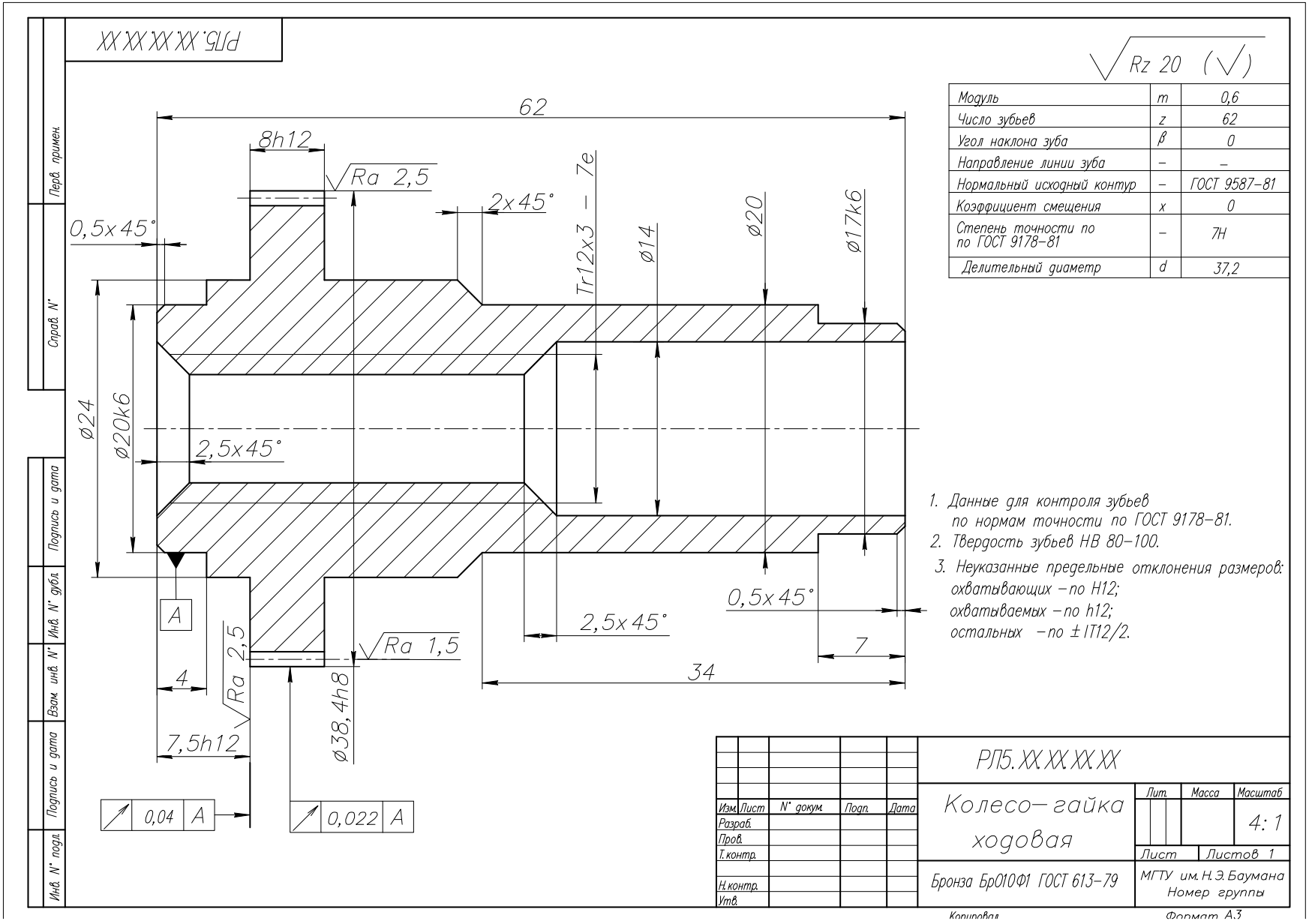

РП5.ХХ.ХХ.ХХ.ХХ
Rz 20 (√)
Модуль m 0,6
Число зубьев z 62
Угол наклона зуба β 0
Направление линии зуба – –
Нормальный исходный контур – ГОСТ 9587–81
Коэффициент смещения x 0
Степень точности по по ГОСТ 9178–81 – 7Н
Делительный диаметр d 37,2
62
8h12
Ra 2,5
2x45°
0,5x45°
Tr12x3 – 7e
ø14
ø20
ø17k6
ø24
ø20k6
2,5x45°
A
Ra 2,5
Ra 1,5
4
7,5h12
ø38,4h8
2,5x45°
0,5x45°
7
34
0,04 A
0,022 A
1. Данные для контроля зубьев по нормам точности по ГОСТ 9178–81.
2. Твердость зубьев НВ 80–100.
3. Неуказанные предельные отклонения размеров:
охватывающих – по H12;
охватываемых – по h12;
остальных – по ±IT12/2.
Перв. примен.
Справ. N°
Подпись и дата
Инв. N° дубл.
Взам. инв. N°
Подпись и дата
Инв. N° подл.
Изм. Лист N° докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т. контр.
Н. контр.
Утв.
РП5.ХХ.ХХ.ХХ.ХХ
Колесо–гайка ходовая
Лит. Масса Масштаб
4:1
Лист Листов 1
Бронза БрО10Ф1 ГОСТ 613–79
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Номер группы
Копировал
Формат А3

Рис. П1.21

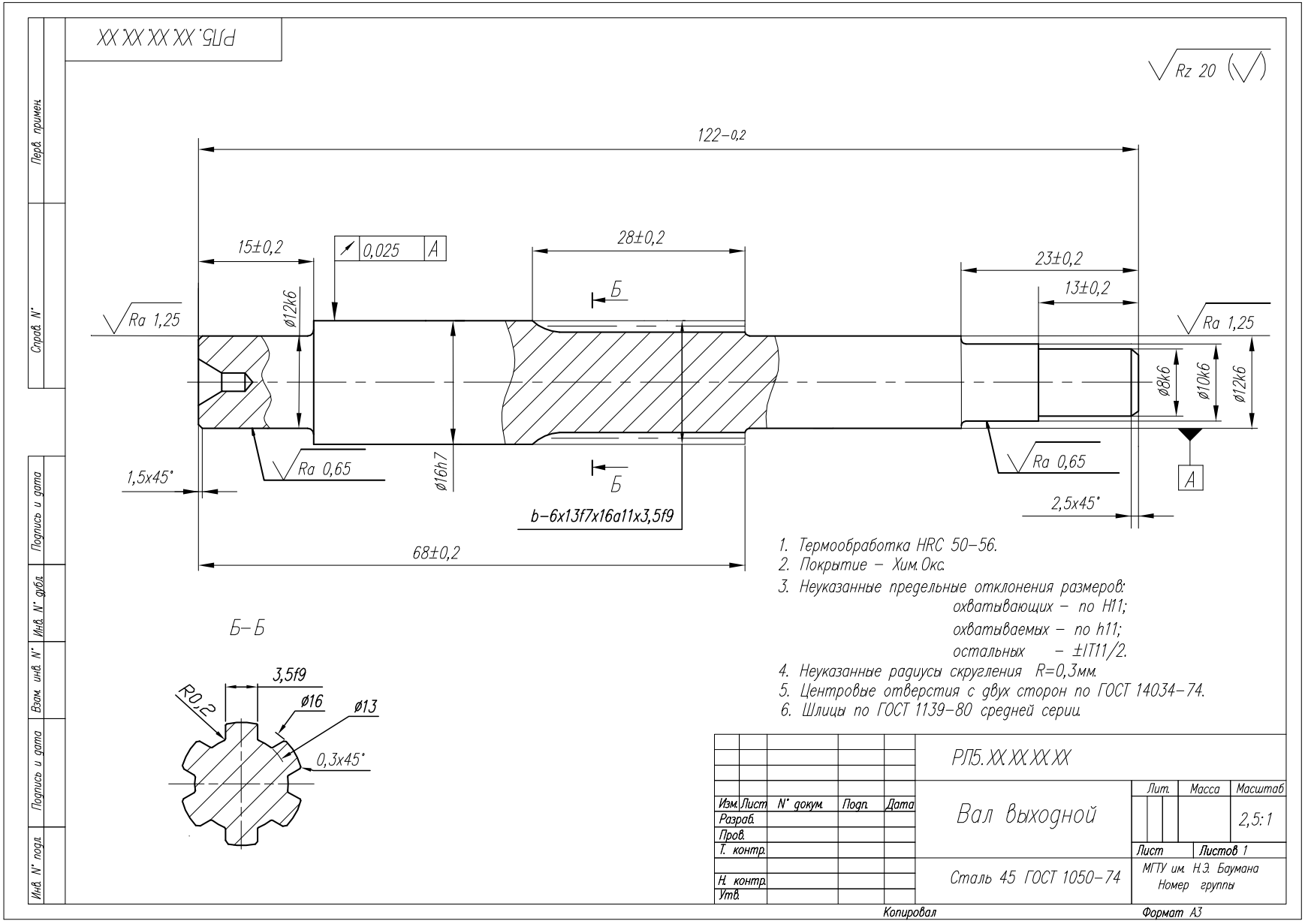

РЛ5.ХХ.ХХ.ХХ.ХХ
Rz 20
122−0,2
15±0,2
0,025 А
28±0,2
23±0,2
13±0,2
Б
Ra 1,25
ø12k6
ø8k6
ø10k6
ø12k6
Ra 0,65
ø16h7
1,5x45°
2,5x45°
А
b−6x13f7x16a11x3,5f9
68±0,2
1. Термообработка HRC 50−56.
2. Покрытие − Хим.Окс.
3. Неуказанные предельные отклонения размеров:
охватывающих − по H11;
охватываемых − по h11;
остальных − ±IT11/2.
4. Неуказанные радиусы скругления R=0,3мм.
5. Центровые отверстия с двух сторон по ГОСТ 14034−74.
6. Шлицы по ГОСТ 1139−80 средней серии.
Б−Б
3,5f9
R0,2
ø16
ø13
0,3x45°
РЛ5.ХХ.ХХ.ХХ.ХХ
Вал выходной
Лит.
Масса
Масштаб
2,5:1
Лист
Листов 1
Сталь 45 ГОСТ 1050−74
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Номер группы
Изм. Лист N докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т. контр.
Н. контр.
Утв.
Копировал
Формат А3
Перв. примен.
Справ. N
Подпись и дата
Инв. N дубл.
Взам. инв. N
Подпись и дата
Инв. N подл.

Рис. П1.22

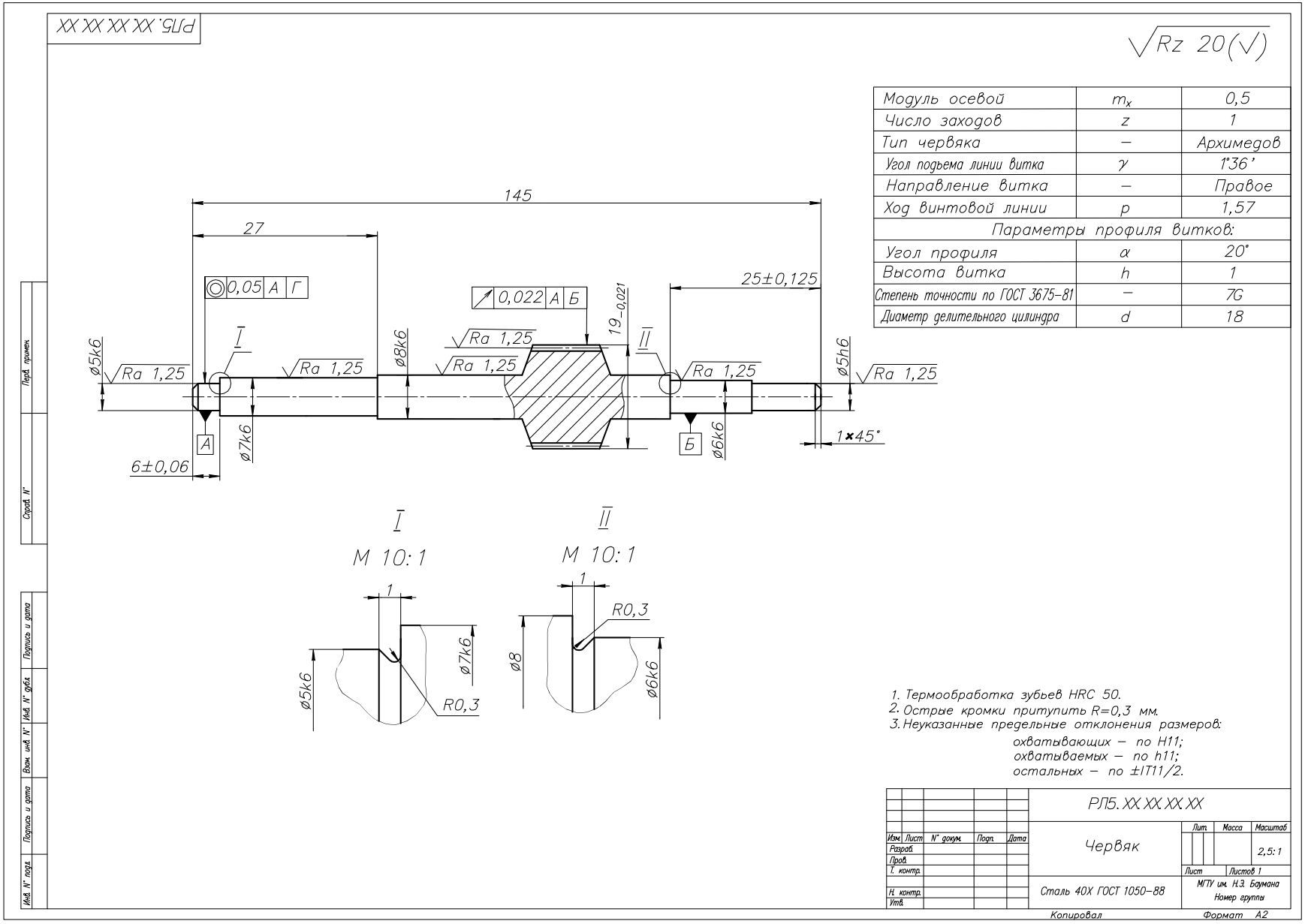

РПБ.ХХ.ХХ.ХХ.ХХ
√Rz 20(√)
Модуль осевой | m_x | 0,5
Число заходов | z | 1
Тип червяка | – | Архимедов
Угол подъема линии витка | γ | 1°36'
Направление витка | – | Правое
Ход винтовой линии | p | 1,57
Параметры профиля витков:
Угол профиля | α | 20°
Высота витка | h | 1
Степень точности по ГОСТ 3675-81 | – | 7G
Диаметр делительного цилиндра | d | 18
145
27
25±0,125
0,05 А Г
0,022 А Б
19-0,021
ø5k6
ø8k6
ø5h6
ø7k6
ø6k6
Ra 1,25
6±0,06
1×45°
I
II
M 10:1
R0,3
ø8
1. Термообработка зубьев HRC 50.
2. Острые кромки притупить R=0,3 мм.
3. Неуказанные предельные отклонения размеров:
охватывающих – по H11;
охватываемых – по h11;
остальных – по ±IT11/2.
РПБ.ХХ.ХХ.ХХ.ХХ
Червяк
Сталь 40Х ГОСТ 1050-88
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Номер группы
Лит. Масса Масштаб
2,5:1
Лист Листов 1
Копировал Формат А2

Рис. П1.23

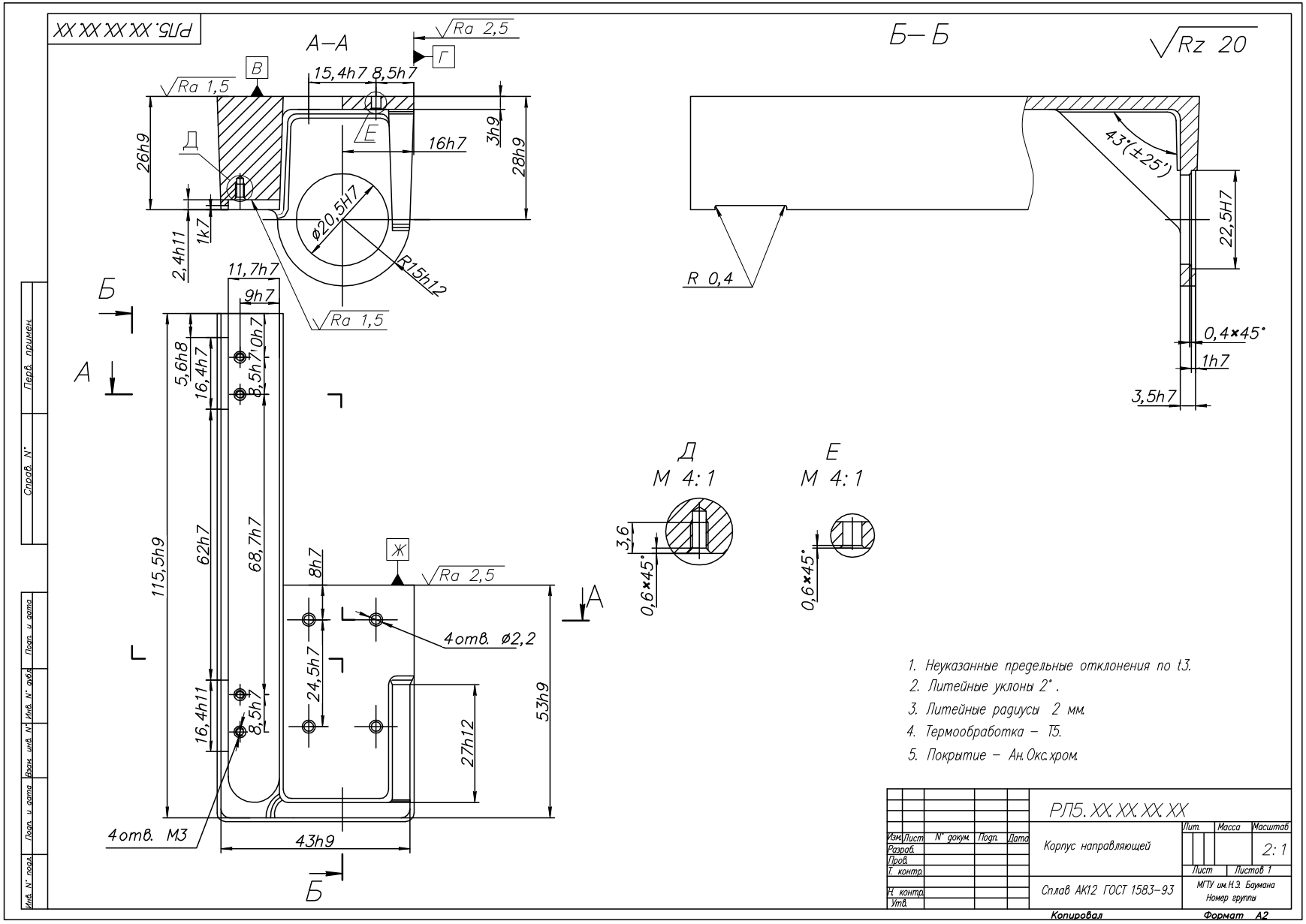

РЛ5. ХХ.ХХ.ХХ.ХХ
А–А
Б–Б
Д
М 4:1
Е
М 4:1
Rz 20
Ra 1,5
Ra 2,5
15,4h7
8,5h7
16h7
3h9
28h9
26h9
2,4h11
1k7
ø20,5H7
R15h12
11,7h7
9h7
5,6h8
16,4h7
10h7
8,5h7
115,5h9
62h7
68,7h7
8h7
24,5h7
27h12
53h9
16,4h11
4отв. ø2,2
4отв. М3
43h9
R 0,4
43°(±25')
22,5H7
0,4×45°
1h7
3,5h7
3,6
0,6×45°
1. Неуказанные предельные отклонения по t3.
2. Литейные уклоны 2°.
3. Литейные радиусы 2 мм.
4. Термообработка – Т5.
5. Покрытие – Ан.Окс.хром.
РЛ5. ХХ.ХХ.ХХ.ХХ
Корпус направляющей
Сплав АК12 ГОСТ 1583–93
МГТУ им.Н.Э. Баумана
Номер группы
Масштаб 2:1
Лист
Листов 1
Копировал
Формат А2

Рис. П1.24

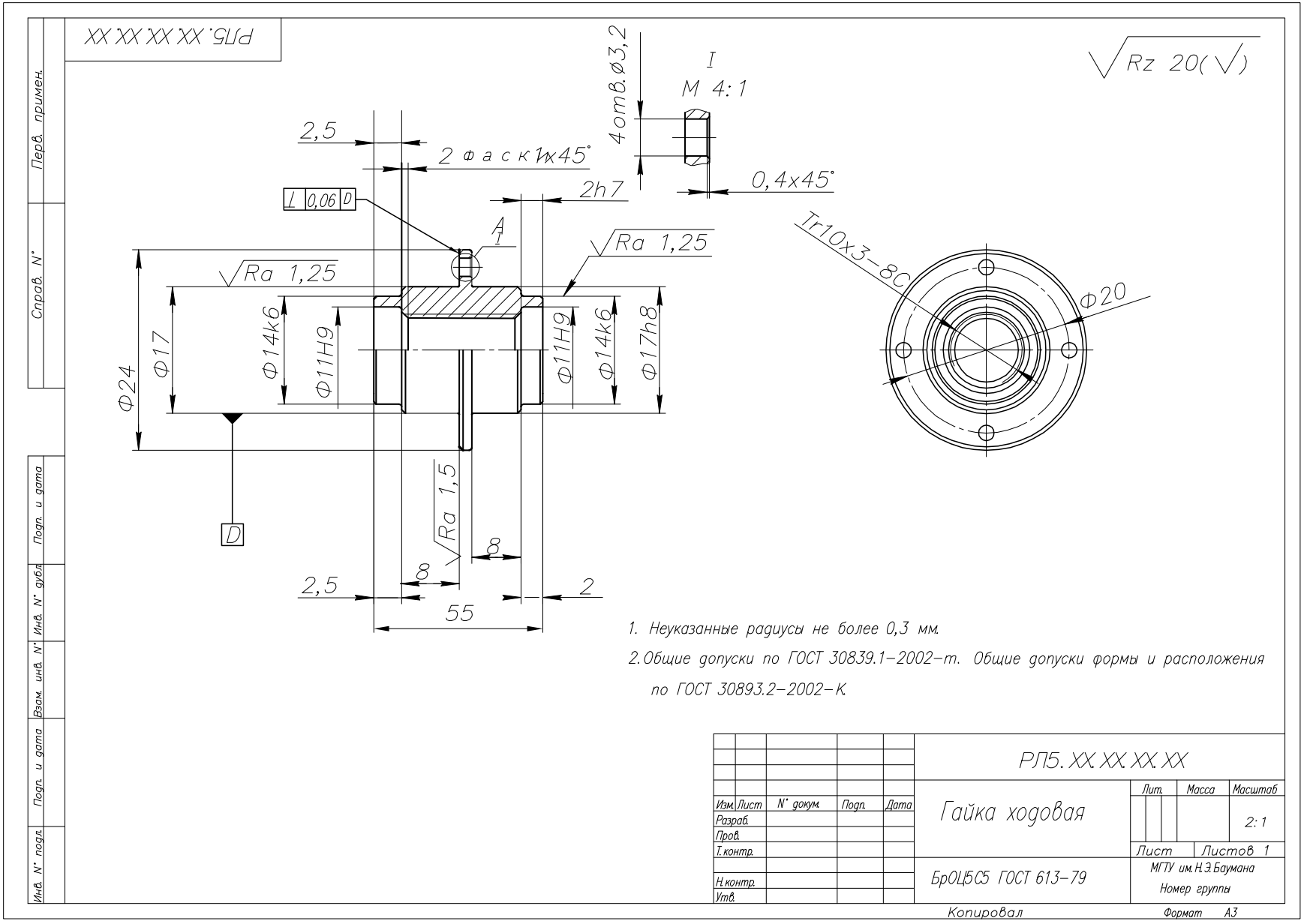

РЛ5.ХХ.ХХ.ХХ.ХХ
Перв. примен.
Справ. N°
Подп. и дата
Инв. N° дубл.
Взам. инв. N°
Подп. и дата
Инв. N° подл.
Rz 20(√)
I
M 4:1
4отв.ø3,2
2,5
2 фаск 1х45°
2h7
0,4х45°
0,06 D
A
Ra 1,25
Ra 1,25
Tr10x3-8C
Ф20
Ф24
Ф17
Ф14k6
Ф11H9
Ф11H9
Ф14k6
Ф17h8
D
Ra 1,5
8
8
2,5
2
55
1. Неуказанные радиусы не более 0,3 мм.
2. Общие допуски по ГОСТ 30839.1–2002–т. Общие допуски формы и расположения по ГОСТ 30893.2–2002–К.
РЛ5.ХХ.ХХ.ХХ.ХХ
Изм. Лист N° докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т. контр.
Н. контр.
Утв.
Гайка ходовая
Лит. Масса Масштаб
2:1
Лист Листов 1
БрОЦ5С5 ГОСТ 613–79
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Номер группы
Копировал
Формат А3

Рис. П1.25

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНСТРУКЦИЙ ПРИБОРОВ

Климатические требования

Установлены следующие климатические исполнения (классы исполнения) изделий по условиям их эксплуатации в макроклиматических районах — ГОСТ 15150–69 (табл. П2.1).

Таблица П2.1

Климатическое исполнение приборов

Климатическое исполнение	Русское обозначение	Латинское обозначение	Цифровое обозначение
Изделия, предназначенные для эксплуатации на суше, реках, озерах:			
Умеренный климат	У	N	0
Умеренный и холодный	УХЛ	NF	1
Влажный и тропический	ТВ	NH	2
Сухой тропический	ТС	ТА	3
Сухой и влажный тропический	Т	Т	4
Для всех климатических районов	О	U	–
Для морского климата:			
Умеренно-холодный морской	М	М	6
Тропический морской	ТМ	МТ	7
Умеренно-холодный и тропический морской	ОМ	MU	8
Всеклиматическое исполнение (плавание на судне)	В	W	9

В зависимости от места размещения ПУ при эксплуатации в воздушной среде (на высоте до 4300 м над уровнем моря, а также в подземных и подводных помещениях) установлены категории размещения (табл. П2.2).

Стандарт устанавливает нормы температуры, влажности и других эксплуатационных параметров для данного вида условий эксплуатации.

Таблица П2.2

Категории мест размещения ПУ

Основные категории		Дополнительные категории	
Условия эксплуатации	Обозначение	Условия эксплуатации	Обозначение
На открытом воздухе	1	Постоянно в помещениях категории 4 и кратковременно в условиях всех остальных категорий	1.1
Под навесом или в помещении, где условия эксплуатации несущественно отличаются от установленных для категории 1	2	Внутри изделий, эксплуатируемых в условиях категорий 1 и 2, в качестве встроенных элементов	2.1
В закрытых помещениях без искусственного регулирования температуры при отсутствии прямого солнечного излучения	3	В нерегулярно отапливаемых помещениях	3.1
В помещениях (объемах) с искусственно регулируемыми условиями	4	В помещениях с кондиционированием воздуха. В лабораторных помещениях	4.1 4.2
В помещениях с повышенной влажностью (в шахтах, подвалах, цехах и т. п.)	5	Встроенные элементы ПУ в условиях категории 5, когда конструкция предохраняет элемент от конденсации влаги на поверхности	5.1

Например, для изделий исполнения УХЛ4 рабочий диапазон температуры +1...+35 °С, средняя рабочая температура — 20 °С, предель-

ные значения температуры — +1…+50 °С, предельная относительная влажность — 80 %. Требования к исполнениям У4, У4.1, У4.2 полностью перекрываются требованиями к исполнениям УХЛ4, УХЛ4.1, УХЛ4.2.

Пример обозначения:

Двигатель ЧААМ63В2У3, 50 Гц, 220 В, 1М1081 ТУ 16–510, 814-83 — электродвигатель марки ЧААМ63В2 кинематического исполнения У3 (для эксплуатации в условиях умеренного климата в закрытых помещениях без искусственного регулирования температуры при отсутствии прямого солнечного излучения, действия осадков, ветра).

Для категории размещения ПУ стандартом установлены следующие типы атмосферы с предельным содержанием коррозионно-активных веществ (табл. П2.3).

Таблица П2.3

Типы атмосферы согласно содержанию в ней коррозионно-активных веществ

Обозначение типа	Наименование	Содержание веществ
I	Условно чистая	Сернистого газа — не более 20 мг/м^2 за сутки (0,025 мг/м^3), хлоридов — не более 0,3 мг/м^2 за сутки
II	Промышленная	Сернистого газа — 20...250 мг/м^2 за сутки (0,025...0,31 мг/м^3), хлоридов — не более 0,3 мг/м^2 за сутки
III	Морская	Сернистого газа — не более 20 мг/м^2 за сутки (0,025 мг/м^3), хлоридов — 30...300 мг/м^2 за сутки
IV	Приморско-промышленная	Сернистого газа — 20...250 мг/м^2 за сутки (0,025...0,31 мг/м^3)

Для категорий размещения 2, 3, 4 содержание коррозионно-активных веществ в атмосфере составляет 30...40 % установленных для категории 1.

Для климатических исполнений У, УХЛ (ХЛ), ТС, ТВ, Т, как правило, назначают условия эксплуатации в атмосфере типов I и II, кроме специально оговоренных случаев.

Допустимые и недопустимые контакты материалов установлены ГОСТ 9.005–72. При контакте двух различных материалов в условиях влажности разрушению подвергается в первую очередь анодный материал. Стационарные электрические потенциалы некоторых металлов и сплавов в морской воде приведены в табл. П2.4.

Таблица П2.4

Стационарные электрические потенциалы некоторых металлов и сплавов в морской воде

Материал	Потенциал	Материал	Потенциал
Магний	–1,45	Алюминий	–0,53
Магниевые сплавы	–1,20	Дюралюминий	–0,50
Цинк	–0,80	Серый чугун	–0,36
Сплав АМц	–0,70	Сталь 12Х13 (пассивное состояние)	–0,32
Сплав АМг5	–0,55	Медно-никелевые сплавы	–0,02
Олово	–0,25	Бронза АЖН9-4-4	+0,02
Латунь (до 30 % цинка)	–0,11	Сталь 12Х13 (активное стояние)	+0,03
Бронза (5...10 % алюминия)	–0,10	Серебро	+0,12
Томпак (до 10 % цинка)	–0,08	Титан	+0,10
Медь	–0,08	Сталь 12Х18Н9	+0,25

Классификация и использование степеней защиты

Степень защиты определяет требования к защите прибора от касания, а также попаданий в него посторонних предметов и воды. Приборам, которые должны работать во взрывоопасных помещениях и устройствах, а также в загазованных подземных выработках, необходимо присваивать соответствующие классы взрывобезопасности и безопасности по газу.

В зависимости от вида и места эксплуатации приборов защиту классифицируют по пяти классам применения (табл. П2.5). Степень защиты указывают с помощью условного обозначения, которое относится к защите токоведущих или подвижных деталей.

Защита от касаний и внедрения посторонних предметов

Защиту от касаний и внедрения посторонних предметов обеспечивают экранированием подвергающихся опасности деталей или приборов защитными решетками, колпачками или корпусами соответствующей формы. Размеры ячейки, защитной решетки или размеры перфорации корпуса обусловлены требуемой степенью защиты.

Защита от касаний прибора определяет мероприятия по предотвращению опасности для обслуживающего персонала (при касании токоведущих или подвижных деталей, химикалий и т. д.); защита от внедрения посторонних предметов — мероприятия, целью которых является предотвращение помех работе прибора извне, т. е. предотвращение недопустимых механических воздействий. Расшифровка цифровых обозначений этих видов защиты приведена в табл. П2.6.

Защита от воды

Для защиты детали или прибора от воды необходимы дополнительные конструктивные мероприятия: герметизация для предотвращения проникновения воды через стыки частей корпуса и герметичность присоединяемых к корпусу других изделий.

Эта защита предусматривает меры по предотвращению внедрения воды в изделие. Для этого устанавливают кожухи и уплотнения, обеспечивающие защиту всего прибора или его отдельных составных частей. Расшифровка цифр в обозначении степени защиты от воды приведена в табл. П2.7.

Таблица П2.5

Классы применения степеней защиты

Номер класса	Наименование класса	Условия эксплуатации	Степень защиты
1	Слабая защита	Сухие помещения без образования конденсата	IP 00*, IP 10, IP 20
2	Умеренная защита	Помещения, в которых может появиться конденсат. Работа на наземных транспортных средствах	IP 30, IP 40, IP 41, IP 22
3	Средняя защита	Временная работа на открытом воздухе	IP 22C, IP 34, IP 43, IP 44
4	Сильная защита	Постоянная работа на открытом воздухе	IP 54, IP 56, IP 65, IP 66
5	Полная защита	Временное или постоянное затопление	IP 67, IP 68

Примечания: 1. Буквы IP в начале обозначения степени защиты (сокращение от англ. *Internationa1 Protection* — защита от касания и внедрения посторонних предметов).

2. Степень защиты IP 00 допустима только для приборов, напряжение в которых не превышает 42 В переменного или 65 В постоянного тока; при заземлении — не более 65 В переменного или 100 В постоянного тока или до 600 В, если защита препятствует обслуживанию; в помещениях, где работают приборы с напряжениями до 1 кВ.

Таблица П2.6

Обозначение защиты от касания и внедрения посторонних предметов

Первая цифра обозначения	Вид защиты от касаний	Вид защиты от внедрения посторонних предметов
1	От случайного касания рукой по большой площади	От внедрения твердых посторонних предметов диаметром до 50 мм
2	От касания пальцами	То же, диаметром > 50 мм
3	От касания инструментами диаметром ≥ 5 мм	От отложений пыли внутри изделия
4	То же, диаметром ≥ 1 мм	От внедрения пыли
5	Полная защита от касаний	Все вышеперечисленные виды

Таблица П2.7

Обозначение защиты от воды

Вторая цифра обозначения	Вид защиты
0	Не предусмотрена
1	От вертикально падающих капель воды при горизонтальном рабочем положении изделия
2	От вертикально падающих капель воды даже при наклоне изделия на 2° ± 15° в двух взаимно перпендикулярных плоскостях из горизонтального рабочего положения
3	От воды, которая в виде дождя со всех сторон падает на изделие под углом до 60° к вертикали
4	От водяных брызг, падающих в любом направлении
5	От струй воды, падающих в любом направлении
6	От попадания струй воды, падающих с любого направления при неблагоприятных условиях эксплуатации
7	От воды при затоплении изделия при постоянном давлении
8	От воды при ограниченном по времени затоплении и заданном давлении
П р и м е ч а н и е. Если к защите от проникновения воды никакие требования не предъявляют, то вторая цифра в обозначении заменяется буквой Х.	

ГЕРМЕТИКИ И ПОКРЫТИЯ

Герметики

Герметики представляют собой композиции на основе полимерной связки с наполнителем и другими компонентами в виде паст, мастик, замазок, наносимых на резьбовые, болтовые (винтовые), заклепочные, сварные соединения для уплотнения. Герметики делятся на высыхающие, в состав которых вводится перед нанесением на деталь вулканизатор или катализатор, и невысыхающие, т. е. нетвердеющие сравнительно долгое время (табл. П3.1).

Примеры обозначения:

Герметик У-30М (ГОСТ 13489–79) — герметик двухкомпонентный на основе тиокола.

Герметик 51-Г-2 (ТУ 38.105 1075–82) — герметик двухкомпонентный на основе фторкаучука, маслобензостойкий.

Покрытия

Покрытия металлические и неметаллические неорганические

В зависимости от активности атмосферы для покрытий металлических и неметаллических неорганических ГОСТ 15150–69 устанавливает группы условий эксплуатации по видам климатических исполнений изделий (табл. П3.2).

Защитные покрытия представляют собой пленки (металлические, оксидные, лакокрасочные и т. п.).

Металлические покрытия бывают двух типов — анодные и катодные.

Для анодного покрытия используют металлы, обладающие более отрицательным электродным потенциалом, чем основной металл (например, цинк, хром).

Для катодного покрытия выбирают металлы, имеющие меньшее отрицательное значение электродного потенциала, чем основной металл (медь, олово, свинец, никель и др.). Металлические покрытия наносят горячим методом, гальваническим методом и металлизацией.

При горячем методе покрытия изделия погружают в ванну с расплавленным защитным металлом, температура которого ниже, чем температура плавления изделия (цинк, олово, свинец).

Гальванический метод защиты состоит в том, что на поверхности изделия путем электролитического осаждения из растворов солей создается тонкий слой защищаемого металла. Покрываемое изделие при этом служит катодом, а осаждаемый металл — анодом.

Таблица П3.1

Марки и характеристики наиболее употребляемых в приборостроении герметиков

Марка герметика	Состав	Область применения	Время затвердевания
У-30М, УТ-31 (ГОСТ 13489–79); УТ-34 (ГОСТ24285–80)	Двухкомпонентные (паста и вулканизатор) на основе тиокола; компоненты смешивают перед нанесением	Для герметизации стальных и алюминиевых деталей; рекомендуется применять клеевой подслой; прочность связи с металлом 1,72, 1,47 и 1,66 Н/мм^2	У-30М, УТ-31 — через 2...9 ч; УТ-34 — через 3...25 ч при работе в диапазоне температур +130…–60 °С
УП-5-162, УП-5-162-1, УП-5-162-2 (ТУ 6-05-241-387–83); УП-592-11 (ТУ 6-05-241-393–84)	На основе эпоксидных смол (двухкомпонентные), компоненты смешивают перед употреблением	Для герметизации приборных устройств, работающих в условиях резких колебаний температуры, влажности; для герметизации путем заливки	После термообработки при 80 °С — через 4 ч; прочность связи на отрыв 55 МПа
51-Г-2, 51-Г-2а (ТУ 38.105 1075–82); 51-Г-22 (ТУ 38.105 1522–82)	На основе фторкаучуков	Для герметизации соединений, работающих при наличии масел и топлив	—

Таблица П3.2

Группы условий эксплуатации металлических и неметаллических неорганических покрытий в зависимости от активности атмосферы

Группа	Категория	Климатическое исполнение
1	1, 2.1 3, 3.1 4 4.1	ТС УХЛ (ХЛ), ТС Кроме У и Т У, УХЛ (ХЛ)
2	1.1, 2, 3, 2.1 3, 3.1 4, 4.2	ТС ТВ, Т, О ТВ, Т ТВ, О, М, ТМ, ОМ
3	1 1, 1.1, 2,3;	ТС У, УХЛ (ХЛ)
4	1.1	ТВ, Т, ОМ, ТМ, ОМ

Металлизация — покрытие поверхности детали расплавленным металлом, распыленным сжатым воздухом. Преимуществом этого метода защиты металла является то, что покрывать расплавом можно уже собранные конструкции. Несовершенство метода заключается в том, что поверхность при металлизации получается шероховатой.

Металлические покрытия можно наносить также посредством диффузии металла покрытия в основной металл (алитирование, силицирование, хромирование), а также способом плакирования, т. е. наложения на основной металл тонкого слоя защитного металла (биметалл) и закрепления его методом горячей прокатки (например, железо — медный сплав, дюралюминий — чистый алюминий).

Фосфатирование состоит в получении на изделии поверхностной пленки из нерастворимых солей железа или марганца в результате погружения металла в горячие растворы кислых фосфатов железа или марганца.

Лакокрасочные покрытия обеспечивают механическую защиту металла пленкой из различных красок и лаков. Ванны, раковины, декоративные изделия для защиты от коррозии покрывают эмалью, т. е. наплавляют на металл при температуре 750...800 °С различные комбинации силикатов.

При временной защите металлических изделий от коррозии (транспортировании, складировании) используют для покрытия металла невысыхающие масла (технический вазелин, лак этиноль), а также ингибиторы, т. е. вещества, замедляющие протекание реакции (нитрит натрия с углекислым аммонием, с уротропином, ингибиторную бумагу и др.).

Виды защитных покрытий сталей и других металлов

Перечисленные в табл. П3.3–П3.10 покрытия являются защитными.

Стали с пределом прочности выше 1400 МПа цинкованию не подлежат; сопротивление истиранию покрытия слабое, для поверхностей трения неприменимо.

Таблица П3.3

Цинковое покрытие (анодное по отношению к черным металлам)

Марка	Область применения	Свойства
Ц6, Ц9 (группы 1–3)	Защита от химической коррозии	Улучшает свинчиваемость деталей
Ц6. фос. лкп., Ц12. фос. лкп. (группы 1–7)	Декоративная защита сталей	Фосфатирование повышает стойкость покрытия, но мало влияет на прочность
Ц3. хр. (группы 1–3)	Улучшение свинчиваемости алюминия и его сплавов	Хроматная пленка механически непрочна, нестойка при контакте с руками
Ц6. хр. хаки, Ц18. хр. (группы 1–7), Ц6. хр. ч. – Ц18. хр. ч. (группы 1–5)	Декоративная защита сталей	Хроматная пленка нестойка при контакте с руками без промасливания

Примеры обозначения:

Цинковое толщиной 6 мкм с бесцветным хроматированием — Ц6. хр. бцв.

Цинковое толщиной 15 мкм с хроматированием хаки — Ц15. хр. хаки.

Цинковое толщиной 9 мкм с радужным хроматированием и последующим нанесением лакокрасочного покрытия — Ц9. хр. лкп.

Цинковое толщиной 6 мкм, оксидированное до черного цвета — Ц6. окс. ч.

Таблица П3.4

Хромовое покрытие (катодное по отношению к сталям, алюминию и цинковым сплавам, защищающее их механически)

Марка	Область применения	Свойства
М9.Н6.Х60 М24. Н12.Х61	Защитно-декоративное по стали, цвет светло-серый и черный	Микротвердость 7400...10800 МПа (твердое)
Хтв18 (группа 1)	Защитно-декоративное по алюминию и сплавам	Микротвердость 2900...3400 МПа
Хтв9 (группы 1–8)	Защитно-декоративное по титану и сплавам	Пропитка повышает коррозионную стойкость покрытия

Смачиваемость хромового покрытия припоями плохая, пайка затруднена, деформирование материала исключено.

Примеры обозначения:

Хромовое толщиной 0,5…1,0 мкм, блестящее, с подслоем никельсила толщиной 9 мкм — Нсил9. Х. б.

Хромовое толщиной 0,5…1,0 мкм, с подслоем полублестящего никеля толщиной 12 мкм, получаемое на сатинированной поверхности — стн. Нпб12. Х.

Хромовое толщиной 0,5…1,0 мкм, блестящее с подслоем меди толщиной 24 мкм и двухслойного никеля толщиной 15 мкм — М24. Нд.15. Х. б.

Хромовое толщиной 0,5…1,0 мкм, блестящее, с подслоем меди толщиной 30 мкм и трехслойного никеля толщиной 15 мкм — М30. Нт15. Х. б.

Хромовое двухслойное толщиной 36 мкм: «молочное» толщиной 24 мкм, твердое толщиной 12 мкм — Хд36; Хмол24; Х12. Тв.

Таблица П3.5

Оловянное покрытие (катодное по отношению к стали в атмосферных условиях, анодное во многих органических средах)

Марка	Область применения	Свойства
Н6.О6, Н12.О9	Защитное покрытие под пайку по стали: под заформовку в любые пластмассы и резины	В контакте стали с медью обладают стойкостью к воздействию серосодержащих соединений
О-С6, О-С12, О-Ви6, О-Ви12	Защитное покрытие сплавами олово – свинец, олово – висмут	По сравнению с чисто оловянным покрытием имеют меньшую стойкость

Рабочая температура — до 200 °С; хорошая электропроводность — $11 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; свойства пленки зависят от состава электролита.

Примеры обозначения:

Покрытие оловянно-свинцовым сплавом с массовой долей олова 55…60 % толщиной 3 мкм, оплавленное — О-С (60) 3. опл.

Покрытие оловянно-свинцовым сплавом с массовой долей олова 35…40 % толщиной 6 мкм, с подслоем никеля толщиной 6 мкм — Н6.О-С(40) 6.

Оловянное толщиной 3 мкм, кристаллическое, с последующим нанесением лакокрасочного покрытия — О3. кр. лкп

Таблица П3.6

Медное покрытие (катодное по отношению к стали, алюминию, магниевым и цинковым сплавам)

Марка	Область применения	Свойства
М9.М-06, М9.М-021 (группы 1–6)	Подслой покрытий никелем, хромом, оловом по стали	Обладает хорошей связью с основным металлом, повышает поверхностную электропроводность

Пример обозначения:

Медное толщиной 6 мкм, блестящее, тонированное в синий цвет, с последующим нанесением лакокрасочного покрытия — Мб. б. тн. синий/лкп.

Таблица П3.7

Кадмиевое покрытие (анодное по отношению к стали)

Марка	Область применения	Свойства
Кд30...Кд40 (группы 6–8, для токопроводящих деталей), Кд18. хр. (группы 6–8)	Декоративная антикоррозионная защита сталей	Прочная связь со сталью, хорошие антифрикционные свойства
Н6. М3. Кд6, Н9. М3. Кд15, Хим. Н6. М3. Кд6 (группы 1–4)	Повышение паяемости алюминия и его сплавов	Прочная связь с алюминиевыми сплавами; повышает стойкость в морском климате
Н66, Н69, Н12 (группы 1–6)	Защита меди и сплавов	Невысокая прочность на истирание; предохраняет от окисления на воздухе

Пример обозначения:

Кадмиевое толщиной 3 мкм, с подслоем никеля толщиной 9 мкм, с последующей термообработкой, хроматированное — Н9. Кд3. т. хр.

Таблица П3.8

Никелевое покрытие (катодное по отношению к стали, алюминию и цинковым сплавам, защищает их механически)

Марка	Область применения	Свойства
Н3–Н6, Н9, Н12, Н15 (для коррозионно-стойкой стали, группы 1–6)	Повышение износостойкости по коррозионно-стойким сталям и титану	Стойкость при повышенной температуре (рабочая температура до 650 °С), хорошие декоративные свойства
Н9, Н12, Н18 (для углеродистой стали, группы 1–6)	Защитное по меди	Коррозионная стойкость выше в многослойных покрытиях
Н18, Н24 (группы 1, 2); Н9. М15. нч. (группы 1, 2)	Защитное по алюминию	Удовлетворительная износостойкость

Окончание табл. П3.8

Марка	Область применения	Свойства
Нб. 9, Нб1. 8 (группы 1–3), М6.Нб.6, М18. Нб. 12, М15. Нч (группы 1–6), М3. Нч (для коррозионно-стойкой стали, группы 1–6)	Защитно-декоративное по стали; барьерный слой под покрытия золотом и серебром	Повышенные твердость и износостойкость, пригодно для поверхностей сложной формы, микротвердость блестящего покрытия 4400...4900 МПа
Нб. 6, Нб. 9, Нб. 12, 0-Н12 (группы 1–6); М9. Нб. 9, М9. Нб. 15, М9. Нб.30 (группы 1–6)	По меди и сплавам; по цинковым сплавам	Деформируемость деталей с покрытием ограничена
Покрытия Н3–Н6 (группы 1–4), Х9тв (группы 1–8)	Для титана и сплавов	Деформируемость деталей с покрытием не допускается

Примеры обозначения:

Никелевое толщиной 12 мкм, блестящее, получаемое на вибронакатанной поверхности с последующим полированием — вбр. Н12. Б.

Никелевое толщиной 15 мкм, блестящее, получаемое из электролита блескообразователем — Н6. 15.

Таблица П3.9

Химическое никелевое покрытие

Марка	Область применения	Свойства
Хим. Н6 (группы 1–6); Хим. Нтв6, Хим. Нтв9, Хим. Нтв15 (группы 1–6);	По меди	Твердое покрытие (микротвердость до 11 000 МПа)
Хим. Н6, Хим. Н12 – Хим. Н18	По алюминию и сплавам	Хорошие защитные и декоративные свойства
Н9, Н18, Хим. Н6, Хим. Н15 (группы 1 – 6)	Для повышения электропроводности сталей, титанов и их сплавов под сварку и пайку	Электросопротивление $(6{,}8...7{,}3) \cdot 10^{-7}$ Ом·м

Пример обозначения:

Химическое никелевое толщиной 9 мкм, гидрофобизированное — Хим. Н9. Гфж.

Оксидирование — защита оксидными пленками. Для этого естественную оксидную пленку, всегда имеющуюся на металле, делают более прочной в результате обработки сильным окислителем, например концентрированной азотной кислотой, растворами марганцевой или хромовой кислот и их солей. Частным случаем оксидирования является воронение стали. В этом случае на поверхности также создается оксидная пленка, но более сложными приемами, связанными с многократной термической обработкой при температуре 300...400 °С в присутствии древесного угля.

Анодно-окисное покрытие — защитное покрытие пленкой окислов основного материала, полученной в электролите (табл. 3.10).

Таблица П3.10

Анодно-окисное покрытие

Марка	Область применения	Свойства
Ан. Окс. хром. гфж, Ан. Окс. хром (группы 1–4), Ан. Окс. тв (группы 1–8); Ан. Окс. эиз. прп, Ан. Окс. эиз. гфж (группы 1–4)	Защитно-декоративное по стали; защитные для электроизоляции по алюминию	Ан. Окс. тв. прм.— покрытие окисное, полученное способом анодного окисления
Хим. Окс. прм (группы 1–4) (воронение)	Химическое окисное покрытие пленкой окислов, полученной в растворах щелочей, кислот, солей	Защитные свойства покрытия невысокие, при промасливании улучшаются
Хим. Окс (группа 1), Хим. Окс. гфж (группы 1–4)	По меди и сплавам	Защитное

Примеры обозначения:

Анодно-окисное твердое, наполненное в растворе хроматов — Ан. Окс. тв. Нхр.

Анодно-окисное электроизоляционное с последующим нанесением лакокрасочного покрытия — Ан. Окс. эиз/лкп.

Анодно-окисное твердое, пропитанное маслом — Ан. Окс. тв. прм;

Анодно-окисное, получаемое на штрихованной поверхности — Ан. Окс. штр.

Анодно-окисное, окрашенное электрохимическим способом в темно-серый цвет — Ан. Окс. Эл. темно-серый.

Анодно-окисное, получаемое на химически полированной поверхности, окрашенное химическим способом в красный цвет — Ан. Окс. хп. красный.

Анодно-окисное, получаемое в электролите, содержащем хромовый ангидрид — Ан. Окс. хром.

Анодно-окисное, получаемое в электролите, содержащем щавелевую кислоту и соли титана, твердое — Ан. Окс. эмт. тв.

Анодно-окисное, получаемое на матированной поверхности в электролите, содержащем борную кислоту, хромовый ангидрид Ан. Окс. эмт.

Покрытия благородными металлами обычно являются катодными по отношению к покрываемым материалам и, будучи коррозионностойкими, защищают их механически. Используются также электрические и декоративные свойства покрытий.

Примеры обозначения:

Золотое толщиной 1 мкм, получаемое на поверхности детали после алмазной обработки — алм. Зл1.

Серебряное толщиной 9 мкм, с подслоем химического никелевого покрытия толщиной 3 мкм — Хим. Н3. Ср9.

Покрытие золотоникелевым сплавом толщиной 3 мкм, с подслоем никеля толщиной 3 мкм — Н3.Зл3 (98,5-99,5) 3.

Покрытия лакокрасочные

Классификация покрытий установлена ГОСТ 9.032–74 (табл. П3.11).

Требования к фактуре покрытий поверхности:

– гладкие глянцевые — Г;
– полуглянцевые — ПГ;
– полуматовые — ПМ;
– матовые М;
– рисунчатые («молотковые»);
– рельефные («шагрень»).

Для лакокрасочных покрытий по ГОСТ 9.104–79 установлены группы условий эксплуатации в соответствии с макроклиматическими районами по ГОСТ 15150–69 (табл. П3.12).

Таблица П3.11

Классы лакокрасочного покрытия

Классы	Область применения	Размер обработанных поверхностей
II, III, IV	Для основных поверхностей, определяющих внешний вид прибора и находящихся в зоне постоянного зрительного восприятия	Крупные (пульты, стойки, станины); средние (счетные машины, настольные приборы); мелкие (бытовые, оптические, медицинские приборы)
IV, V	Для поверхностей, попадающих в поле зрения оператора нерегулярно	Крупные (щиты); средние (записывающие приборы, потенциометры); мелкие (манометры, реле)
V, VI	То же	Средние (метеоприборы), мелкие (дифманометры, регуляторы температуры и т. п.)
VII	Для поверхностей автоматических приборов, в обслуживании которых человек не принимает участия	Крупные (вагонные весы, радарные устройства и т. п.)

Стандарт устанавливает требования к окрашиваемым поверхностям по шероховатости: от *Ra* 4 (класс I, глубокоматовые) до *Rz* 320 (класс V) и допускам плоскостности: от 1,5 мм (класс III) до 4 мм (класс V). Погрешности поверхности для классов VI и VII не нормируются.

Возможна подготовка поверхности путем фосфатирования, пассивирования, химического и анодного оксидирования, травления или механической очистки.

Общие требования к выбору лакокрасочных покрытий по декоративным свойствам содержит ГОСТ 23852–79. Число основных цветов в схеме цветового решения — не более 3. Сочетание цветов эквивалентное, например светлый серо-зеленый 352 + серо-зеленый 365, или родственно-контрастное, например слоновая кость 229 + + серо-зеленый 365. После указания цвета дан номер цветового эталона (табл. П3.13).

Таблица П3.12

Группы условий эксплуатации лакокрасочных покрытий

Группа	Категория района эксплуатации	Климатическое исполнение
1	Умеренный	У2
2		У1
3		УХЛ4
4		В5
1	Холодный	ХЛ1
2		ХЛ2
3		УХЛ4
4		В5
1	Тропический	Т1
2		Т2
3		Т3
4		В5
1	Морской	ОМ1
2		ОМ2
3		ОМ3
4		В5

Таблица П3.13

Марки и характеристики лакокрасочных покрытий

Марка	Свойства	Применение	Цвет
Эмаль ПФ-115 (ГОСТ 6465–76)	Нанесение эмали на поверхность — пневмораспылением или кистью, время сушки 12 ч (с нагревом до 105 °С — 1 ч)	Для покрытия предварительно загрунтованных металлических и деревянных поверхностей, глянцевые, класс — до III	Белый, бежевый, желтый, голубой 451, голубой 453, синий, фисташковый, зеленый, темно-зеленый, красно-оранжевый, красный, коричневый, серый, серо-голубой, темно-серый 894, темно-серый 896, черный
Эмаль ПФ-218 (ГОСТ 21227–75)	Горячей сушки (ГС) и холодной (ХС); повышенная пожаростойкость — длина затухания пламени +60 °С	То же	Белый, светло-зеленовато-желтый, бледно-желтый, коричнево-оранжевый, светло-голубой, светло-серый (ХС) и зеленовато-желтый и светло-серый (ГС)
Лак ГФ-95 (ГОСТ 8018–70)	Отличается высокой электрической прочностью — до 70 кВ/мм, удельное электрическое сопротивление 10^{12} Ом·м	Для электроизоляции (пропиточный)	Светло-бежевый, коричневый, светлый серо-зеленый, серо-зеленый, сине-зеленый, серый, серо-серебристый, темно-серый, кремовый
Эмаль ЭП-91 (ГОСТ 15943–80)	Электрическое сопротивление до 10^{13} Ом·м; рабочая температура до 180 °С	Для электроизоляционного покрытия деталей	Прозрачный
Эмаль ЭП-773 (ГОСТ 23143–83)	Стойкость эмали в 40 % растворе едкого натра 2...8 ч	Для защитных покрытий металлических поверхностей, подверженных действию щелочей, спирта, бензина и пр.	Зеленый и кремовый
Лак ЭП-730 (ГОСТ 20824–81)	—	То же	Прозрачный
Эмаль ЭФ-1118 (ГОСТ 5971–78)	Однокомпонентный состав на основе эпоксидных эфиров	Для окраски приборов, работающих в климатических условиях У2, Т2, УХЛ2, ХЛ2	Черный, защитный, светло-серый, серый, темно-серый
Эмаль АК-1102 (ТУ 6-10-1408-78)	Поверхность матовая, II класс	Для покрытия шкал приборов	Белый, голубой, кремовый, салатный, светло-зеленый, серый
Эмаль АК-194 (ТУ 6-10-901-75)	В тропическом исполнении	То же	Белый

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В качестве вспомогательных материалов для уменьшения износа пар трения применяют смазки (табл. П4.1).

Для изготовления прокладок, компенсирующих изменения геометрических параметров соединений, применяют прокладочный картон, для дополнительного крепления электрорадиоэлементов, обмоток трансформаторов, портов ввода-вывода используют капроновую нить (табл. П4.2).

Примеры обозначения:

Картон прокладочный А0,5 ГОСТ 9347–74, рулон 800 — картон прокладочный пропитанный (А), толщина 0,5 мм, в рулоне шириной 800 мм.

Нить капроновая, блестящая 6,7-А, сорт 1 ОСТ 6-06-С1–83 — нить капроновая для технических изделий, блестящая, линейная плотность 6,7 текс, без водной обработки (А), сорт 1.

В качестве вспомогательных материалов применяют также пеноматериалы. Пенополиуретан эластичный звукопоглощающий (ТУ 6-05-1976–84) и неогнеопасный (ТУ 6-05-1897–80) марок 40НО, 75НО, 165НО выпускается в виде листов и полотна толщиной 4...300 мм с кажущейся плотностью 20...40 кг/м^3. Размеры листов до 2000×4000 мм. Применяется в качестве материала для пылезащитных уплотнений, амортизационных прокладок и покрытий, наклеиваемых на детали.

Пример обозначения:

Пенополиуретан эластичный 40НО по ТУ 6-05-1897–80, лист 6×500×1000 мм — пенополиуретан эластичный неогнеопасный марки 40НО.

Таблица П4.1

Марки, свойства и применение смазочных материалов

Марка	Свойства	Применение
Смазка ОКБ-122-7 (ГОСТ 18179–72), коричневая мазь	Хорошая консервационная способность	Для периодического смазывания приборов и механизмов (период — 10 лет)
Смазка ЦИАТИМ-202 (ГОСТ 11110–75), мягкая желтая, светло-коричневая мазь	Хорошая коллоидная стабильность, водостойкость, защитная способность	То же
Смазка ВНИИ НП-274 (ГОСТ 19337–73), светлая мягкая мазь	Хорошие характеристики при низкой температуре (до –80 °С)	Для смазывания высокоскоростных шарикоподшипников, а также при высоком вакууме
Смазка ВНИИ НП-502 (ТУ 38.101771–79)	Удельное объемное сопротивление $1 \cdot 10^{12}$ Ом·см, электрическая прочность 5…6 кВ/мм	Для смазывания скользящих, слаботочных электрических контактов
Смазка ВНИИ НП-263 (ГОСТ 16862–71)	Рабочий интервал температур –50…+100 °С	Для смазывания резьбовых соединений
Смазка ВНИИ НП-290 (ТУ 38.101880)	Рабочий интервал температур –20…+100 °С	Для смазывания оправ объективов кино- и фотоаппаратуры
Смазка ВНИИ НП-299 (ТУ 38.101324)	То же	Для смазывания механизмов панарамирующих устройств кино- и фотоаппаратуры
Смазка литиевая пластическая ЦИАТИМ-201 (ГОСТ 6267–74)	Хорошая электропроводность	Для смазывания приборов при температуре –60…120 °С

Таблица П4.2

Марки, свойства и применение прокладочных материалов

Марка	Свойства	Применение
Картон прокладочный (ГОСТ 9347–74), марка А — пропитанный, марка Б — непропитанный	Толщина картона, мм: 0,3; 0,5; 0,8; 1,0; 1,5; для марки Б также 1,25; 1,75; выпускается в рулонах шириной 800 мм	Для уплотнительных прокладок фланцевых соединений и т. п.
Нить капроновая для технических изделий* (ОСТ 6-06-С1–83)	Линейная плотность нити, текс (в скобках — приблизительный диаметр, мм): 3,3 (0,07); 5 (0,09); 6,7 (0,1); 15,6 (0,15); 29 (0,26); 93,5 (0,37); 187 (0,52); удельная прочность блестящей нити 460...580 мН/текс при δ = 19...32 %, матированной— 382...412 мН/текс при δ = 34 %	Для закрепления межслойной изоляции, внешних выводов обмотки

———

* Изготовляется из волокна полиамида ПА6, блестящая и матированная — мт, термостабилизированная и нетермостабилизированная с водной обработкой — Б и без нее — А, высшего, 1-го и 2-го сортов.

МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ С ОСОБЫМИ СВОЙСТВАМИ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ПРИМЕНЕНИЮ

В тех случаях, когда обычные материалы не удовлетворяют условиям эксплуатации проектируемых ПУ (работа в агрессивных средах, в широком температурном диапазоне и др.), применяют материалы с особыми свойствами. Использование таких материалов также позволяет уменьшить массу конструкции, что зачастую является одним из главных требований при проектировании.

Металлические материалы

Алюминиевые сплавы, обрабатываемые резанием и давлением, предназначены для изготовления конструкций малой массы (табл. П5.1).

Таблица П5.1

Алюминиевые сплавы, обрабатываемые резанием и давлением (ГОСТ 4784–97)

Марка сплава	Типовые механические свойства, МПа						Область применения
	$\sigma_в$	$\sigma_{0,2}$	Σ_{-1}	$\tau_{ср}$	$E/G\ 10^4$	НВ	
АДН	150	100	55	—	7,1/2,7	320	Детали не несущих конструкций
АД31Т	240	210	90	—	7,1/2,7	800	Клеевые и клепаные конструкции
АМг6М	300	150	—	—	7,1/2,7	—	Средненагруженные сварные и гнутые детали
Д16П	430	230	140	250	7,1/2,7	1 310	Детали средней и повышенной прочности, обладающие слабой коррозионной стойкостью
АК8	480	380	125	—	7,2/2,7	1 350	Высоконагруженные штампованные и кованые детали
В96	670	630	—	—	7,2/2,7	1 900	То же
Д23	600	540	85	—	7,6/2,9	—	То же, при температуре 180 °С

Характеристики полуфабрикатов из деформируемых магниевых сплавов, обладающих уменьшенной массой, представлены в табл. П5.2.

Таблица П5.2

Полуфабрикаты из деформируемых магниевых сплавов (ГОСТ 14957–76)

Марка сплава	Вид полуфабриката	Типовые механические свойства, МПа						
		$\sigma_в$	$\sigma_{0,2}$	$\tau_{пц}$	$\tau_{0,2}$	$\tau_в$	$\tau_{ср}$	σ_{-1}
МА2	Прутки ГП	400	110	40	60	190	160	100
МА2-1	Плиты ГК	380	85	40	60	170	150	80
МА3	Полосы ГП	420	—	50	65	190	—	—
МА5	Прутки З	460	140	35	65	210	180	110
МА8	Полосы	—	—	—	60	190	150	80
МА9	Прутки	340	—	—	—	—	150	90
МА10	Полосы ИС	46	—	—	—	—	140	130
МА10	Прутки З и ИС	54	24	—	100	280	—	125
ВМ65-1	Прутки ИС	470	—	75	125	230	160	120
ВМ65-1	Полосы ИС	460	160	—	—	—	140	120

Обозначения: ГП — горячепрессованные, ГК — горячекатаные, З — закаленные, ИС — искусственно состаренные.

Свойства термических упрочненных титановых сплавов, применяемых для изготовления летательных аппаратов и специальных крепежных деталей, приведены в табл. П5.3.

Металлокерамические и порошковые материалы

Металлокерамические и порошковые материалы применяются в приборах для изготовления деталей со свойствами, недостижимыми при использовании металлов или сплавов. Металлокерамические

Таблица П5.3

Термически упроченные титановые сплавы

Марка материала	Диаметр прутка	Термическая обработка	$\sigma_в$, МПа	δ, %	Ψ, %	KCU, Дж/см^2	$\tau_{ср}$
ВТ1-00	≤25	Отжиг	300–450	25	55	120	250
ВТ1-0	≤25	То же	400–550	20	50	100	300
ВТ5-1	≤25	»	785–980	10	25	40	550
ОТ4-1	10–12	»	590–735	15	35	45	430
ОТ4	≤25	»	685–880	11	30	40	480
ВТ6	≤25	»	900–1 050	10	30	40	600
ВТ6	≤25	Закалка + старение	≥1 080	6	20	30	730
ВТ6ч	≤25	Отжиг	900–1 050	10	30	40	600
ВТ3-1	≤25	То же	980–1 220	10	30	30	610
ВТ9	≤25	»	1 030–1 225	9	30	30	630
ВТ8М	≤40	»	980–1 230	10	30	40	600
ВТ8М	≤40	Изотермический отжиг	990–1 020	18	50	50	600
ВТ8М	≤40	Закалка + старение	≥1 080	10	25	30	760
ВТ16	10–12	Отжиг	814–932	14	60	50	630
ВТ16	8–20	Закалка + старение	1 030–1 180	12	50	30	700
ВТ23	≤25	Отжиг	1000–1 150	10	30	35	700

материалы — композиции из оксидов, карбидов, нитридов и др. на металлической связке, получаемые методом спекания. В зависимости от основных компонентов, вида и количества связки можно получить широкий спектр свойств. Марки, механические свойства и области применения твердых сплавов представлены в табл. П5.4.

Пример обозначения:

Сплав ВК8 ГОСТ 3882–74 — сплав твердый спеченный на основе карбида вольфрама и связки — кобальта (8 %).

Для изготовления деталей, к которым предъявляют требования по уменьшению потерь на трение, применяются антифрикционные порошковые материалы (табл. П5.5).

Таблица П5.4

Сплавы твердые спеченные (ГОСТ 3882–74) — материалы на основе карбидов вольфрама, титана и тантала на кобальтовой связке (3...25%)

Марка	Свойства	Область применения
Вольфрамовые: ВК3, ВК4, ВК6, ВК8, ВК10, ВК15, ВК20, ВК25 (нормальной зернистости), ВК3-М, ВК6-М (мелкозернистые), ВК10-ОМ (особомелкозернистый), ВК8-В (повышенной вязкости); Титановольфрамовые: Т30К4, Т15К6, Т5К12; Титанотанталовольфрамовые: ТТ7/К12, ТТ8К6	Предел прочности на растяжение — от 980 МПа (Т30К4) до 2156 МПа (ВК25), твердость — 87...91 HRA. Предел прочности сплавов этих марок $\sigma_в$ = 1650...1750 МПа, твердость 87...87,5 HRA	Материал для изготовления деталей особой твердости и износостойкости (измерительных наконечников и т. п.).
Сплавы на основе карбида титана ТН20 и карбонитрида титана КНТ16 со связкой из никеля и молибдена (21...26 %)	Прочность на изгиб σ_F = 1050 и 1200 МПа (соответственно), твердость 89...90 HRA	Заменители вольфрамсодержащих твердых сплавов

Примеры обозначения:

Материал ПЛ-БрОГр2 ГОСТ 26719–85 — материал порошковый антифрикционный, бронзографитовый, содержание графита — около 2 %.

Материал спеченный ЖД5MoS_2 ТУ 14-1-1099–74 — материал спеченный на основе железного порошка в композиции с медью (5 %) и сульфидом молибдена (2 %).

Материал ФМКИ ОСТ 1.90115–74 — материал фрикционный металлокерамический (ФМК) марки 11 — композиция кварцевого песка, асбеста и графита на железомедной связке.

Для изготовления деталей с высоким коэффициентом трения применяют порошковые материалы на основе алюминиевых сплавов (табл. П5.6).

Таблица П5.5

Материалы антифрикционные порошковые на основе меди (ГОСТ 26719–85)

Марка	Свойства	Область применения
ПА-БрО, ПА-БрОХ, ПА-БрОХН — на основе оловянной бронзы, в том числе легированные хромом и никелем; ПА-БрОГр, ПА-БрОГр2, ПА-БрОГр4, ПА-БрОЖГр — бронзографитовые композиции; ПА-ДГрЮ — медно-графитовая композиция	Пористость материалов 10...25 %, $\sigma_в$=60…215 МПа, KCU = 8...13 КДж/м^2 (ПА-ДГрЮ —2...9 %, $\sigma_в$ = 50 МПа)	В узлах трения механизмов при скоростях скольжения 1...2 м/с (ПА-ДГр10— до 5 м/с), коэффициент трения 0,01...0,06 (сохраняется стабильным длительное время без внесения дополнительной смазки)
ФМК-8, ФМК-11, ФМК79, МКВ-50А, фрикционные металлокерамические (ОСТ 1.90115–74); являются композициями кварцевого песка, асбеста, графита, а также карбидов металлов (МКВ-50А) на связке железо — медь (ФМК-8 — в связке около 40 % никеля, хрома и вольфрама)	Отличаются повышенным и стабильным коэффициентом трения (по стали — до 0,3...0,4), малой интенсивностью изнашивания. Пористость материалов — 5...10%, прочность на растяжение — 30...60 МПа, на сжатие — 150...350 МПа, твердость — 80...100 НВ; пригодны для работы как в условиях сухого трения, так и в масляной среде	Для получения поверхностей трения во фрикционных деталях (фрикционные муфты, стопоры и т. п.) путем нанесения фрикционного слоя методом порошковой металлургии на металлическую основу (например, из стали 18Х2Н4МА по ГОСТ 4543–71)
ЖГр1, ЖГр2, ЖГр3, ЖГр3КОД, ЖГр0,8Д3К0,4, ЖГр1,5Д2,5, ЖГр1,5Д2,5К0,4) КТр2К0,2Zr0,05, ЖД5MoS_2, ЖД10 — спеченные на основе железного порошка (ТУ 14-1-1099–74)	Предел прочности материалов $\sigma_в$= 70... 170 МПа (ЖД4MoS_2 — 235 МПа), KCU 15...40 КДж/м^2, твердость 55...170 НВ; коэффициент трения в паре со сталью 0,03...0,1 (при постоянной подаче смазки — до 0,005), рабочие температуры до 100...200 ºС	Для деталей, работающих в узлах трения при скоростях скольжения до 2...3 м/с
П р и м е ч а н и е. Ж — железо, Гр — графит, К — кобальт, Д — медь, Zr — цирконий, MoS_2 — сульфид молибдена, числа означают среднее содержание компонента, %.		

Таблица П5.6

Порошковые материалы на основе алюминиевых сплавов

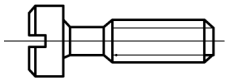
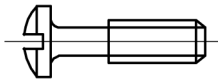
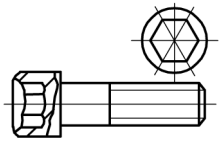
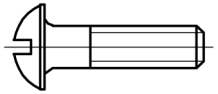
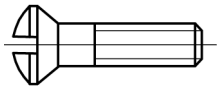
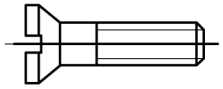
Марка материала	Содержание Al_2O_3	Механические свойства, МПа									Виды полуфабрикатов
		При температуре 20 ºС		δ_R, %	При температуре 350 ºС		δ_R, %	При температуре 500 ºС		δ_R, %	
		$\sigma_в$	$\sigma_т$		$\sigma_в$	$\sigma_т$		$\sigma_в$	$\sigma_т$		
САП-1	6,0…9,0	290	220	7	150	130	8	70	5,5	2,5	Прессованные полуфабрикаты и штамповки
САП-1	6,0…9,0	290	—	10	140	—	9	60	—	3	Горячекатаные плиты толщиной 10…100 мм
САП-1	6,0…9,0	350	—	4	120	—	11	40	—	4	Холоднокатаные листы и трубы
САП-2	9,1…13,0	350	280	4	170	140	3	100	70	2,5	Прессованные полуфабрикаты и штамповки
САП-3	31,1…17,0	410	320	3	190	150	1,5	120	90	1,5	То же

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ КРЕПЕЖНЫХ ДЕТАЛЕЙ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРИБОРНЫХ УСТРОЙСТВАХ

При сборке приборных устройств в качестве соединительных деталей часто применяют резьбовые детали: крепежные винты (табл. П6.1), винты для ручного стопорения и затяжки (табл. П6.2), установочные винты (табл. П6.3) и гайки (табл. П6.4).

Таблица П6.1

Крепежные винты

Вид головки	Конструкция	Стандарт	Предельные размеры резьбы	Вид шлица на головке	Особенности применения
Общего назначения					
С цилиндрической головкой, классы точности А и В		ГОСТ 1491–80	М1…М20	Прямой	При больших усилиях затяжки
С цилиндрической скругленной головкой, классы точности А и В		ГОСТ 11644–75	М2...М20	То же	То же, более эстетичный внешний вид
С цилиндрической головкой и шестигранным углублением (под ключ)		ГОСТ 11738–84	М2...М10	Шестигранный утопленный	Для обеспечения прочной затяжки
С полукруглой головкой, классы точности А и В		ГОСТ 17473–80	М3...М52	Прямой или крестообразный	При небольших усилиях затяжки
С полупотайной головкой, классы точности А и В		ГОСТ 17474–80	М1…М12	То же	На внешних частях изделий
С потайной головкой, классы точности А и В		ГОСТ 17475–80	М1...М20	»	На внешних частях изделии для получения ровной поверхности

Окончание табл. П6.1

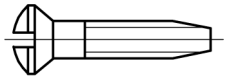
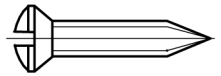
Вид головки	Конструкция	Стандарт	Предельные размеры резьбы	Вид шлица на головке	Особенности применения
Самонарезающие для металла и пластмассы, класс точности В					
С потайной головкой		ГОСТ 10619–80	М2,5...М8	Прямой или крестообразный	Для соединения деталей из материалов менее прочных, чем материал винта, без нарезки резьбы в соединяемых деталях
С полупотайной головкой		ГОСТ 10620–80	М25...М8	То же	То же на внешних частях изделии при небольших усилиях затяжки
С полупотайной головкой		ГОСТ 11651–80	М2,5...М8	»	То же, на внешних частях изделий
С потайной головкой		ГОСТ 11652–80	М2,5...М8	»	На внешних частях изделий для получения ровной поверхности

Таблица П6.2

Винты для ручного стопорения и затяжки классов точности А и В

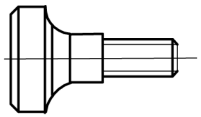
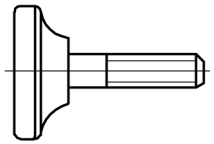
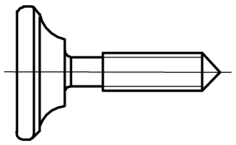
Вид головки	Конструкция	Стандарт	Предельные размеры резьбы	Область применения
С высокой головкой		ГОСТ 21331–75	М1...М12	Для стопорения деталей, при частом завинчивании вручную
С низкой головкой		ГОСТ 21332–75	М1...М12	То же
С низкой головкой и коническим концом		ГОСТ 21333–75	М1...М12	»

Таблица П6.3

Установочные винты классов точности А и В

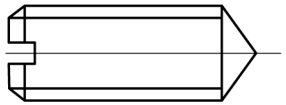
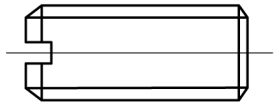
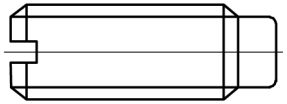
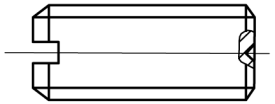
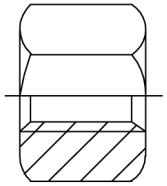
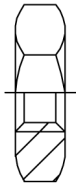
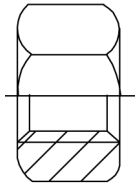
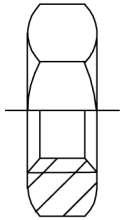
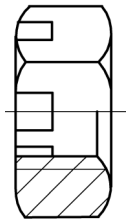
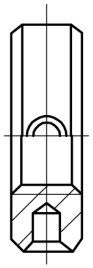
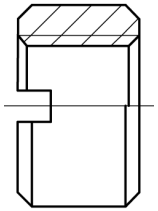
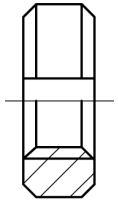
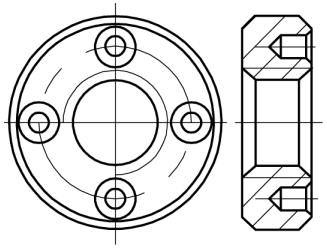
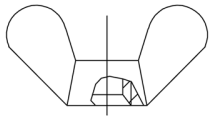
Вид конца винта	Конструкция	Стандарт	Предельные размеры резьбы	Область применения
С коническим концом		ГОСТ 1476–84	М1...М12	Для стопорения вращающихся деталей при небольших боковых усилиях
С плоским концом		ГОСТ 1477–84	М1...М12	То же
С цилиндрическим концом		ГОСТ 1478–84	М2...М12	То же, при значительных боковых нагрузках
С засверленным концом		ГОСТ 1479–84	М3...М12	Для стопорения вращающихся незакаленных деталей без засверловки

Таблица П6.4

Гайки

Класс точности и особенности конструкции	Конструкция	Стандарт	Предельные размеры резьбы	Особенности применения
Шестигранные				
Класс точности В. Класс точности А		ГОСТ 5915–70 ГОСТ 5927–70	М6…М8 М1…М8	Для всех видов резьбовых соединений
Низкие, класс точности В. То же, класс точности А		ГОСТ 5916–70 ГОСТ 5929–70	М6…М8 М1…М48	Для предохранения от самоотвинчивания и при ограниченных габаритах
С уменьшенным размером «под ключ», класса точности В. То же, класс точности А		ГОСТ 15521–70	М1…М48	Для всех видов резьбовых соединений
Низкие, с уменьшенным размером «под ключ», класс точности В		ГОСТ 15522–70 ГОСТ 2526–70	М8…М48	Для предохранения от самоотвинчивания, при ограниченных габаритах и малых усилиях
Шестигранные корончатые				
Низкая, с уменьшенным размером «под ключ»		ГОСТ 5935–73	М8…М48	При малых усилиях, для регулировки и законтривания

Окончание табл. П6.4

Класс точности и особенности конструкции	Конструкция	Стандарт	Предельные размеры резьбы	Особенности применения
Круглые				
С радиально расположенными отверстиями		ГОСТ 8381–73	М2…М20	При малых усилиях и для регулировки
Со шлицом на торце, класс точности В		ГОСТ 10657–80	М1…М20	При малых усилиях затяжки
Шлицевые		ГОСТ 11871–80	М1…М20	Для закрепления втулок и подшипников, для регулировки
С отверстиями на торце «под ключ»		ГОСТ 6393–73	М8…М100	При малых усилиях и для регулировки
Гайки-барашки				
Класс точности А		ГОСТ 3032–76	М8…М48	При завинчивании вручную

Для стандартных крепежных деталей используется цилиндрическая метрическая резьба (рис. П6.1, табл. П6.5).

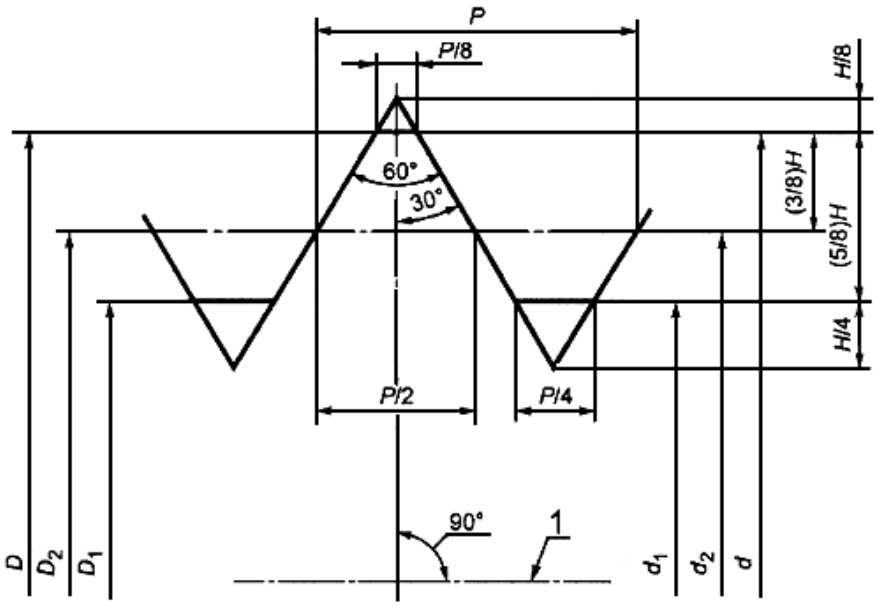


Рис. П6.1. Профиль метрической резьбы

Таблица П6.5

Размеры метрической резьбы (ГОСТ 24705–81), мм

d	P	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$	d	P	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$
0,25	0,075	0,201	0,169	3	0,5	2,675	2,459
0,3	0,08	0,248	0,213	3	0,35	2,773	2,621
0,35*	0,09	0,292	0.253	3,5*	(0,6)	3,110	2,850
0,4	0,1	0,335	0,292	3,5*	0,35	3,273	2,121
0,45*	0,1	0,385	0,342	4	0,7	3,545	3,242
0,5	0,125	0,419	0,365	4	0,5	3,675	3,459
0,55*	0,125	0,469	0,415	4,5*	(0,75)	4,013	3,688
0,6	0,15	0,503	0,438	4,5*	0,5	4,175	3,959
0,7*	0,175	0,586	0,511	5	0,8	4,480	4,134

Окончание табл. П6.5

d	P	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$	d	P	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$
0,8	0,2	0,670	0,583	5	0,5	4,675	4,459
0,9*	0,225	0,754	0,656	(5,5)	0,5	5,175	4,959
1	0,25	0,838	0,729	6	1,0	5,350	4,917
1	0,2	0,870	0,783	6	0,75	5,513	5,188
1,1	0,25	0,938	0,829	6	0,5	5,675	5,459
1,1*	0,2	0,970	0,883	(7)	1,0	6,350	5,917
1,2	0,25	1,038	0,929	(7)	0,75	6,513	6,188
1,2	0,2	1,070	0,983	(7)	0,5	6,675	6,459
1,4*	0,3	1,205	1,075	8	1,25	7,188	6,647
1,4*	0,2	1,270	1,183	8	1,0	7,350	6,917
1,6	0,35	1,373	1,221	8	0,75	7,513	7,188
1,6	0,2	1,470	1,383	8	0,5	7,675	7,459
1,8*	0,35	1,573	1,421	(9)	(1,25)	8,188	7,647
1,8*	0,2	1,670	1,583	(9)	1,0	8,350	7,917
2	0,4	1,740	1,567	(9)	0,75	8,513	8,188
2	0,25	1,838	1,729	(9)	0,5	8,675	8,459
2,2*	0,45	1,908	1,713	10	1,5	9,026	8,376
2,2*	0,25	2,038	1,929	10	1,25	9,188	8,647
2,5	0,45	2,208	2,013	10	1,0	9,350	8,917
2,5	0,35	2,273	2,121	10	0,75	9,513	9,188

Примечание. Размеры, не помеченные знаком *, предпочтительны; размеры, указанные в скобках, применять не рекомендуется.

От силы затяжки резьбы зависят прочность, герметичность и надежность резьбовых соединений. Рекомендации по затяжке резьбы приведены в табл. П6.6.

Таблица П6.6

Допускаемые статические нагрузки и моменты затяжки для болтов (шпилек)

Резьба		Нагрузка, Н		Момент затяжки $\times 10^2$, Н·мм	Нагрузка, Н		Момент затяжки $\times 10^2$, Н·мм	Нагрузка, Н		Момент затяжки $\times 10^2$, Н·мм
d	*P*	А	Б		А	Б		А	Б	
мм		Сталь 45			30ХГСА			40ХН2МА		
3	0,5	280	840	3,75	370	1 100	5,3	450	1 350	6,0
4	0,7	580	1 500	9,0	760	1 960	11,7	950	2 450	14,8
5	0,8	1 100	2 600	19,5	1 450	3 400	25,2	1 800	4 250	32,8
6	1,0	1 700	3 750	34,0	2 200	4 850	43,2	2 700	950	54,5
8	1,0	3 600	7 700	92	4 750	10 000	120	5 850	12 500	150
	1,25	3 300	7 000	64	4 300	9 150	110	5 300	1 150	140
10	1,0	6 500	13 400	200	8 500	17 500	260	10 500	21 800	320
	1,5	5 500	11 400	171	7 300	15 000	300	9 000	18 500	278
12	1,0	10 500	21 000	300	13 700	27 400	390	17 000	31 000	490
	1,5	9 300	18 600	270	12 100	24 200	350	15 000	30 000	430
	1,75	8 700	17 400	250	11 300	22 600	330	14 100	28 200	410
14	1,0	15 600	30 400	640	20 400	39 600	820	25 100	48 900	1030
	1,5	14 100	27 400	570	18 400	35 800	750	22 600	44 000	920
	2,0	12 500	24 400	510	16 500	32 100	670	20 400	40 000	840

П р и м е ч а н и я: 1. Случай А — неконтролируемая затяжка, грубый учет нагрузок; случай Б — контролируемая затяжка.

2. Значение $\sigma_т$ для сталей, МПа: сталь 45 — 650; 30ХГСА — 850; 40ХН2МА — 105.

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СТЕРЖНЕВЫХ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ПРИМЕНЕНИЮ

Для создания нормированных сил и моментов устройств замыкания кинематических цепей применяют стержневые элементы. В зависимости от назначения и условий работы упругого элемента материал его должен обладать высокой статической и динамической прочностью, стабильными упругими свойствами, коррозионной стойкостью, а в ряде случаев иметь хорошую электропроводность и не намагничиваться. Кроме того, материалы упругих элементов должны быть технологичными — обладать хорошей пластичностью, обрабатываемостью резанием и т. п.

Материалы для изготовления упругих элементов приборов

Различают две группы материалов для изготовления упругих элементов приборов: сплавы для токоведущих упругих элементов, сплавы и стали для нетоковедущих элементов (табл. П7.1).

Для защиты от коррозии, повышения электропроводности, а в некоторых случаях — для облегчения пайки на многие упругие элементы после окончательного изготовления и термической обработки наносят гальваническое покрытие. Однако при этом ухудшаются свойства упругих элементов, а это необходимо учитывать, выбирая тип и толщину покрытия.

В качестве основного материала для изготовления пружин применяют проволоку стальную углеродистую пружинную по ГОСТ 9389–90 (табл. П7.2). Стандарт распространяется на стальную углеродистую холоднотянутую проволоку, применяемую для изготовления пружин, навиваемых в холодном состоянии и не подвергаемых закалке.

Проволока из стали марки 51ХФА на термически обработанных образцах должна иметь временное сопротивление разрыву не менее 1470 МПа, относительное сужение после разрыва не менее 40 %. Проволока групп А, Б, В, Г должна изготовляться в прутках; проволока групп Е, Н — в мотках. Необходимо соблюдать следующие технические требования. Проволока должна изготовляться из стали марок 51ХФА, 60С2А, 65С2ВА, 70С3А по ГОСТ 14959–79. Временное сопротивление разрыву проволоки для пружин холодной навивки должно быть не более 1029,5 МПа. Проволоку классифицируют по механическим свойствам: марки А, Б, В; классы 1, 2, 2А, 3 (рекомендации по применению пружинной проволоки в зависимости от марок и классов приведены в табл. П7.3); по точности изготовления: нормальная точность; повышенная точность. Проволоку классов 1, 2, 3 изготовляют нормальной и повышенной точности, класса 2А — повышенной точности.

Таблица П7.1

Марки, свойства и область применения материалов для изготовления упругих элементов приборов

Марка	Свойства	Область применения
Бронзы БрБ2, БрБНТ1,9; БрБНТ1,7; Бр70Ф6,5-0,15, БрОФ4-0,25, БрКМцЗ-1, БрОЦ4-3, БрА7	Рабочая температура выше 100 °С	Сплавы для токоведущих упругих элементов
Латуни Л85, Л80, Л63; сплавы 97НЛ; МНЦ15-20; МНА-1,5; ЛАНКМц-72-2-2,5-0,5-0,5	Рабочая температура до 100 °С	То же
Пружинные стали общего применения (ГОСТ 1050–74, ГОСТ 1435–74, ГОСТ 9389–75, ГОСТ 14959–79); прецизионные сплавы (ГОСТ 10994–74)	Обладают заданными упругими свойствами в сочетании с повышенной прочностью и коррозионной стойкостью, низкой магнитной проницаемостью, заданными значениями модуля нормальной упругости и температурного коэффициента модуля упругости	Сплавы и стали для нетоковедущих упругих элементов

Таблица П7.2

Механические свойства пружинной проволоки (ГОСТ 9389–90)

Диаметр проволоки, мм	Временное сопротивление разрыву, Н/мм^2			Разбег временного сопротивления разрыву в партии, Н/мм^2, не более				
				Марка А	Марка Б	Марка В		
	Класс 1	Класс 2, 2А	Класс 3	Класс				
				1	1, 2, 2А, 3	1	2, 2А	3
0,20	2 700…3 040	2 260…2 700	1 770…2 260	300	300	340	440	490
0,22	2 700…3 040	2 260…2 700	1 770…2 260	300	300	340	440	490
0,25	2 700…3 040	2 260..2 700	1 770…2 260	300	300	340	440	490
0,28	2 700…3 040	2 260…2 700	1 770…2 260	290	290	340	440	490
0,30	2 700…3 040	2 260…2 700	1 770…2 260	280	280	340	440	490
0,32	2 650…2 990	2 210…2 650	1 720…2 210	270	280	340	440	490
0,36	2 650…2 990	2 210…2 650	1 720…2 210	260	280	340	440	490
0,40	2 600…2 940	2 160…2 600	1 670…2 160	250	280	340	440	490
0,45	2 600…2 940	2 160…2 600	1 670…2 160	240	260	340	440	490
0,50	2 600…2 940	2 160…2 600	1 670…2 160	230	260	340	440	490
0,56	2 600…2 940	2 160…2 600	1 670…2 160	210	260	340	440	490
0,60	2 600…2 940	2 160…2 600	1 670…2 160	200	240	340	440	490
0,63	2 550…2 890	2 160…2 550	1 670…2 160	190	240	340	390	490
0,70	2 550…2 890	2 160…2 550	1 670…2 160	180	240	340	390	490
0,80	2 550…2 890	2 110…2 550	1 670…2 110	170	230	340	440	440
0,90	2 500…2 790	2 110…2 500	1 620…2 110	160	230	290	390	490
1,00	2 450…2 740	2 060…2 450	1 570…2 060	150	220	290	390	490
1,10	2 400…2 700	2 010…2 400	1 520…2 010	150	220	290	390	490
1,20	2 350…2 650	1 960…2 350	1 520…1 960	150	210	290	390	440
1,30	2 300…2 600	1 960…2 300	1 520…1 960	150	210	290	340	440
1,40	2 260…2 550	1 960…2 260	1 470…1 960	150	200	290	340	440
1,50	2 210…2 500	1 860…2 210	1 420…1 860	150	200	290	340	440
1,60	2 160…2 450	1 860…2 160	1 420…1 860	150	200	290	290	440
1,70	2 060…2 350	1 770…2 060	1 370…1 770	150	200	290	290	390
1,80	2 060…2 350	1 770…2 060	1 370…1 770	150	200	290	290	390
1,90	2 010…2 300	1 770…2 010	1 370…1 770	150	200	290	250	390
2,00	2 010…2 260	1 770…2 010	1 370…1 770	150	200	250	250	390

Проволоку подразделяют по способу изготовления и качеству отделки поверхности на группы: со специальной отделкой поверхности путем удаления поверхностного слоя — А, Б, В, Г, Е; без специальной отделки поверхности Н; по точности изготовления: нормальной точности; повышенной точности П; по назначению: для пружин холодной навивки ХН; для пружин горячей навивки ГН; по механическим свойствам, качеству поверхности на классы: 1 — для пружин ответственного назначения; 2 — для пружин общего назначения.

Примеры обозначений:

Проволока марки А, класса 1, повышенной точности, диаметром 1,20 мм — проволока А-1-П-1, 20 ГОСТ 9389–75.

Проволока марки Б, класса 3, нормальной точности, диаметром 2,00 мм — проволока Б-3-2,00, ГОСТ 9389–75.

Проволока характеризуется относительным показателем разбега прочности K, который рассчитывают по формуле $K = \Delta\sigma_в/\sigma_в$, где $\Delta\sigma_в$ — разбег временного сопротивления разрыву в партии, Н/мм^2; $\sigma_в$ — минимальное значение временного сопротивления разрыву в классе, Н/мм^2. Согласно ГОСТ 9389–75, для проволоки марки А класса прочности 1 значение K не должно превышать 0,10; для проволоки марки В классов прочности 1, 2, 2А, 3 — 0,30.

Марки и свойства материалов для изготовления пружин класса 1 приведены в табл. П7.3.

Сталь марки 51ХФА обладает повышенной теплоустойчивостью, закаливается на твердость не более 53 HRC. Благодаря высоким упругим и вязким свойствам служит лучшим материалом для пружин класса 1. Для пружин класса 3 непригодна по причине недостаточной твердости.

Сталь марки 60С2А, 60С2 имеет хорошие упругие свойства и большую вязкость. Широко применяется для пружин классов 1 и 2. Для пружин класса 3 назначают при скорости деформации пружины $v_{max} < 6$ м/с.

Сталь марки 65С2ВА имеет хорошие упругие свойства и большую вязкость, обладает повышенной прокаливаемостью. Служит лучшим

Таблица П7.3

Разряды пружин класса 1 (ГОСТ 13764–86)

Разряд пружин	Сила пружины при максимальной деформации, F_3, Н	Диаметр проволоки (прутка) d, мм	Материал		Твердость после термообработки, $HRC_э$	Максимальное касательное напряжение при кручении τ_3, МПа	Стандарт на основные параметры витков пружин
			Марка стали	Стандарт на заготовку			
1	1,00…850	0,2…5,0	У8 (ГОСТ 1050–88 и ГОСТ 1435–99)	Проволока класса I (ГОСТ 9389)	—	0,3 R_m	ГОСТ 13766
2	1,00…800			Проволока классов II и IIА (ГОСТ 9389)			ГОСТ 13767
	22,4…800	1,2…5,0	51ХФА-Ш (ГОСТ 14959)	Проволока (ГОСТ 1071)		0,32 R_m	
3	140…6000	3,0…12,0	60С2А, 65С2ВА, 70С3А (ГОСТ 14959)	Проволока (ГОСТ 14963)	47,5...53,5	560	ГОСТ 13768
			51ХФА (ГОСТ 14959	Проволока (ГОСТ 14963)	45,5...51,5		

Примечания: 1. Практическое использование пружин из стали 51ХФА определяется интервалом температур –180…+250 °С, из стали 60С2ХФА — –100…+250 °С, из проволоки класса 2А по ГОСТ 9389–75 — –180…+120 °С, из сталей 60С2А, 65С2ВА, 70С3А и из проволоки класса 1 по ГОСТ 9389–75 — – 60…120 °С.

2. Максимальное касательное напряжение при кручении приведено с учетом кривизны витков.

3. R_m — предел прочности на разрыв пружинных материалов.

материалом для пружин класса 3. Применяется при скорости деформации пружины $v_{max} > 6$ м/с.

Специальная стальная легированная пружинная проволока (ГОСТ 14963–78) предназначена для изготовления пружин, подвергающихся после навивки термической обработке (закалке и отпуску).

Стандартный ряд номинальных диаметров круглой стальной проволоки, мм: 0,5; 0,56; 0,60; 0,63; 0,71; 0,80; 0,90; 1,10; 1,20; 1,25; 1,30; 1,40; 1,50; 1,60; 1,80; 2,0.

Пример обозначения:

Проволока из стали марки 51ХФА, со специальной отделкой поверхности, полированной, группы А, повышенной точности, 1 класса для пружин холодной навивки, диаметром 1,80 мм — проволока 51ХФА-А-П-1-ХН-1,80 ГОСТ 14963–78.

Пружинная проволока из кремнемарганцовой бронзы БрКМцЗ-1 (ГОСТ 5222–72) круглого и квадратного сечения предназначена для изготовления упругих элементов. Проволока должна изготовляться в твердом (неотожженном) состоянии из бронзы марки БрКМцЗ-1 с химическим составом по ГОСТ 18175–78. Предел прочности пружинной проволоки из кремнемарганцовой бронзы БрКМцЗ-1 при растяжении не менее 880 МПа для диаметров проволоки 0,1…2,6 мм.

Стандартный ряд диаметров круглой бронзовой проволоки: 0,1; 0,12; 0,15; 0,18; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50; 0,55; 0,60; 0,65; 0,70; 0,75; 0,80; 0,85; 0,90: 0,95; 1,0; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 2,0 мм.

Примеры обозначений:

Проволока холоднодеформированная, круглого сечения, нормальной точности изготовления, твердая, диаметром 0,15 мм, на катушках, из бронзы марки БрКМцЗ-1 — проволока ДКРНТ 0,15 КТ БрКМцЗ-1, ГОСТ 5222–72.

Проволока холоднодеформированная, квадратного сечения, нормальной точности изготовления, твердая, диаметром 1,6 мм, в мотках, из бронзы марки БрКМцЗ-1 — проволока ДКВНТ 1,6 БТ БрКМцЗ-1, ГОСТ 5222–72.

Винтовые пружины

В приборах чаще всего используются винтовые цилиндрические пружины сжатия и растяжения (рис. П7.1, П7.2). Винтовая цилиндрическая пружина представляет собой стержень (обычно в виде проволоки круглого сечения, навитой по винтовой линии на цилиндрическую образующую). В большинстве случаев применяют винтовые пружины, навитые из круглой проволоки, реже — из проволоки прямоугольного или квадратного сечения. Ответственные винтовые пружины, материал которых обладает низкими пластическими, но высокими и стабильными упругими свойствами, изготовляют токарной или фрезерной обработкой из трубок.

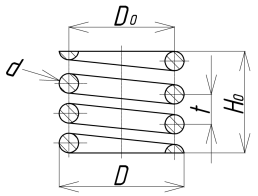


Рис. П7.1. Пример конструкции винтовой пружины сжатия

У винтовой пружины, работающей на сжатие, в свободном состоянии между витками имеется зазор, обеспечивающий ее ход. Форма концов пружины должна быть такой, чтобы прилагаемая сила не могла создавать момент, искривляющий пружину. Поэтому опорные (концевые) витки пружин сжатия сошлифовывают. Концы пружины из тонкой проволоки не обрабатывают. Опорные витки не являются рабочими, и при расчете характеристики их не учитывают. Для удобства использования винтовые пружины растяжения выполняют с зацепами в одной или в разных плоскостях (см. рис. П7.2).

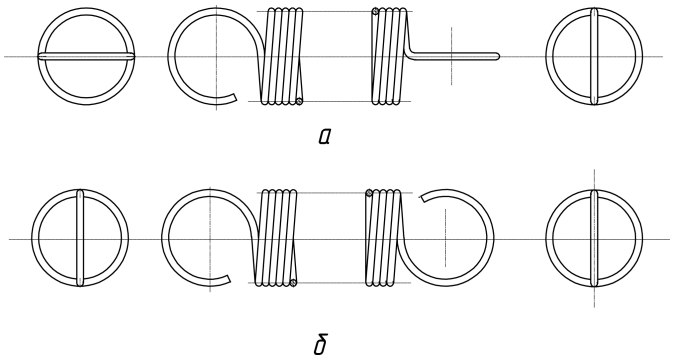


Рис. П7.2. Примеры конструкций винтовых пружин растяжения:
а — цилиндрическая винтовая пружина растяжения с зацепами крепления в разных плоскостях; *б* — цилиндрическая винтовая пружина растяжения с зацепами крепления в одной плоскости

В зависимости от назначения и условий эксплуатации пружины подразделяют на классы (табл. П7.4).

Таблица П7.4

Классы винтовых цилиндрических пружин сжатия и растяжения из стали круглого сечения

Класс	Тип пружины	Нагружение	Выносливость N циклов, не менее	Инерционное соударение витков
I	Сжатия, растяжения	Циклическое	$5\cdot10^6$	Отсутствует
II	Сжатия, растяжения	Циклическое и статистическое	$1\cdot10^5$	Отсутствует
III	Сжатия	Циклическое	$2\cdot10^3$	Наблюдается

На производственных чертежах обозначают размеры винтовых пружин растяжения и сжатия и строят их характеристики (рис. П7.3, П7.4).

Примеры изображения пружин растяжения и сжатия на чертежах по ГОСТ 13765–86 представлены на рис. П7.3 и П7.4. Здесь введены следующие обозначения:

d — диаметр проволоки, мм;

D — средний диаметр пружины, мм;

D_2 — внутренний диаметр, мм;

D_1 — наружный диаметр, мм;

t — шаг навивки, мм;

F_3 — сила пружины при максимальной деформации, Н;

F_2 — сила пружины при рабочей деформации, Н;

F_1 — сила пружины при предварительной деформации, Н;

F_0 — сила предварительного напряжения (при навивке из холоднотянутой и термообработанной проволоки, 01…0,25F_3), Н;

l_0 — длина (высота) пружины в свободном состоянии, мм;

l_0' — длина пружины без зацепов в свободном состоянии, мм;

l_2 — длина (высота) пружины при рабочей деформации, мм;

l_3 — длина (высота) пружины при максимальной деформации, мм;

s_1 — предварительная деформация пружины, мм;

s_2 — рабочая деформация пружины, мм;

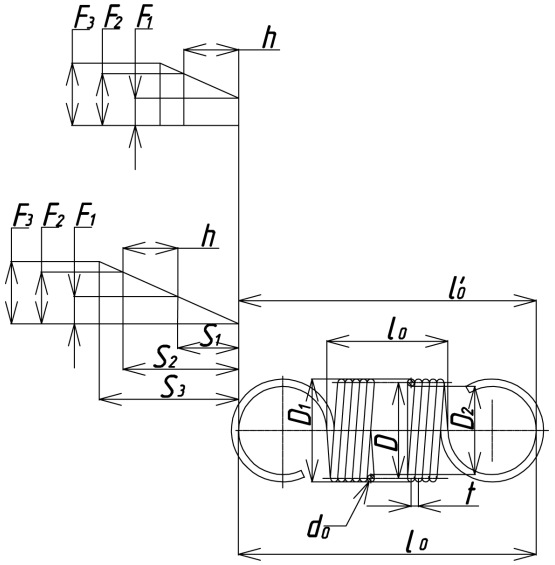


Рис. П7.3. Пример обозначения размеров винтовых пружин растяжения на рабочем чертеже и их характеристики (*верхняя эпюра* — без поджатия, *нижняя эпюра* — с поджатием)

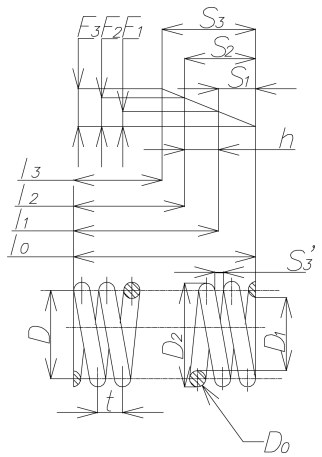


Рис. П7.4. Пример обозначения размеров винтовых пружин сжатия и их характеристики

s_3 — максимальная деформация пружины, мм;

G — модуль сдвига, для стали $7{,}85\cdot10^4$, МПа;

h — рабочий ход пружины (в ранних изданиях λ);

n — число рабочих витков;

n_1 — полное число витков пружины;

k — коэффициент, учитывающий кривизну витка пружины,

$$k = \frac{4i-1}{4i-4} + \frac{0{,}615}{i};$$

c — жесткость пружины, Н/мм,

$$c = \frac{F_2 - F_1}{h} = \frac{GD^4}{8D^3 n}.$$

Для пружин с предварительным поджатием

$$c = \frac{F_3 - F_0}{s_3};$$

n — число рабочих витков пружины,

$$n = \frac{c_1}{c};$$

c_1 — жесткость одного витка пружины, Н/мм (по ГОСТ 13765–86).

Расчеты относятся к пружинам сжатия и растяжения класса I, разряда 1, значение силы при максимальной деформации пружин F_3 = = 1,00…800 Н. Пружины следует изготовлять из проволоки класса I по ГОСТ 9389–86 диаметром 0,2…5,0 мм.

Классификация пружин приведена в ГОСТ 13764–86. Методика определения размеров пружин изложена в ГОСТ 13765–86.

Исходными величинами для определения габаритов пружины в точных приборах являются: сила F_1 при предварительной деформации и сила F_2 при рабочей деформации, рабочий ход h и наружный диаметр D. При этом необходимо учитывать следующее: сила предварительной деформации $F_1 = (0{,}3…0{,}8)F_2$; если функционально реального хода пружины нет, то рабочий ход назначают как разность деформаций ($s_2 - s_1$), соответствующих силам F_2 и F_1. Наружный диаметр D назначают предварительно с учетом конструкции узла и уточняют в процессе расчета. Наибольшая скорость перемещения подвижного конца пружины при нагружении или разгрузке V_0, а также заданная выносливость N циклов для пружин сжатия и растяжения класса I, разряда 1, круглого сечения не используются в расчетах.

Характеристики винтовых цилиндрических пружин сжатия и растяжения из стали круглого сечения приведены в табл. П7.5.

Таблица П7.5

Стандартные характеристики пружин сжатия и растяжения класса I, разряда 1 из стали круглого сечения (ГОСТ 13766–86)

Номер пружины	Сила пружины при максимальной деформации F_3, Н	Диаметр проволоки d, мм	Наружный диаметр пружины D_1, мм	Жесткость одного витка c_1, Н/мм	Наибольший прогиб одного витка s'_3, мм
1	1,00	0,20	2,4	1,472	0,680
2	1,06		2,2	1,962	0,540
3	1,12		2,1	2,286	0,490
4		0,22	2,8	1,334	0,842
5	1,18	0,20	2,0	2,688	0,439
6		0,22	2,6	1,707	0,693
7	1,25	0,20	1,9	3,198	0,390
8		0,22	2,5	1,942	0,645
9	1,32	0,20	1,8	3,836	0,345
10		0,22	2,4	2,217	0,597
11	1,40	0,20	1,7	4,650	0,301
12		0,22	2,2	2,963	0,473
13	1,50	0,20	1,6	5,719	0,262
14		0,22	2,1	3,469	0,434
15		0,25	3,2	1,491	1,006
16	1,60	0,20	1,5	7,142	0,224
17		0,22	2,0	4,071	0,394
18		0,25	3,0	1,844	0,867
19	1,70	0,20	1,4	9,084	0,187
20		0,22	1,9	4,836	0,352
21		0,25	2,8	2,315	0,734
22	1,80	0,20	1,3	11,790	0,153
23		0,22	1,8	5,827	0,309
24		0,25	2,6	2,953	0,610
25		0,28	3,6	1,648	1,092
26	1,90	0,20	1,2	15,700	0,121
27		0,22	1,7	7,083	0,268
28		0,25	2,5	3,365	0,565
29		0,28	3,4	1,982	0,958
30	2,00	0,20	1,15	18,310	0,109
31		0,22	1,6	8,751	0,229
32		0,25	2,4	3,855	0,519
33		0,28	3,2	2,423	0,826

Продолжение табл. П7.5

№ пружины	F_3	d	D_1	c_1	s'_3
34	2,12	0,20	1,1	21,530	0,099
35		0,22	1,5	10,940	0,194
36		0,25	2,2	5,170	0,410
37		0,28	3,0	3,002	0,706
38		0,30	3,8	1,854	1,145
39	2,24	0,20	1,05	25,560	0,088
40		0,22	1,4	14,020	0,160
41		0,25	2,1	6,053	0,370
42		0,28	2,8	3,767	0,594
43		0,30	3,6	2,207	1,016
44	2,36	0,20	1,0	30,660	0,077
45		0,22	1,3	18,230	0,130
46		0,25	2,0	7,151	0,330
47		0,28	2,6	4,836	0,488
48		0,30	3,4	2,668	0,886
49	2,50	0,22	1,2	24,410	0,102
50		0,25	1,9	8,535	0,293
51		0,28	2,5	5,503	0,455
52		0,30	3,2	3,257	0,768
53	2,65	0,22	1,15	28,510	0,093
54		0,25	1,8	10,290	0,258
55		0,28	2,4	6,327	0,419
56		0,30	3,0	4,042	0,656
57	2,80	0,22	1,1	33,730	0,083
58		0,25	1,7	12,570	0,222
59		0,28	2,2	8,505	0,329
60		0,30	2,8	5,091	0,550
61		0,36	4,8	1,884	1,488
62	3,00	0,25	1,6	15,580	0,193
63		0,28	2,1	10,010	0,300
64		0,30	2,6	6,524	0,460
65		0,36	4,5	2,325	1,292
66	3,15	0,25	1,5	19,620	0,161
67		0,28	2,0	11,870	0,265
68		0,30	2,5	7,475	0,421
69		0,36	4,2	2,904	1,086
70	3,35	0,25	1,4	25,190	0,133
71		0,28	1,9	14,180	0,236
72		0,30	2,4	8,584	0,391
73		0,36	4,0	3,414	0,983
74	3,55	0,25	1,3	33,110	0,107

Продолжение табл. П7.5

№ пружины	F_3	d	D_1	c_1	s'_3
75	3,55	0,28	1,8	17,160	0,207
76		0,30	2,2	11,610	0,306
77		0,36	3,8	4,042	0,880
78		0,40	5,2	2,266	1,567
79	3,75	0,28	1,7	21,070	0,177
80		0,30	2,1	13,630	0,276
81		0,36	3,6	4,846	0,774
82		0,40	5,0	2,580	1,454
83	4,00	0,28	1,6	26,210	0,153
84		0,30	2,0	16,150	0,248
85		0,36	3,4	5,876	0,682
86		0,40	4,8	2,943	1,359
87	4,25	0,28	1,5	33,210	0,128
88		0,30	1,9	19,430	0,218
89		0,36	3,2	7,191	0,592
90		0,40	4,5	3,640	1,168
91	4,50	0,28	1,4	42,920	0,105
92		0,30	1,8	23,540	0,192
93		0,36	3,0	8,966	0,502
94		0,40	4,2	4,571	0,985
95		0,45	6,0	2,354	1,911
96	4,75	0,30	1,7	28,900	0,164
97		0,36	2,8	11,330	0,419
98		0,40	4,0	5,386	0,882
99		0,45	5,5	3,120	1,523
100	5,00	0,30	1,6	36,170	0,139
101		0,36	2,6	14,660	0,342
102		0,40	3,8	6,386	0,783
103		0,45	5,2	3,747	1,334
104	5,30	0,30	1,5	45,990	0,115
105		0,36	2,5	16,810	0,315
106		0,40	3,6	7,662	0,692
107		0,45	5,0	4,267	1,242
108	5,60	0,36	2,4	19,400	0,289
109		0,40	3,4	9,300	0,602
110		0,45	4,8	4,885	1,146
111		0,50	6,5	2,835	1,976
112	6,00	0,36	2,2	26,470	0,226
113		0,40	3,2	11,440	0,524
114		0,45	4,5	6,053	0,991
115		0,50	6,3	3,139	1,911

Продолжение табл. П7.5

№ пружины	F_3	d	D_1	c_1	s'_3
116	6,30	0,36	2,4	31,270	0,202
117		0,40	3,0	14,290	0,440
118		0,45	4,2	7,632	0,826
119		0,50	6,0	3,689	1,708
120	6,70	0,36	2,0	37,360	0,180
121		0,40	2,8	18,170	0,369
122		0,45	4,0	8,986	0,745
123		0,50	5,5	4,905	1,365
124		0,56	7,5	2,884	2,323
125	7,10	0,36	1,9	45,120	0,157
126		0,40	2,6	23,580	0,301
127		0,45	3,8	10,720	0,663
128		0,50	5,2	5,906	1,202
129		0,56	7,0	3,610	1,966
130	7,50	0,36	1,8	55,180	0,136
131		0,40	2,5	27,110	0,276
132		0,45	3,6	12,870	0,583
133		0,50	5,0	6,730	1,114
134		0,56	6,5	4,601	1,630
135	8,00	0,40	2,4	31,390	0,255
136		0,45	3,4	15,670	0,511
137		0,50	4,8	7,711	1,038
138		0,56	6,3	5,101	1,568
139		0,60	8,0	3,139	2,551
140	8,50	0,40	2,2	43,070	0,198
141		0,45	3,2	19,360	0,439
142		0,50	4,5	9,575	0,888
143		0,56	6,0	6,004	1,416
144		0,60	7,5	3,875	2,196
145	9,00	0,40	2,1	51,110	0,176
146		0,45	3,0	24,220	0,371
147		0,50	4,2	12,110	0,743
148		0,56	5,5	8,000	1,124
149		0,60	7,0	4,846	1,859
150	9,50	0,40	2,0	61,310	0,155
151		0,45	2,8	31,040	0,306
152		0,50	4,0	14,300	0,665
153		0,56	5,8	9,653	0,984
154		0,60	6,5	6,200	1,534
155	10,0	0,45	2,6	40,480	0,247
156		0,50	3,8	17,060	0,586

Продолжение табл. П7.5

№ пружины	F_3	d	D_1	c_1	s'_3
157	10,0	0,56	5,0	11,020	0,907
158		0,60	6,3	6,867	1,457
159	10,6	0,45	2,5	46,700	0,227
160		0,50	3,6	20,580	0,515
161		0,56	4,8	12,660	0,837
162		0,60	6,0	8,074	1,314
163		0,70	9,0	4,120	2,576
164	11,2	0,45	2,4	54,240	0,206
165		0,50	3,4	25,140	0,445
166		0,56	4,5	15,770	0,710
167		0,60	5,5	10,790	1,039
168		0,70	8,5	4,964	2,258
169	11,8	0,45	2,2	75,060	0,157
170		0,50	3,2	31,150	0,379
171		0,56	4,2	20,000	0,590
172		0,60	5,2	13,050	0,905
173		0,70	8,0	6,053	1,951
174	12,5	0,50	3,0	39,240	0,318
175		0,56	4,0	23,730	0,527
176		0,60	5,0	14,930	0,837
177		0,70	7,5	7,505	1,667
178	13,2	0,50	2,8	50,390	0,262
179		0,56	3,8	28,360	0,466
180		0,60	4,8	17,140	0,770
181		0,70	7,0	9,408	1,403
182		0,80	10,5	4,405	2,997
183	14,0	0,50	2,6	66,200	0,211
184		0,56	3,6	34,320	0,408
185		0,60	4,5	21,410	0,654
186		0,70	6,5	12,080	1,158
187		0,80	10,5	5,160	2,714
188	15,0	0,50	2,5	76,640	0,196
189		0,56	3,4	42,120	0,356
190		0,60	4,2	27,220	0,551
191		0,70	6,3	13,400	1,119
192		0,80	9,5	6,092	2,462
193	16,0	0,56	3,2	52,430	0,305
194		0,60	4,0	32,301	0,495
195		0,70	6,0	15,820	1,011
196		0,80	9,0	7,289	2,195
197	17,0	0,56	3,0	66,410	0,256

Продолжение табл. П7.5

№ пружины	F_3	d	D_1	c_1	s'_3
198	17,0	0,60	3,8	38,830	0,438
199		0,70	5,5	21,250	0,800
200		0,80	8,5	8,809	1,930
201		0,90	11,5	5,396	3,151
202	18,0	0,56	2,8	85,840	0,210
203		0,60	3,6	47,040	0,383
204		0,70	5,2	25,820	0,697
205		0,80	8,0	10,760	1,673
206		0,90	11,0	6,249	2,881
207	19,0	0,60	3,4	57,860	0,329
208		0,70	5,0	29,630	0,641
209		0,80	7,5	13,330	1,425
210		0,90	10,5	7,270	2,614
211	20,0	0,60	3,2	72,260	0,277
212		0,70	4,8	34,090	0,587
213		0,80	7,0	16,850	1,187
214		0,90	10,0	8,540	2,340
215	21,2	0,60	3,0	91,870	0,231
216		0,70	4,5	42,880	0,495
217		0,80	6,5	21,700	0,977
218		0,90	9,5	10,100	2,098
219		1,00	13,0	5,680	3,732
220	22,4	0,70	4,2	54,880	0,408
221		0,80	6,3	24,090	0,930
222		0,90	9,0	12,120	1,849
223		1,00	12,0	7,380	3,041
224	23,6	0,70	4,0	65,470	0,360
225		0,80	6,0	28,580	0,826
226		0,90	8,5	14,690	1,607
227		1,00	11,5	8,480	2,784
228	25,0	0,70	3,8	78,980	0,317
229		0,80	5,5	38,700	0,646
230		0,90	8,0	17,970	1,391
231		1,00	11,0	9,810	2,548
232		1,10	14,0	6,684	3,741
233	26,5	0,70	3,6	96,480	0,274
234		0,80	5,2	47,170	0,562
235		0,90	7,5	22,390	1,183
236		1,00	10,5	11,440	2,317
237		1,10	13,0	8,506	3,115
238	28,0	0,80	5,0	54,240	0,516
239		0,90	7,0	28,320	0,989

Продолжение табл. П7.5

№ пружины	F_3	d	D_1	c_1	s'_3
240	28,0	1,00	10,0	13,460	2,081
241		1,10	12,0	11,070	2,529
242		1,20	16,0	6,272	4,464
243	30,0	0,80	4,8	62,780	0,478
244		0,90	6,5	36,700	0,818
245		1,00	9,5	15,970	1,879
246		1,10	11,5	12,770	2,349
247		1,20	15,0	7,732	3,880
248	31,5	0,80	4,5	79,320	0,398
249		0,90	6,3	40,880	0,771
250		1,00	9,0	19,160	1,644
251		1,10	11,0	14,790	2,130
252		1,20	14,0	9,682	3,253
253	33,5	0,80	4,2	102,200	0,327
254		0,90	6,0	48,520	0,690
255		1,00	8,5	23,250	1,441
256		1,10	10,5	17,280	1,939
257		1,20	13,0	12,380	2,706
258	35,5	0,80	4,0	122,600	0,290
259		0,90	5,5	66,130	0,536
260		1,00	8,0	28,600	1,242
261		1,10	10,0	20,350	1,744
262		1,20	12,0	16,130	2,201
263	37,5	0,90	5,2	80,950	0,463
264		1,00	7,5	35,730	1,050
265		1,10	9,5	24,180	1,551
266		1,20	11,5	18,620	2,014
267		1,40	18,0	8,230	4,557
268	40,0	0,90	5,0	93,380	0,428
269		1,00	7,0	45,420	0,881
270		1,10	9,0	29,130	1,373
271		1,20	11,0	21,570	1,854
272		1,40	17,0	9,940	4,025
273	42,5	0,90	4,8	108,800	0,390
274		1,00	6,5	58,970	0,721
275		1,10	8,5	35,370	1,202
276		1,20	10,5	25,260	1,682
277		1,40	16,0	12,110	3,511
278	45,0	0,90	4,5	137,900	0,326
279		1,00	6,3	65,890	0,683
280		1,10	8,0	43,730	1,029
281		1,20	10,0	29,820	1,509

Продолжение табл. П7.5

№ пружины	F_3	d	D_1	c_1	s'_3
282	45,0	1,40	15,0	15,000	3,000
283	47,5	1,00	6,0	78,480	0,606
284		1,10	7,5	54,730	0,867
285		1,20	9,5	35,540	1,337
286		1,40	14,0	18,840	2,522
287		1,60	21,0	8,820	5,386
288	50,0	1,00	5,5	107,600	0,465
289		1,10	7,0	69,860	0,715
290		1,20	9,0	42,830	1,167
291		1,40	13,0	24,140	2,071
292		1,60	20,0	20,130	4,845
293	53,0	1,00	5,2	132,400	0,401
294		1,10	6,5	91,120	0,582
295		1,20	8,5	52,230	1,014
296		1,40	12,0	31,660	1,674
297		1,60	19,0	12,180	4,350
298	56,0	1,00	5,0	153,200	0,365
299		1,10	6,3	101,900	0,550
300		1,20	8,0	64,630	0,866
301		1,40	11,5	36,580	1,531
302		1,60	18,0	14,580	3,841
303		1,80	24,0	9,420	5,946
304	60,0	1,10	6,0	122,300	0,491
305		1,20	7,5	81,270	0,739
306		1,40	11,0	42,550	1,410
307		1,60	17,0	17,600	3,409
308		1,80	22,0	12,500	4,802
309	63,0	1,10	5,5	168,500	0,373
310		1,20	7,0	104,200	0,605
311		1,40	10,3	50,010	1,260
312		1,60	16,0	21,530	2,926
313		1,80	21,0	14,540	4,333
314	67,0	1,20	6,5	136,200	0,492
315		1,40	10,0	59,250	1,130
316		1,60	15,0	26,720	2,508
317		1,80	20,0	17,090	3,920
318		2,00	26,0	11,350	5,903
319	71,0	1,20	6,3	153,200	0,463
320		1,40	9,5	70,920	1,001
321		1,60	14,0	33,720	2,106
322		1,80	19,0	20,210	3,514
323		2,00	25,0	12,900	5,504

Продолжение табл. П7.5

№ пружины	F_3	d	D_1	c_1	s'_3
324	75,0	1,20	6,0	183,700	0,408
325		1,40	9,0	85,850	0,874
326		1,60	13,0	43,400	1,728
327		1,80	18,0	24,220	3,097
328		2,00	24,0	14,740	5,087
329	80,0	1,40	8,5	105,400	0,759
330		1,60	12,0	57,160	1,400
331		1,80	17,0	29,370	2,724
332		2,00	22,0	19,620	4,077
333		2,20	28,0	13,360	5,989
334	85,0	1,40	8,0	131,500	0,646
335		1,60	11,5	66,170	1,284
336		1,80	16,0	35,970	2,363
337		2,00	21,0	22,890	3,714
338		2,20	26,0	17,020	4,993
339	90,0	1,40	7,5	165,700	0,543
340		1,60	11,0	77,410	1,162
341		1,80	15,0	44,770	2,010
342		2,00	20,0	26,900	3,345
343		2,20	25,0	19,380	4,643
344	95,0	1,40	7,0	214,600	0,442
345		1,60	10,5	91,190	1,042
346		1,80	14,0	56,650	1,677
347		2,00	19,0	31,950	2,973
348		2,20	24,0	22,150	4,290
349	100,0	1,60	10,0	109,100	0,916
350		1,80	13,0	73,310	1,364
351		2,00	18,0	38,320	2,610
352		2,20	22,0	29,580	3,381
353		2,50	32,0	14,930	6,697
354	106,0	1,60	9,5	130,200	0,814
355		1,80	12,0	97,050	1,092
356		2,00	17,0	46,500	2,279
357		2,20	21,0	34,610	3,062
358		2,50	30,0	18,420	5,753
359	112,0	1,60	9,0	159,100	0,703
360		1,80	11,5	112,80	0,993
361		2,00	16,0	57,200	1,958
362		2,20	20,0	40,710	2,751
363		2,50	28,0	23,110	4,846
364	118,0	1,60	8,5	196,000	0,601
365		1,80	11,0	132,200	0,892

Окончание табл. П7.5

№ пружины	F_3	d	D_1	c_1	s'_3
366	118,0	2,00	15,0	71,450	1,651
367		2,20	19,0	48,420	2,437
368		2,50	26,0	29,530	3,996
369		2,80	36,0	16,460	7,168
370	125,0	1,60	8,0	245,300	0,510
371		1,80	10,5	156,400	0,799
372		2,00	14,0	90,830	1,376
373		2,20	18,0	58,250	2,146
374		2,50	25,0	33,640	3,716
375		2,80	34,0	19,860	6,297
376		3,00	40,0	15,680	7,971
377	132,0	1,80	10,0	186,200	0,708
378		2,00	13,0	117,900	1,119
379		2,20	17,0	70,810	1,864
380		2,50	24,0	38,550	3,424
381		2,80	32,0	24,210	5,452
382		3,00	38,0	18,500	7,135
383	140,0	1,80	9,5	225,200	0,622
384		2,00	12,0	157,000	0,892
385		2,20	16,0	87,360	1,603

Проверочный расчет винтовых пружин на прочность и деформации

Методика определения размеров пружин изложена в ГОСТ 13765–86.

Максимальное касательное напряжение определяются по формуле

$$\tau_{max} = \tau_3 = \frac{8F_3D}{\pi d^3}k \le [\tau].$$

Отсюда можно выразить диаметр проволоки:

$$d \ge \sqrt{\frac{8F_3}{\pi[\tau]}ik},$$

где $k = \frac{4i-1}{4i-4} + \frac{0,615}{i}$ — коэффициент, учитывающий кривизну витка пружины, $[\tau] = \tau_3/n$ — допускаемое касательное напряжение, МПа; $n = 2$; i — индекс пружины в реальных расчетах $i = 8…12$.

Диаметр проволоки округляют до ближайшего значения d по табл. П7.5.

Предварительная деформация пружины:

$$s_1 = \frac{F_1}{c}.$$

Рабочая деформация пружины:

$$s_2 = \frac{F_2}{c}.$$

Максимальная деформация пружины:

$$s_3 = \frac{F_3}{c}.$$

Длина развернутой пружины (для пружин растяжения без зацепов):

$$l \cong 3,2Dn_1.$$

Расчет и выбор винтовых цилиндрических пружин сжатия и растяжения из стали круглого сечения с индексом $i = 4…12$ должны осуществляться по ГОСТ 13764–68 — ГОСТ 13776–68.

Примеры расчетов пружин

Пример 1. **Пружина сжатия** с параметрами $F_1 = 50$ Н; $F_2 = 75$ Н; $h = 1$ мм; $D_1 = 15…20$ мм.

По функциональному признаку пружина относится к классу I разряда 1.

Находим граничные значения силы F_3 для пружины данного класса и разряда:

$F_3 = F_2/(1 – 0,05) … F_2/(1 – 0,25) = 75/(1 – 0,05) … 75/(1 – 0,25) = 78,9…100$ Н.

В диапазоне 80…100 Н (ГОСТ 13766–86) пружины класса I, разряда 1 имеют следующие значения сил: 80; 85; 90; 95; 100. Из данного ряда можно выбрать пружину № 349: $F_3 = 100$ Н; $d = 1,6$ мм; $D_1 = 10,0$ мм; $c_1 = 109,1$ Н/мм; $s_3 = 0.916$ мм.

Жесткость пружины находим по формуле

$$c = (F_2 – F_1)/h = (75 – 50)/1 = 25 \text{ Н/мм}.$$

Число рабочих витков пружины рассчитываем по формуле

$$n = c_1/c = 109,1/25 = 4,3;$$

предварительно назначаем $n = 5$.

Уточненная жесткость равна

$c = c_1/n = 109{,}1 / 5 = 21{,}9$ Н/мм;

назначаем $c = 22$ Н/мм.

С учетом нерабочих витков полное число витков определяем по формуле

$n_1 = n + n_2 = 5 + 2 = 7$.

Выполняем проверочный расчет диаметра проволоки пружины:

$$d_{\text{расч}} \geq \sqrt{\frac{8F_3}{\pi[\tau]} ik},$$

где $i = \dfrac{D_1}{d} = \dfrac{10}{1{,}6} = 6{,}25$; $k = \dfrac{4i-1}{4i-4} = \dfrac{4 \cdot 6{,}25 - 1}{4 \cdot 6{,}25 - 4} = 1{,}2$.

Выбираем материал из ряда сталей для упругих элементов — сталь 60С2А (ГОСТ 14959–79); $R_m = 2\,450$ МПа; $\tau_3 = 0{,}5R_m = 0{,}5 \cdot 2\,450 = 1\,300$ МПа; $[\tau] = \dfrac{\tau_3}{n} = \dfrac{1300}{1{,}5} = 866{,}7$ МПа. Тогда

$$d_{\text{расч}} \geq \sqrt{\frac{8 \cdot 100}{3{,}14 \cdot 866{,}7} \cdot 6{,}25 \cdot 1{,}2} = 1{,}485 \text{ мм};$$

$d = 1{,}6$ мм $> d_{\text{расч}} = 1{,}485$ мм;

$s_1 = \dfrac{F_1}{c} = \dfrac{50}{22} = 2{,}2$ мм;

$s_2 = \dfrac{F_2}{c} = \dfrac{75}{22} = 3{,}4$ мм;

$s_3 = \dfrac{F_3}{c} = \dfrac{100}{22} = 4{,}5$ мм;

$l_3 = (n_1 + 1 + n_3) = (7 + 1 + 1{,}5) = 9{,}5$ мм;

$l_0 = l_3 + s_3 = 9{,}5 + 4{,}5 = 14$ мм;

$l_1 = l_0 + s_1 = 14 + 2{,}2 = 16{,}2$ мм;

$l_2 = l_0 + s_2 = 14 + 3{,}4 = 17{,}4$ мм;

$t = s_3' + d = 0{,}916 + 1{,}6 = 1{,}516$ мм.

Пример 2. **Пружина сжатия** с параметрами $F_1 = 5{,}5$ Н; $F_2 = 7$ Н; $h = 1$ мм; $D_1 = 5 \ldots 7$ мм.

По функциональному признаку пружина относится к классу I разряда 1.

Граничные значения силы F_3 для данного класса и разряда определяем по формуле

$F_3 = F_2/(1 - 0{,}05) \ldots F_2/(1 - 0{,}25) = 7 / (1 - 0{,}05) \ldots 7 / (1 - 0{,}25) = 7{,}37 \ldots 9{,}33$ Н.

В интервале 7,5…9,5 Н (ГОСТ 13766–86) пружины класса I, разряда 1 имеют следующие значения сил: 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5 Н. Из данного ряда можно выбрать пружину № 148: $F_3 = 9{,}0$ Н; $d = 0{,}56$ мм; $D_1 = 5{,}5$ мм; $c_1 = 8{,}0$ Н/мм; $s_3' = 1{,}124$ мм.

Жесткость пружины находим по формуле

$c = (F_2 - F_1)/ h = (7 - 5{,}5) / 1 = 1{,}5$ Н/мм.

Рассчитываем число рабочих витков пружины:

$n = c_1/c = 8/1{,}5 = 5{,}333$;

предварительно назначаем $n = 6$.

Уточненная жесткость равна

$c = c_1/n = 8/6 = 1{,}333$ Н/мм;

назначаем $c = 1{,}34$ Н/мм.

С учетом нерабочих витков полное число витков находим по формуле

$n_1 = n + n_2 = 6 + 2 = 8$.

Выполняем проверочный расчет диаметра проволоки пружины:

$$d_{\text{расч}} \geq \sqrt{\frac{8F_3}{\pi[\tau]} ik},$$

где $i = \dfrac{D_1}{d} = \dfrac{5{,}5}{0{,}56} = 9{,}82$; $k = \dfrac{4i-1}{4i-4} = \dfrac{4 \cdot 9{,}82 - 1}{4 \cdot 9{,}82 - 4} = 1{,}07$.

Выбираем материал из ряда сталей для упругих элементов — сталь 50ХГА (ГОСТ 14959–79); $R_m = 2700$ МПа; $\tau_3 = 0{,}5R_m = 0{,}5 \cdot 2\,700 = 1\,350$ МПа; $[\tau] = \dfrac{\tau_3}{n} = \dfrac{1350}{2} = 900$ МПа. Тогда

$$d_{\text{расч}} \geq \sqrt{\frac{8 \cdot 9}{3{,}14 \cdot 900} \cdot 9{,}82 \cdot 1{,}07} = 0{,}517 \text{ мм};$$

$d = 0{,}56$ мм $> d_{\text{расч}} = 0{,}517$ мм;

$s_1 = \dfrac{F_1}{c} = \dfrac{5{,}5}{1{,}33} = 4{,}126$ мм;

$s_2 = \dfrac{F_2}{c} = \dfrac{7}{1{,}33} = 5{,}25$ мм;

$s_3 = \dfrac{F_3}{c} = \dfrac{9}{1{,}33} = 6{,}767$ мм;

$l_3 = (n_1 + 1 + n_3) = (8 + 1 + 1{,}5) = 10{,}5$ мм;
$l_0 = l_3 + s_3 = 10{,}5 + 6{,}77 = 17{,}27$ мм;
$l_1 = l_0 + s_1 = 17{,}27 + 4{,}126 = 21{,}396$ мм;
$l_2 = l_0 + s_2 = 17{,}27 + 5{,}25 = 22{,}52$ мм;
$t = s_3' + d = 1{,}124 + 0{,}56 = 1{,}684$ мм.

Пример 3. **Пружина растяжения с начальным натяжением**, параметры пружины F_0 = 19,75 Н; F_1 =20 Н; F_2 = 25 Н; h = 2,5 мм; D_1 = 6,5…8,0 мм.

По функциональному признаку пружина относится к классу I разряда 1. Граничные значения силы F_3 для данного класса и разряда определяются по формуле

$F_3 = F_2/(1 - 0{,}05) \ldots F_2/(1 - 0{,}25) = 20/(1 - 0{,}05)\ldots 20/(1 - 0{,}1) =$ = 26,3…27,7 Н.

В интервале 25,0…28,0 Н (ГОСТ 13766–86) пружины класса I, разряда 1 имеют следующие значения сил: 25,0; 26,5; 28,0 Н.

Из данного ряда можно выбрать пружину № 235:

F_3 = 26,5 Н; d = 0,9 мм; D_1 = 7,5 мм; c_1 = 22,39 Н/мм; s_3' = 1,183 мм.

Жесткость пружины определяем по формуле:

$c = (F_2 - F_1)/h = (25 - 20)/2{,}5 = 2$ Н/мм.

Рассчитываем число рабочих витков пружины:

$n = c_1/c = 22{,}39/2 = 11{,}2$;

предварительно назначаем n = 5.

Уточненная жесткость

$c = c_1/n = 22{,}39/11 = 2{,}036$ Н/мм;

назначаем c = 2 Н/мм.

С учетом нерабочих витков находим полное число витков:

$n_1 = n + n_2 = 11 + 2 = 13$.

Выполним проверочный расчет диаметра проволоки пружины:

$$d_{\text{расч}} \geq \sqrt{\frac{8F_3}{\pi[\tau]} ik},$$

где $i = \dfrac{D_1}{d} = \dfrac{7{,}5}{0{,}9} = 8{,}333$; $k = \dfrac{4i-1}{4i-4} = \dfrac{4 \cdot 8{,}333 - 1}{4 \cdot 8{,}333 - 4} = 1{,}102.$

Выбираем материал из ряда сталей для упругих элементов — кремнемарганцовая бронза БрКМцЗ-1 (ГОСТ 5222–72). Тогда τ_3 = = 1 200 МПа; $[\tau] = \dfrac{\tau_3}{n} = \dfrac{1200}{1{,}5} = 800$ МПа;

$$d_{\text{расч}} \geq \sqrt{\frac{8 \cdot 26{,}5}{3{,}14 \cdot 800} \cdot 8{,}333 \cdot 1{,}102} = 0{,}879 \text{ мм};$$

$d = 0{,}9$ мм $> d_{\text{расч}} = 0{,}879$ мм;

$s_1 = \dfrac{F_1}{c} = \dfrac{20}{2} = 10$ мм;

$s_2 = \dfrac{F_2}{c} = \dfrac{25}{2} = 12{,}5$ мм;

$s_3 = \dfrac{F_3}{c} = \dfrac{26{,}5}{2} = 13{,}25$ мм;

$l_3 = (n_1 + 1 + n_3) = (11 + 1 + 1{,}5) = 13{,}5$ мм;
$l_0 = l_3 + s_3 = 13{,}5 + 13{,}25 = 26{,}75$ мм;
$l_1 = l_0 + s_1 = 26{,}75 + 10 = 36{,}75$ мм;
$l_2 = l_0 + s_2 = 26{,}75 + 12{,}5 = 39{,}25$ мм;
$t = s_3' + d = 1{,}183 + 0{,}9 = 2{,}083$ мм.

Плоские пружины

Эта группа пружин очень разнообразна как по конструкции, так и по назначению. По конструктивному оформлению различают прямые, изогнутые и спиральные пружины. Материал плоских пружин работает на изгиб. Прямые плоские пружины с прямоугольным сечением применяют при малых линейных перемещениях и относительно небольших усилиях; например, в качестве контактных пружин реле и переключателей, в фиксаторах, муфтах и тормозах, как упругие опоры и направляющие. Прямая пружина занимает много места, так как по сравнению с возможной деформацией имеет большую длину. Материал прямой пружины (ленточная сталь, бронза и т. п.) может быть применен в естественном состоянии. Размеры лент для изготовления плоских пружин приведены в табл. П7.6, прочностные характеристики лент — в табл. П7.7.

Таблица П7.6

Рекомендуемые толщина и ширина лент, мм

Толщина	Ширина	Толщина	Ширина
0,20…0,40	5…100	0,63…0,80	8…100
0,45…0,50	6…100	0,9…1,0	9…100
0,55…0,60	7…100	1,1…1,3	10…100

Таблица П7.7

Прочностные характеристики лент

Группы прочности ленты	Временное сопротивление разрыву, МПа	Твердость по Виккерсу HV
1П	1300…1600	375…485
2П	1610…1900	486…600
3П	Свыше 1900	Свыше 600

Стальная холоднокатаная термообработанная лента (по ГОСТ 21996–76) из конструкционной, инструментальной и пружинной стали предназначена для изготовления пружинящих деталей и пружин. Ленты подразделяют:

а) по прочности (временному сопротивлению разрыву или твердости) на группы: первую — 1П, вторую — 2П, третью — 3П;

б) по точности изготовления: по толщине: нормальной точности, повышенной точности — ПТ, высокой точности — ВТ, по нормальной точности, повышенной точности — ПШ; высокой точности — ВШ;

в) по виду поверхности: на светлокаленую, светлокаленую с цветами побежалости — Ц, полированную — С, колоризованную — К, темную — Ч;

г) по виду кромок: с обрезанными кромками, с обработанными кромками — Д.

Примеры обозначений:

Лента группы 1П повышенной точности изготовления по толщине, нормальной точности по ширине, с обработанными кромками, светлокаленая с цветами побежалости, размером 0,7 × 20 мм — лента Ш-ПТ-Ц-7×20 по ГОСТ 21996–76.

То же, группы 3П повышенной точности изготовления по толщине и ширине, с обрезанными кромками, светлокаленая, размером 0,3×15 мм — лента 3П-ПТПШ-0,3×15 по ГОСТ 21996–76.

Ленту изготовляют из стали марок 50, 60, 70, 65Г по ГОСТ 1050–88, марок У7А, У8А, У9А, У10А, У12А по ГОСТ 1435–90 и марок 60С2А, 70С2ХА по ГОСТ 14959–79.

Конструктивные размеры прямых плоских пружин

Вариант крепления и приложения нагрузки к прямой плоской пружине прямоугольной формы показан на рис. П7.5.

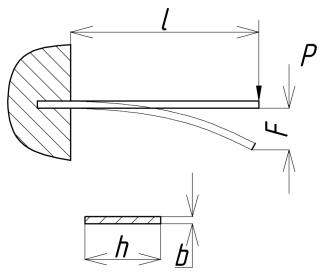


Рис. П7.5. Плоская пружина прямоугольной формы

Допускаемое напряжение в материале упругого элемента, работающего на изгиб, и коэффициент запаса зависят от режима нагрузки материала и качества его обработки, места упругого элемента в механизме, срока службы.

Наибольшее напряжение σ_{max}, возникающее в прямом плоском упругом элементе, должно быть с некоторым запасом меньше предельного напряжения $\sigma_{пр}$, недопустимого для его работы. Предельным состоянием может быть нарушение упругости, разрушение от статической или циклической нагрузки, потеря устойчивости. Таким образом, при работе прямого плоского упругого элемента наибольшее напряжение в материале не должно превышать допускаемого:

$$\sigma_{max} \le [\sigma] = \sigma_{пр}/n,$$

где n — коэффициент запаса прочности; n = 1,5…2 — для упругих элементов, работающих при статических нагрузках; n = 3…4 — для сильно изогнутых элементов; n = 10…20 — для измерительных элементов.

Условия расчета на прочность и жесткость:

$$\sigma_{max} = \frac{6F_{max}l}{bh^2} \le [\sigma]; \quad c = \frac{F_{max}}{s} = \frac{Ebh^3}{4l^3}.$$

При проектировании уравнения удобно использовать в виде

$$b = \frac{4c}{E}\left(\frac{l}{h}\right)^3; \quad h = \frac{6F_{max}}{[\sigma]}\frac{l}{h}\frac{1}{b}.$$

После вычисления значений $\frac{4c}{E}$ и $\frac{6F_{max}}{[\sigma]}$ задается ряд значений соотношения l/h, далее из уравнения жесткости определяется ряд значений ширины b.

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕРЕДАЧИ «ВИНТ — ГАЙКА» С ТРЕНИЕМ СКОЛЬЖЕНИЯ

Для преобразования вращательного движения в поступательное в приборах часто используют передачу «винт — гайка». В винтовых передачах с трением скольжения применяются трапецеидальная, упорная, метрическая, окулярная, прямоугольная резьба.

Винты ходовые

Винты ходовые (ОСТ 1.76255–74) изготовляются следующих классов точности в порядке убывания точности: 0, 1, 2, 3, 4. Стандарт нормирует отклонения шагов, накопленную погрешность шага и допуски формы и расположения элементов винта и гайки. Нормы точности параметров ходовых винтов (ОСТ 1.76255–74) даны в табл. П8.1.

Таблица П8.1

Нормы точности параметров ходовых винтов

Параметр	Класс точности				
	0	1	2	3	4
Предельные отклонения шага, мкм	±2	±3	±6	±12	±25
Накопленная погрешность шага, мкм, не более, при длине винта, мм					
До 25	2	5	9	18	35
Свыше 25 до 100	3	6	12	25	50
» 100 » 300	5	9	18	35	70
Дополнительно на каждые 300 мм	2	3	5	10	20
Суммарная по всей длине	10	20	40	80	150
Допуск круглости по среднему диаметру, мкм, при шаге, мм					
3…5	3	5	7	10	15
6…10	3	5	8	12	18
Допуск профиля в продольном сечении, мкм	5	8	10	15	20
Допуск радиального биения по среднему диаметру, мкм, при длине, мм					
До 1000	20	40	80	190	200
Свыше 1000 до 2000	40	60	100	150	250
Предельные отклонения угла наклона боковой: стороны профиля, угл. мин, при шаге, мм					
3…5	+12	+15	+20	+30	—
6…10	+10	+12	+18	+25	—

Винты микрометрические в соответствии с требованиями по ГОСТ 6507–78, ГОСТ 7470–78, ГОСТ 10388–81 к точности микрометрических измерительных приборов изготовляются с метрической резьбой профиля по ГОСТ 9150–81, с шагом 0,5 или 1 мм и рабочим ходом 5, 10, 15 и 25 мм двух классов: нормальной точности (с накопленной погрешностью шага 4 мкм) и повышенной (2 мкм). Нормирование точности осуществляется по ГОСТ 16093–81.

Основные сведения о материалах для изготовления ходовых винтов и гаек приведены в табл. П8.2 и П8.3.

Таблица П8.2

Материалы для изготовления ходовых винтов

Марка	Применение
А40Г, АС35Г2, 40ХЕ ГОСТ 1414–75 Е	Нагруженные ходовые винты
Инструментальные стали (ГОСТ 1435–74)	Микрометрические винты
Латуни Л62, Л59-1 (ГОСТ 15527–70)	Ненагруженные винты

Таблица П8.3

Материалы для изготовления ходовых гаек

Марка	Применение
БрАЖ9-4, БрКН1-3 (ГОСТ 18187–72), БрА9Мц2 (ГОСТ 493–79), БрОФ7-0,2 (ГОСТ 5017–74)	Общего назначения
Текстолит ПТК (ГОСТ 5–78), полиамид 610-1-101 (ГОСТ 10589–87)	Крупные гайки
Полиэтилен МОПЭНД 222-03 (ТУ 6-05-1721–75)	Объемно регулируемые гайки

Примеры обозначения:

*Tr*10×6(*P*2)*LH* — 8*H*/8*e*6*h* — 20 — резьба трапецеидальная (*Tr*), диаметр 10 мм, ход 6 мм (10×6), трехзаходная, шаг 2 мм (*P*2), левая (*LH*), поля допусков гайки 8*H*, поля допусков винта по среднему диаметру — 8*e*, по наружному 6*h*, длина свинчивания 20 мм;

Tr 10×2 — 8*H*/8*e* — резьба трапецеидальная (*Tr*), диаметр 10 мм, однозаходная, шаг 2 мм, правая (не указывается), поля допусков гайки 8*H*, винта 8*e*, нормальной длины свинчивания (в данном случае — свыше 6 мм до 19 мм, не указывается).

Резьба трапецеидальная (профиль по ГОСТ 9484–81) стандартизирована в пределах диаметров 8...630 мм и шагов 1,5...40 мм, с допусками по ГОСТ 9562–81 (однозаходная, ГОСТ 24738–81) и в пределах диаметров 10...320 мм, шагов 1,5...40 мм, числа заходов 2...8 (многозаходная, ГОСТ 24739–81). Резьба трапецеидальная для винтовых передач показана на рис. П8.1. Параметры резьбы приведены в табл. П8.4. Длину свинчивания выбирают по табл. П8.5.

Диаметры, шаги и поля допусков резьб применительно к винтовым передачам приборостроения даны в табл. П8.6, П8.7.

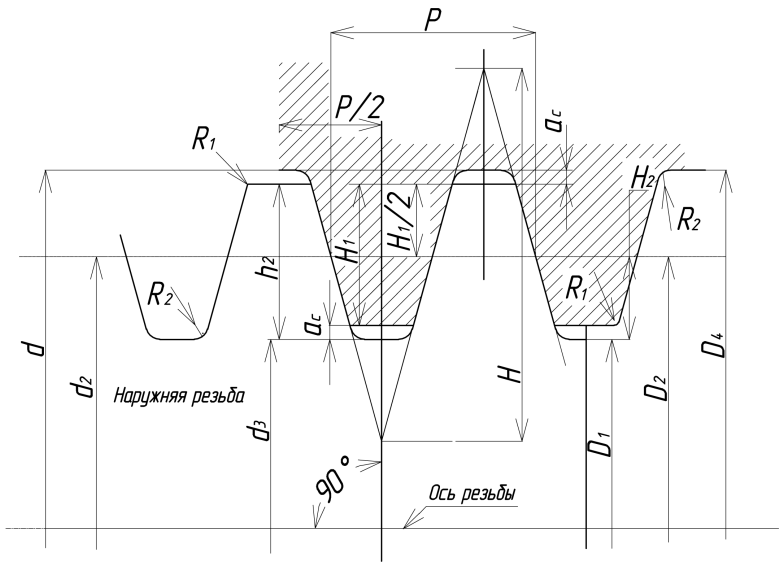


Рис. П8.1. Резьба трапецеидальная для винтовых передач

Таблица П8.4

Размеры резьбы трапецеидальной, мм

d	*p*	Число заходов	*d*	*p*	Число заходов	*d*	*p*	Число заходов
8	1,5	1	16	4	1...6	28*	3	1...8
9	1,5; 2	1	18	2; 4	—	28*	5	1; 2; 4; 8
10	1,5; 2	1...8	20	2; 4	1...8	28*	8	1...4
11	2; 3	1	22	3: 5; 8	—	30	3; 6; 10	—
12	2	1...8	24	3	1...8	32	3; 6	1...8
12	3	1...6	24	5	1; 2; 4	32	10	1; 2; 4
14	2; 3	1	24	8	1...4	34	3; 6; 10	—
16	2	1...8	26	3; 5; 8	—	—	—	—

Примечания: 1. Число заходов резьбы по ряду: 1, 2, 3, 4, 6, 8.

2. $H = 1{,}866P$; $H_1 = 0{,}5P$; $H_2 = h_2 = 0{,}5P + a_c$.

3. $D_2 = d_2 = d - 0{,}5P$, $d_3 = d - 2H_2H_1 = -D_2 + H_1, D_1 = D_4 - 2H_z$.

4. $R_{1max} = 0{,}5a_c$ $R_{2max} = a_c$.

5. Радиальный зазор a_c при шаге P до 1,5 мм — 0,15 мм, при P свыше 1,5 мм до 5 мм — 0,25 мм, при P свыше 5 мм до 12 мм — 0,5 мм.

* Предпочтительны только для однозаходной резьбы.

Таблица П8.5

Длины свинчивания трапецеидальной резьбы, мм

P	*N*	*L*	*P**	*N**	*L**	*P***	*N***	*L***
1,5	5...15	Свыше 15	2	8...24	Свыше 24	2	8...25	Свыше 25
2	6...19	» 19	3	14...32	» 32	3	12...36	» 36
3	10...28	» 28	4	15...43	» 43	5	21...63	» 63
—	—	—	5	18...53	» 53	6	25...75	» 75
—	—	—	8	30…85	» 85	8	24…100	» 100
—	—	—	—	—	—	10	42…125	» 125

Примечание. *N* — нормальная длина свинчивания, *L* — большая.

* Диаметр резьбы свыше 11,2 мм до 22,4 мм.

** Диаметр резьбы свыше 22,4 мм до 45 мм.

Таблица П8.6

Поля допусков трапецеидальной резьбы для винтовых передач

Наружная резьба			Внутренняя резьба		
Размер	Степень точности	Основное отклонение	Размер	Степень точности	Основное отклонение
d	4...6; T^*	h	D_4	T; T^*	H
d_2	6...9; 7^*…10^*	c; e; g; h	D_2	6...9; 7^*...9^*	H
d_3	6...9; 7^*...10^*	h	D_1	4; 4^*	H

Примечания: 1. Приведены поля допусков ограничительного отбора.
2. T — допуски по особым нормам.

* Для многозаходной резьбы.

Таблица П8.7

Применяемость полей допусков трапецеидальных резьб в зависимости от длины свинчивания

Диаметр резьбы	Длина свинчивания	Класс точности		
		точный	средний	грубый
d_2	N	6e; 6g; 7^*e; 7^*g	7e; 7g; $8c^*$; $8e^*$	8c;8e: 9c $9c^*$
	L	7e; $8e^*$	8e; $8c^*$	9c; $10c^*$
D_2	N	6H; $7H^*$	7H; $8H^*$	8H; $9H^*$
	L	7H; $8H^*$	8H; $9H^*$	9H; $9H^*$

Примечание. 8e, 8H — предпочтительные поля.

* Для многозаходной резьбы.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

В конструкциях опор валов приборных устройств применяют опоры с трением качения — шариковые подшипники. Стандарт предусматривает наличие серий размеров подшипников по наружному диаметру: сверхлегкие — 8 и 9, особо легкие —1 и 7, легкие — 2 и 5, средние — 3 и 6, тяжелые — 4; по ширине или высоте: особо узкие — 8, узкие —7, нормальные 0 и 1, широкие — 0, 2, 3, особо широкие — 3, 4, 5, 6, в порядке возрастания размеров при одинаковом внутреннем диаметре.

Стандартный подшипник качения обычно состоит из наружного и внутреннего колец с дорожками качения, тел качения (шариков или роликов) и сепаратора, равномерно распределяющего их по дорожкам (рис. П9.1). На этом рисунке приняты следующие обозначения:

d — номинальный диаметр отверстия внутреннего кольца;

D — номинальный наружный диаметр наружного кольца;

D_1 — номинальный наружный диаметр упорного борта;

C — номинальная ширина наружного кольца;

B — номинальная ширина внутреннего кольца;

C_1 — номинальная ширина упорного борта;

r_n — номинальная координата монтажной фаски.

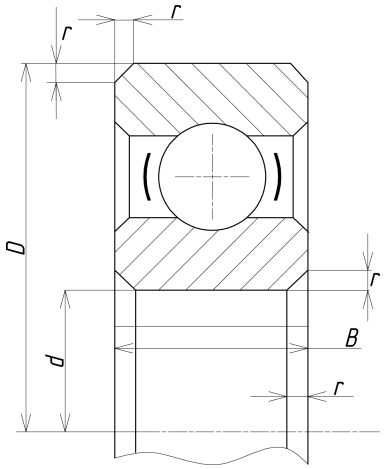


Рис. П9.1. Конструкция подшипника шарикового радиального однорядного

Типы и конструктивные разновидности подшипников качения

Типы и конструктивные разновидности подшипников качения установлены ГОСТ 3595–74 (табл. П9.1–П9.3).

Таблица П9.1

Конструктивные размеры приборных радиальных шариковых подшипников серии диаметров 0

Обозначение подшипников конструктивных		Размеры, мм				Масса, г	Грузоподъемность, Н, не менее	
1000000	1840000	*d*	*D*	*B*	*r*		*C*	C_0
1000000/0,6	—	0,8	2,0	0,8	0,10	—	—	—
1000001	—	1,0	2,5	1,0	0,10	—	—	—
1000000/1,5	—	1,6	3,0	1,0	0,10	—	—	—
1000002	1840002	2,0	4,0	1,2	0,10	0,10	—	—
1000000/2,5	184008/2,5	2,5	5,0	1,5	0,15	0,18	—	—
1000003	1840003	3,0	6,0	2,0	0,15	0,26	160	50
1000004	1840004	4,0	7,0	2,0	0,15	0,35	200	80
1000005	1840005	5,0	8,0	2,0	0,15	0,43	230	90
1000006	1840006	6,0	10,0	2,5	0,20	0,74	360	260
1000007	1840007	7,0	110	2,5	0,20	0,80	370	180
1000008	1840008	8,0	12,0	2,5	0,20	0,86	—	—
1000009	1840009	9,0	14,0	3,0	0,20	1,40	—	—
1000000	1840000	10,0	15,0	3,0	0,20	2,42	—	—

Таблица П9.2

Конструктивные размеры приборных радиальных шариковых подшипников серии диаметров 8

Обозначение подшипников конструктивных исполнений						Размеры, мм				Масса, г	Грузоподъемность, Н, не менее	
1	2	3	4	5	6	*d*	*D*	*B*	*r*		*C*	C_0
1000000	2060000 3006000	2080000 3080000	1840000	2860000 3860000	2880000 3880000							
100008/0,6 1000081	—	—	184008/0,6 1840081	—	—	0,6 1,0	2,5 3,0	1,0 1,0	0,1 0,1	0,06	100	30
100008/1,5	3060081	3080081	184008/1,5	3860081	3880081	1,0 1,5	3,0 4,0	1,5 1,2	0,1 0,1	0,06 0,09	80 110	20 30
1000082	306008/1,5	3080082	1840082	386008/1,5	388008/1,5	1,5 2,0	4,0 5,0	2,0 1,5	0,1 0,15	0,09 0,19	190	60
1000083	—	—	184008/2,5	—	—	2,0 2,5	5,0 6,0	2,3 1,8	0,15 0,15	0,25 0,26	190 190	60 60
1000083	306008/2,5	308008/2,5	1840083	386008/2,5	388008/2,5	2,5 3,0	6,0 7,0	2,6 2,0	0,15 0,2	0,43 0,38	190 310	60 110
—	2060083 3060083	2080083 3080083	—	2860083 3860083	2880083 3880083	3,0 3,0	7,0 7,0	2,5 3,0	0,2 0,2	0,49 0,53	310 640	110 230
100084	2060084	2080084	1840084	2860084	2880084	4,0 4,0	9,0 9,0	2,5 3,5	0,2 0,2	0,76 0,79	—	—
—	3060064	3080084	—	3860084	3880084	4,0	9,0	4,0	0,2	1,2	640	230

Таблица П9.3

Конструктивные размеры приборных радиальных шариковых подшипников серии диаметров 3

Обозначение подшипников конструктивных исполнений						Размеры, мм				Масса, г	Грузоподъемность, Н, не менее	
1	2	3	4	5	6	*d*	*D*	*B*	*r*		*C*	C_0
300	60000	80000	840000	860000	880000							
33	60033	80033	840033	860033	880033	3,0	13,0	5,0	0,4	—	1 300	490
34	60034	80034	840034	860034	880034	4,0	16,0	5,0	0,5	5,1	1 900	700
35	60035	80035	840035	860035	880035	5,0	19,0	6,0	0,5	9,7	2 500	1 050
36	60036	80036	840036	860036	880036	6,0	22,0	7,0	0,5	14,0	3 300	1 350
37	60037	80037	840037	860037	880037	7,0	26,0	9,0	0,5	26,0	4 550	1 950
38	60038	80038	840038	860038	880038	8,0	28,0	9,0	0,5	29,0	4 550	1 950
39	60039	80039	840039	860039	880039	9,0	30,0	10,0	1,0	35,0	6 000	2 650
300	60300	80300	840300	860300	880300	10,0	35,0	11,0	1,0	—	8 150	3 000

В малогабаритных механизмах приборов применяют также нестандартные насыпные шарикоподшипники (совмещенные). В этих подшипниках нет сепаратора и колец, а дорожки качения выполнены непосредственно на валу и в корпусе, причем цапфы валов имеют, как правило, коническую или тороидную форму, а отверстия в корпусах — цилиндрическую, тороидную или сферическую. В таких подшипниках обычно используется от 3 до 30 стандартных шариков, диаметры которых не превышают 5 мм.

Основные размеры подшипников качения

Основные размеры подшипников качения установлены ГОСТ 3478–79 для диаметров валов в пределах 0,6...2000 мм по арифметическим рядам через 1, 5 и 10 мм с отклонениями, приближающими эти ряды к рядам геометрическим. В области малых диаметров установлены размеры: 0,6; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3...9 (через 1) и далее 10; 12; 15; 17; 20...110 (через 5), а также 22; 28; 32. Основные технические данные подшипников приведены в табл. П9.4.

Таблица П9.4

Подшипники шариковые радиальные однорядные (ГОСТ 8538–75)

Обозначение	d, мм	D, мм	B, мм	r, мм	C, Н	C_0, Н	$n_{пр} \cdot 10^{-2}$, об/мин	Варианты с особыми требованиями
1000091	1	4	1,6	0,2	125	34	45	Ю; Я; Т; М
2000154	1,5	4	1,7	0,1	140	39	30	10; М
1000092	2	4	2,3	0,2	280	86	45	Ю; Т; М
2000083	3	7	2,5	0,3	430	136	36	ЮТ; У; М; Ш
1000093	3	8	3	0,2	440	100	43	Ю; Т; М
13	3	9	3	0,3	460	190	36	—
23	3	10	4	0,3	490	217	40	Ю; Р; Т; У; М
1000084	4	9	2,6	0,2	540	186	45	Ю; Т; М
1000094	4	11	4	0,3	750	340	40	К; Т; М
24	4	13	5	0,4	990	415	38	Ю; Т; М
34	4	16	5	0,5	1 150	750	36	Ю
45	4,5	8	2,5	0,3	590	180	40	Ю; Т
1000085Ю	5	11	3	0,3	635	280	40	—
1000095	5	13	4	0,4	1 080	390	38	Ю; Т; Я; К; У; М
25	5	16	5	0,5	1 480	740	36	Ю; Т; М

Окончание табл. П9.4

Обозначение	d, мм	D, мм	B, мм	r, мм	C, Н	C_0, Н	$n_{пр} \cdot 10^{-2}$, об/мин	Варианты с особыми требованиями
35	5	19	6	0,5	2 190	1 160	32	Ю; Е
76	6	10	2,5	0,3	1 350	490	40	Ю; Т; М
1000096	6	15	5	0,4	1 470	555	38	Ю; Т; М
26	6	19	6	0,5	2 170	1 160	32	Ю; Р; М; Ш
66Г	6	22	6	0,5	3 220	1 310	34	—
56	6,4	19	5,5	0,5	—	—	—	—
2000087	7	14	4	0,3	1 170	440	36	Ю; М
1000097	7	17	5	0,5	2 020	770	36	Ю; Т; Ш
17	7	19	6	0,5	2 200	1 160	34	Ю; Т; Ш
27	7	22	7	0,5	3 250	1 350	30	Ю; Р
1000088	8	16	4	0,4	1 330	510	36	Ю
1000098	8	19	6	0,5	2 240	885	40	Ю; Т; М
18	8	22	7	0,5	3 250	1 340	32	Ю; Т; Е; М; Ш
69ЮТ	9	14	3	0,3	860	310	40	Ю; Т
79Ю	9	15	2,5	0,3	1 180	450	36	—
1000099	9	20	6	0,5	2 680	1 050	32	Ю; Т
89	9	22	7	0,5	2 900	1 200	30	—
29Г	9	26	8	1	4 620	1 960	26	—
1000900	10	22	6	0,5	3 340	1 350	30	Ю; Т; М
100Л	10	26	8	0,5	4 620	1 960	30	Ю; Р; Т; Д; Е; М
700	10	28	8	0,5	5 260	2 270	26	—
200	10	30	9	1	5 900	2 650	24	Ю; Р; Б; Ш
300	10	35	11	1	8 060	3 750	20	Л
1000801	12	21	5	0,5	1 430	700	30	Ю
1000901	12	24	6	0,5	3 390	1 350	28	Ю; Р; Т; Б; Е; М

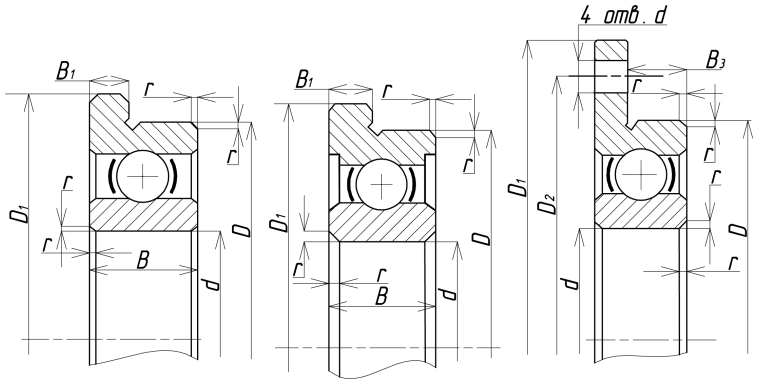
Подшипники шариковые радиальные однорядные с упорным буртом или фланцем (ГОСТ 10058–75) представлены в табл. П9.5 и на рис. П9.2.

Технические данные подшипников шариковых однорядных радиально-упорных (ГОСТ 831–75) приведены в табл. П9.6.

Таблица П9.5

Размеры шариковых радиальных однорядных подшипников с упорным буртиком или фланцем

Обозначения	d, мм	D, мм	B, мм	D_1, мм	B_1, мм	D_2, мм	d_2, мм	r, мм	C, Н	C_0, Н	$n_{пр} \cdot 10^{-2}$ об/мин	Варианты с особыми требованиями
(840154Ю4Т)	1,6	4	1,7	5	0,5	—	—	0,2	—	—	—	—
184008/2,5Ю	2,5	6	1,8	7,5	0,5	—	—	0,3	—	—	—	—
1840083	3	7	2,5	8,1	0,5	—	—	0,3	295	98	26	—
2840083	3	7	2,5	8,1	0,6	—	—	0,3	295	98	26	—
3880084Ю	4	9	4	10,3	1	—	—	0,3	—	—	—	—
1840094	4	11	4	12,5	1	—	—	0,3	900	343	26	Т; М
1840095	5	13	4	15	1	—	—	0,3	1 000	392	26	—
840025К	5	16	5	18	1,5	—	—	0,5	1 800	745	26	—
840076ЮТ	6	10	2,5	11,5	0,6	—	—	0,3	—	—	—	—
3880076ЮС1	6	10	3,5	11,5	0,9	—	—	0,3	—	—	—	—
1840096	6	15	5	17	1,2	—	—	0,3	1 400	559	26	—
2840088	8	16	5	18	1,5	—	—	0,3	—	—	—	—
840069ЮТ	9	14	3	16	0,8	—	—	0,3	—	—	—	—
740063	3	12	4	20	3	16	2,2	0,3	—	—	—	—
640014	4	12	5	20	4	16	2,2	0,3	—	—	—	К
640095	5	13	5	21	4	17	2,2	0,3	—	—	—	К
640025	5	16	6	20	5	18	2,2	0,3	—	—	—	У
640065	5	20	6	32	5	26	3,2	0,3	—	—	—	К; М
640096	6	15	6	25	5	20	2,7	0,8	—	—	—	К



Тип 840000 Тип 880000 Тип 640000, 740000 (нестандартные)

Рис. П9.2. Подшипники шариковые радиальные однорядные с упорным буртом или фланцем (ГОСТ 10058–75)

Таблица П9.6

Подшипники шариковые однорядные радиально-упорные (ГОСТ 831–75)

Обозначение	d, мм	D, мм	B, мм	r, мм	r_1, мм	C, Н	C_0, Н	$n_{пр}\times10^{-3}$, об/мин	Варианты с особыми требованиями
2076083ЮТ	3	7	2,5	0,2	0,2	—	—	—	Ю; У; М
6023	3	10	4	0,3	0,3	590	216	28	Ю; Т; Е; У; М
6003	3	16	5	0,3	0,3	—	—	—	Е
6073Ю	3	16	5	0,3	0,3	—	—	—	—
2076084Е	4	9	3	0,3	0,3	—	—	—	—
1006094Е	4	11	4	0,3	0,2	790	285	28	—
6004	4	16	5	0,3	0,3	—	—	—	—
6074	4	16	10	0,3	0,3	—	—	—	—
1006095Е	5	13	4	0,4	0,3	895	335	28	Ю; Т; У; М
1006095ЮТ	5	13	4	0,4	0,5	895	335	28	У; М
6025	5	16	5	0,5	0,5	2200	970	28	Ю; Е; У; М
6005К	5	16	5	0,5	0,5	—	—	—	—
1006096	6	15	5	0,4	0,3	1400	545	28	—
1006096Е	6	15	5	0,4	0,3	1400	545	28	У; М
6026	6	19	6	0,5	0,5	2690	1140	28	10; Е
6006	6	21	7	0,5	0,5	—	—	—	—
1076097ЮТ	7	17	5	0,4	0,3	—	—	—	—
6017К	7	19	6	0,5	0,3	3000	1910	28	Е
6027	7	22	7	0,5	0,5	3840	1630	28	Е
6008	8	24	7	0,5	0,5	—	—	—	Е
6028	8	24	7	0,5	0,5	4390	1900	26	Е; Т; У
6100Л	10	26	8	0,5	0,8	4950	2180	28	Е
6010	10	28	8	0,5	0,3	—	—	—	Е; Л
6101Е1	12	28	8	0,5	0,3	5450	2450	20	У
6012	12	82	7	0,5	0,3	—	—	—	Е
6012Х	12	32	7	0,5	0,3	—	—	—	—
6301	12	37	12	1,5	1,5	9680	4550	20	—
6102Е	15	32	9	0,5	0,3	6440	3000	18	—
6015	15	35	8	0,5	0,3	—	—	—	Л
6703	17	44	10	1	1	—	—	—	Л
6104	20	42	12	1	1	9360	4500	17	У
6020	20	47	12	1,5	1,5	—	—	—	—
6204	20	47	14	1,5	1,5	15600	8300	14	—
36018Е	8	22	7	0,5	0,3	—	—	—	—
36100Е	10	26	8	0,5	0,3	5030	2180	34	—
36101Е4	12	28	8	0,5	0,3	5450	2450	34	К
36101К	12	28	8	0,5	0,3	5450	2450	34	—

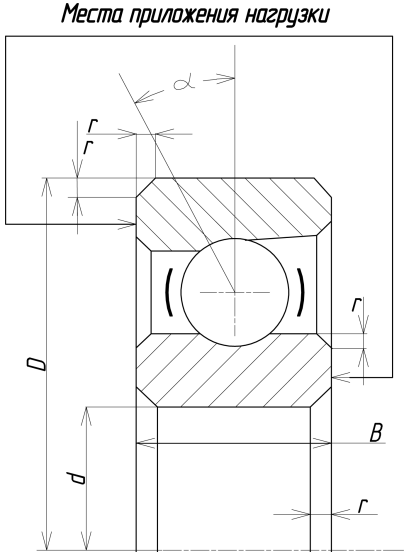


Рис. П9.3. Конструкция подшипников шариковых однорядных радиально-упорных, тип 6000, 36000, 46000 (ГОСТ 831–75)

Окончание табл. П9.6

Обозначение	d, мм	D, мм	B, мм	r, мм	r_1, мм	C, Н	C_0, Н	$n_{пр}\times10^{-3}$, об/мин	Варианты с особыми требованиями
36201Е	12	32	10	1	0,3	7150	3340	24	К
3690IЕ	13	30	8	0,5	0,3	—	—	—	—
36102Е	15	32	9	0,5	0,3	6290	2990	30	—
36102К	15	32	9	0,5	0,3	6290	2990	30	—
36202К	15	35	11	1	0,3	8150	3830	24	—
36302Е	15	42	13	1,5	0,5	13600	6800	16	—
36103Е	17	35	10	0,5	0,3	7280	3510	28	К
36203Е	17	40	12	1	0,3	12000	6120	18	Ю; Т; Л; Е; К
36303Л	17	477	14	1,5	0,5	17200	8700	13	—
36104Е	20	42	12	1	0,5	10600	5320	22	К
36204К1	20	47	14	1,5	0,5	15700	8310	16	—
36204	20	47	14	1,5	0,5	15700	8310	16	Л

Винт-ось

Винты-оси (рис. П9.4) предназначены для использования в качестве опор вращающихся деталей в изделиях приборостроения. Геометрические размеры винтов-осей приведены в табл. П9.7.

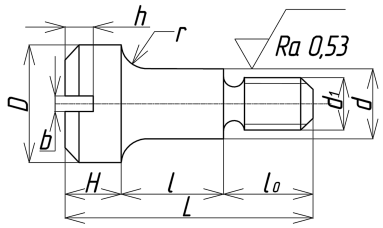


Рис. П9.4. Винт-ось

Пример обозначения:

Винт-ось НФ8.318 005-7 ОСТ 5.8054–81 — винт-ось (НФ8.318) из стали 45 для условий эксплуатации Л, с опорной поверхностью диаметром 4,5 мм, длиной 6,3 мм и резьбой М3 с нарезанным концом длиной 4 мм.

Таблица П9.7

Размеры опоры «винт-ось» (ОСТ 5.8051–81), мм

Обозначение исполнения		d	d_1	D	H	l_0	l
1	2						
001	002	3,2	М2	5	1,6	3	2,0; 3,2; 4,0
003	004	3,6	М2,5	7	2,0	4	2,0; 3,2; 4,0
003	004	3,6	М2,5	7	2,0	4	6,3; 10,0
005	006	4,5	М3	8,5	2,5	4	2,0; 3,2; 4,0
005	006	4,5	М3	8,5	2,5	4	6,3; 8,0; 10,0; 12,0
005	006	4,5	М3	8,5	2,5	7	2,0; 3,2; 4,0
005	006	4,5	М3	8,5	2,5	7	6,3; 8,0; 10,0; 12,0
007	008	5,6	М4	10,0	3,0	5	3,2; 4,0; 6,3
007	008	5,6	М4	10,0	3,0	5	8,0;10,0;12,0
007	008	5,6	М4	10,0	3,0	8	3,2; 4,0; 6,3
007	008	5,6	М4	10,0	3,0	8	8,0;10,0; 12,0
009	010	8,0	М5	12,5	3,6	10	10,0; 12,0
011	012	10,0	М6	15,0	4,0	10	10,0
011	012	10,0	М6	15,0	4,0	16	12,0

Примечания: 1. Поле допуска резьбы 8*g* (ГОСТ 16093–81).

2. Фаски и проточки по ГОСТ 10549–80; размеры шлица соответствуют таковым для винтов (ГОСТ 1491–80).

3. $L = l_0 + l + H$.

ЦЕНТРОВЫЕ ОТВЕРСТИЯ

Стандарт устанавливает формы и размеры центровых отверстий. В стандарте учтены требования международных стандартов ИСО 866-75, ИСО 2540-73 и ИСО 2541-72.

Размеры центровых отверстий форм А, В, Т (рис. П10.1) приведены в сводной табл. П10.1.

Отверстия типа А применяют в случаях, когда необходимость в центровых отверстиях после обработки и контрольных операций отпадает и в случаях, когда в процессе эксплуатации сохранность их гарантируется соответствующей термообработкой.

Отверстия типа В применяют, когда отверстие является базой многократного использования.

Отверстия типа Т применяют для высокоточных изделий — калибры, оправки и т. п.

Отверстия других типов в приборах применяются редко.

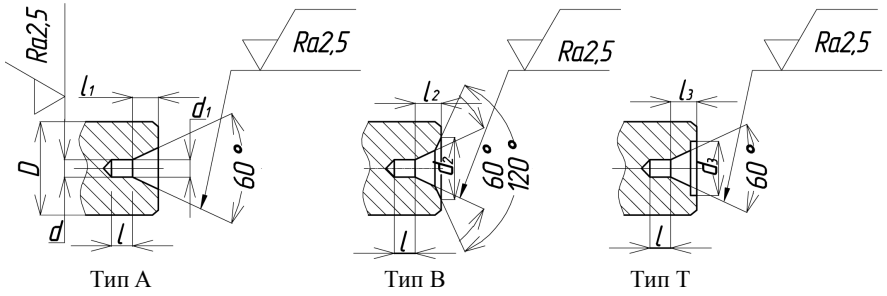


Рис. П10.1. Типы центровых отверстий (ГОСТ 14034–74)

Таблица П10.1

Размеры центровых отверстий (ГОСТ 14034–74), мм

D^*	d	d_1	d_R	d_3	l_1	l_2	l_3	l_4
2	(0,5)	1,09	1,03	—	1,3	—	—	0,48
2,5	(0,63)	1,32	1,50	—	1,5	—	—	0,60
3	(0,8)	1,70	1,70	2,5	1,3	1,05	—	0,75
4	1,0	2,12	2,12	3,15	2,3	1,27	—	0,97
5	(1,25)	2,35	2,35	4,0	2,8	1,60	—	1,21
6	1,6	2,65	2,65	5,0	3,5	1,99	0,6	1,52
10	2,0	4,25	4,25	6,3	4,4	2,59	0,8	1,95
14	2,5	5,30	5,30	8,0	5,5	3,20	0,9	2,42
20	3,15	6,70	6,70	10,0	7,0	4,03	1,2	3,07
30	4,0	8,50	8,50	12,5	8,9	5,06	1,6	3,90

Примечания: 1. D — наименьший диаметр вала.

2. Предельные отклонения размеров: $\pm IT14/2$; l_3 по $\pm IT15/2$; d, d_3 по $H14$; $R_{max} = 1{,}25R_{min}$.

3. Стандарт предусматривает отверстия для торцовых поверхностей вала диаметром до 360 мм.

4. Размеры, указанные в скобках, применять не рекомендуется.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАЗНАЧЕНИЮ ПРЕДЕЛЬНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ МЕЖОСЕВОГО РАССТОЯНИЯ

При простановке размеров между центрами отверстий под опоры валов в корпусных деталях механической части электропривода с эвольвентными зубчатыми колесами следует руководствоваться указаниями и таблицами ГОСТ 9178–81 (редакция 12.09.2008 г.). Стандарты ГОСТ 9178–81 распространяются на цилиндрические прямозубые и косозубые зубчатые колеса и зубчатые передачи внешнего и внутреннего зацепления с модулем от 0,1 до 1,0 мм, делительным диаметром до 400 мм (при модуле менее 0,5 мм — до 200 мм) и исходным контуром по ГОСТ 9587–81. Предельные отклонения межосевого расстояния в зубчатых передачах определяются степенью точности зубчатых колес, видом сопряжения и классом отклонений межосевого расстояния.

Стандартом по ГОСТ 9587–81 устанавливаются:

1) двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 и 12. Для степеней точности 1 и 2 допуски и предельные отклонения не даны;

2) для каждой степени точности зубчатых колес нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев зубчатых колес в передаче;

3) пять видов сопряжений *D*, *E*, *F*,*G*, *H* для передач с нерегулируемым и регулируемым расположением осей, приведенных на чертеже, и четыре вида допуска на боковой зазор *e*, *f*, *g*, *h*. Обозначения даны в порядке убывания значений бокового зазора и допуска на него.

Таблица П11.1

Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы

Параметр	Вид сопряжения						
	D		*E*		*F*	*G*	*H*
Модуль *m*, мм	От 0,1 до 0,5	Св. 0,5 до < 1,0	От 0,1 до 0,5	Св. 0,5 до 1,0	От 0,1 до <1,0		
Степень точности по нормам плавности	3—10	3—12	3—10	3—12	3—10	3—8	3—7

Расположение полей допусков видов сопряжений зубчатых колес показано на рис. П11.1. Видам сопряжений *D* и *E* соответствует вид допуска на боковой зазор *e*, а видам сопряжений *F*, *G*, *H* — виды допусков *f*, *g*, *h*. Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор допускается изменять.

Для нерегулируемых передач устанавливается пять классов отклонений межосевого расстояния, обозначаемых в порядке убывания точности римскими цифрами от II до VI.

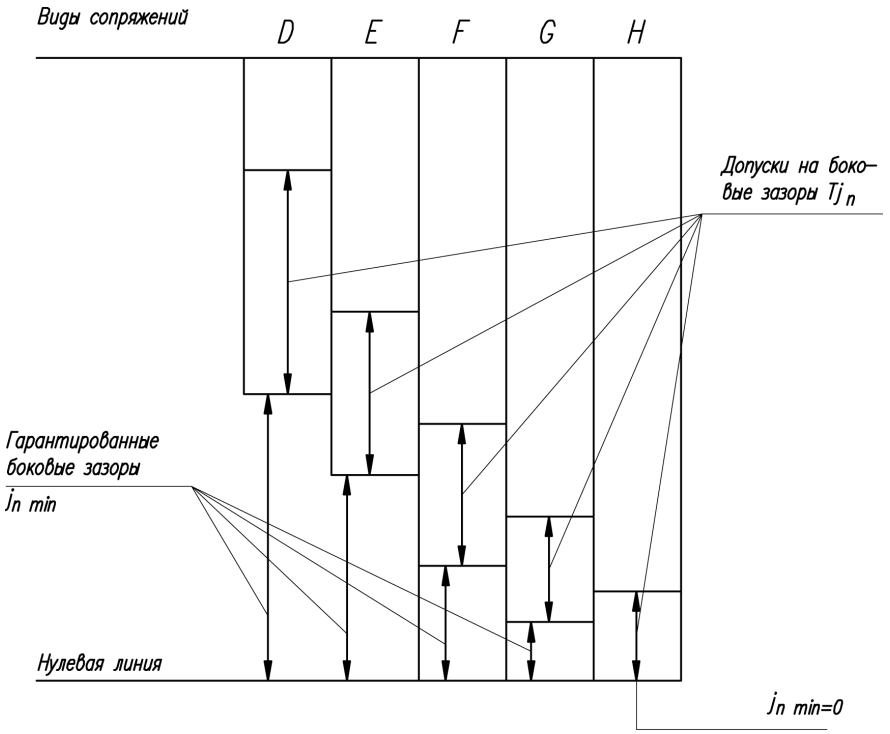


Рис. П11.1. Расположение полей допусков видов сопряжений зубчатых колес

Гарантированный боковой зазор в каждом сопряжении обеспечивается при соблюдении предусмотренных классов отклонений межосевого расстояния (для сопряжения *H* — II класс, а для сопряжений *G*, *F*, *E* и *D* классы III, IV, V, VI соответственно).

Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору — видом сопряжения по нормам бокового зазора.

При комбинировании норм разных степеней точности и изменений соответствия между видом сопряжения и видом допуска на боковой зазор, но при сохранении соответствия между видом сопряжения и классом отклонений межосевого расстояния, точность зубчатых колес и передач обозначается последовательным написанием трех цифр и двух букв. Первая цифра обозначает степень по нормам кинематической точности, вторая — степень по нормам плавности работы, третья — степень по нормам контакта зубьев, первая из букв — вид сопряжения, а вторая — вид допуска на боковой зазор. Примеры условного обозначения точности цилиндрической передачи приведены в табл. П11.1.

Показатели кинематической точности устанавливают по табл. П11.2.

Таблица П11.1

Примеры условного обозначения точности цилиндрической передачи

Обозначение	Назначение точности
7–*G* (ГОСТ 9178–81)	Со степенью точности 7 по всем трем нормам с видом сопряжения зубчатых колес *G* и соответствием между видом сопряжения и видом допуска на боковой зазор, а также между видом сопряжения и классом отклонений межосевого расстояния
7–8–8–*Gf* (ГОСТ 9178–81)	Со степенью 7 по нормам кинематической точности, степенью 8 по нормам плавности работы, со степенью 8 по нормам контакта зубьев, с видом сопряжения *G*, видом допуска на боковой зазор *f* и соответствием между видом сопряжения и классом отклонений межосевого расстояния
7–*Fe*/V– 4 (ГОСТ 9178–81)	Со степенью точности 7 по всем нормам, с видом сопряжения зубчатых колес *F*, видом допуска на боковой зазор *e* и классом отклонений межосевого расстояния V

Таблица П11.2

Нормы боковых зазоров (показатели $J_{n\,\min}$; $\pm f_a$)

Вид сопряжения	Класс отклонения межцентрового расстояния*	Обозначение	Межосевое расстояние a_w, мм									
			До 12	Св.12 до 20	Св. 20 до 32	Св. 32 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 125	Св. 125 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400
			мкм									
H	I I	$J_{n\,\min}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	III		6	8	9	11	13	15	18	20	23	25
F	IV		9	11	13	16	19	22	25	29	32	36
E	V		15	18	21							
					21	25	30	35	40	46	52	57
D	VI		22	27	33	39	46	54	63	72	81	89
H	II	f_a	±8	±9	±11	±14	±16	±18	±20	±22	±25	±28
G	III		±11	±14	±16	±20	±22	±28	±30	±35	±40	±45
F	IV		±18	±22	±25	±32	±35	±45	±50	±55	±60	±70
E	V		±30	±36	±40	±50	±60	±70	±80	±90	±100	±110
D	VI		±45	±55	±63	±80	±90	±110	±120	±140	±160	±180

Примечание. $J_{n\,\min}$ — гарантированный боковой зазор; $\pm f_a$ — предельные отклонения межосевого расстояния.

* Класс отклонений межосевого расстояния используется при изменении соответствия между видом сопряжения и классом отклонения межосевого расстояния.

Таблица П11.3

Зависимости отклонений и допусков межцентрового расстояния от норм боковых зазоров

Наименование параметра	Вид сопряжения				
	H	*G*	*P*	*E*	*D*
Гарантированный боковой зазор $j_{n\,\min}$	0	*IT*5	*IT*6	*IT*7	*IT*8
Предельные отклонения межосевого расстояния $\pm f_a$	0,51*T*7 (II класс)	0,51*T*8 (III класс)	0,51*T*9 (IV класс)	0,51*T*10 (V класс)	0,51*T*11 (VI класс)
Наименьшее дополнительное смещение исходного контура E_{Hs}	*IT*3+C_1	*IT*6+C_2	*IT*7+*C*з	*IT*8+C_4	*IT*8+ C_5
Допуск на смещение исходного контура T_H	F_R+9 (*h*)	1,1F_r + 10 (*g*)	1,2F_r+11(*f*)	1,4F_r+12 (*e*)	

Примечания: 1. Значения $j_{n\,\min}$ и $\pm f_a$ выбирают в зависимости от межосевого расстояния передачи, а значения E_{Hs} — от диаметра делительной окружности колеса.

2. При комбинировании норм из разных степеней точности для E_{Hs} принимают во внимание степень по нормам плавности.

3. *e*, *f*, *h* и *g* — виды допуска на боковой зазор.

Рекомендации по выбору полей допусков и отклонений межцентровых расстояний зубчатых передач приведены в табл. П11.3.

Выбор коэффициентов $C_1 - C_5$ для определения дополнительного смещения исходного контура E_{Hs} осуществляют согласно табл. П11.4.

Если кинематическая точность зубчатых колес относительно рабочей оси соответствует требованиям настоящего стандарта и требование селективной сборки не выдвигается, кинематическую точность зубчатых передач допускается не контролировать.

Таблица П11.4

Значения $C_1 - C_5$, мкм

Обозначение	Диаметр делительной окружности *d*, мм	Степень точности						
		3–6	6–7	8	9	10	11	12
C_1	До 400	4	4	—	—	—	—	—
C_2	До 400	3	8	14	—	—	—	—
C_3	До 50	5	8	14	23	36	—	—
	От 50 до 400	5	7	12	19	29	—	—
C_4	До 50	5	7	12	20	32	51	79
	От 50 до 180	5	7	11	17	27	45	71
	От 180 до 400	8	8	14	18	25	38	57
C_5	До 100	4	6	10	16	26	44	68
	От 100 до 180	3	4	7	10	19	33	56
	От 180 до 400	15	15	15	15	20	35	50

ОБРАЗЦЫ БЛАНКОВ ЗАДАНИЙ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»

ФАКУЛЬТЕТ _____
КАФЕДРА _____

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту (работе) на тему:

_____
_____
_____
_____
_____
_____

Студент _____
(Подпись, дата) (И.О. Фамилия)

Руководитель курсового проекта (работы) _____
(Подпись, дата) (И.О. Фамилия)

Москва, 20__

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой _____
(Индекс)
_____
(И.О. Фамилия)
« ___ » _____ 20 __ г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение курсового проекта (работы)
по дисциплине (тема курсового проекта или работы)

_____
_____
_____

Студент_____ (фамилия, инициалы, индекс группы)

График выполнения работы: 25 % к ____ неделе, 50 % к ____ неделе, 75 % к ____ неделе, 100 % к ____ неделе.

1. Техническое задание

_____
_____
_____

2. Оформление курсового проекта (работы)
2.1. Расчетно-пояснительная записка на ___ листах формата А4.
2.2. Перечень графического материала (плакаты, схемы, чертежи и т. п.)

_____
_____
_____

Дата выдачи задания « ____ » _____ 20__ г.

Руководитель курсового проекта (работы) _____
(Подпись, дата) (И.О. Фамилия)

Студент _____
(Подпись, дата) (И.О. Фамилия)

Примечание. Задание оформляется в двух экземплярах; один выдается студенту, второй хранится на кафедре.