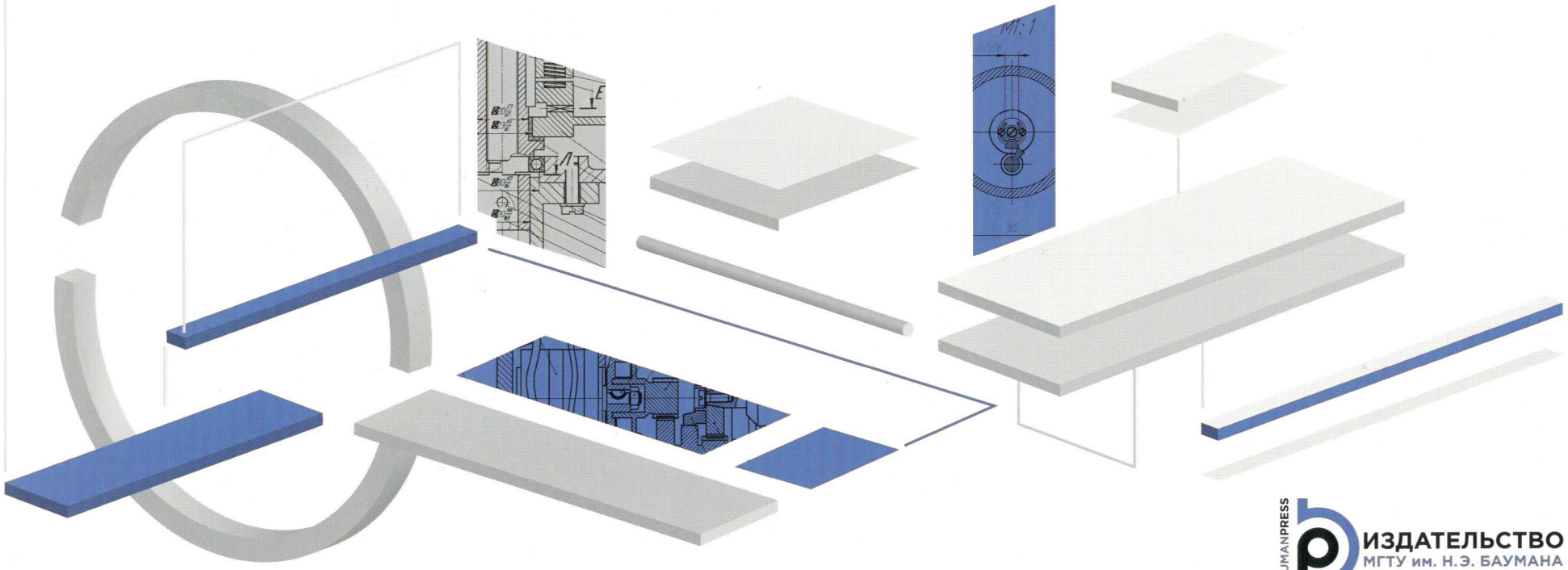
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
МГТУ им. Н.Э. БАУМАНА

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ



BAUMANPRESS
ИЗДАТЕЛЬСТВО
МГТУ им. Н.Э. БАУМАНА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»

Разработка конструкторской документации при курсовом проектировании

Учебно-методическое пособие

Под редакцией В.А. Городничева

Москва
ИЗДАТЕЛЬСТВО
МГТУ им. Н. Э. Баумана
2022

УДК 744.43
ББК 30.11
Р17

Издание доступно в электронном виде по адресу
https://bmstu.press/catalog/item/7706/

Факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
Кафедра «Элементы приборных устройств»

Рекомендовано Научно-методическим советом МГТУ им. Н.Э. Баумана в качестве учебно-методического пособия

Авторы:
Е.А. Перминова, А.А. Буцев, С.Е. Иванов, Н.И. Нарыкова

Рецензенты:
В.Н. Герди, С.Ф. Коновалов

Р17 **Разработка конструкторской документации при курсовом проектировании** : учебно-методическое пособие / [Е. А. Перминова и др.] ; под ред. В. А. Городничева. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2022. — 138, [2] с.: ил.

ISBN 978-5-7038-5920-9

Представлены материалы, необходимые для оформления конструкторской документации на типовые конструкции приборных устройств в объеме задания курсового проекта.

Для студентов 3-го и 4-го курсов МГТУ им. Н.Э. Баумана приборостроительных специальностей.

УДК 744.43
ББК 30.11

Уважаемые читатели! Пожелания, предложения, а также сообщения о замеченных опечатках и неточностях Издательство просит направлять по электронной почте: info@bmstu.press

ISBN 978-5-7038-5920-9

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022
© Оформление. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022

Учебное издание

Перминова Елена Александровна
Буцев Александр Алексеевич
Иванов Сергей Евгеньевич
Нарыкова Наталия Ивановна

Разработка конструкторской документации при курсовом проектировании

Редактор *О.М. Королева*
Художник *Я.М. Асинкритова*
Корректор *Н.В. Савельева*
Компьютерная верстка *Г.Ю. Молотковой*

Оригинал-макет подготовлен
в Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В оформлении использованы шрифты
Студии Артемия Лебедева.

Подписано в печать 30.10.2022. Формат 60×90/8.
Усл. печ. л. 17,5. Тираж 432 экз. Изд. № 1051-2021.

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, г. Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, к. 1.
info@bmstu.press
https://bmstu.press

Отпечатано в типографии МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, г. Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, к. 1.
baumanprint@gmail.com

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее пособие разработано для методического обеспечения выполняемых студентами приборостроительных и машиностроительных специальностей заданий при курсовом проектировании по дисциплинам: «Основы конструирования приборов», «Конструирование ОЭП», «Детали машин и приборов», «Детали мехатронных модулей, роботов и основы конструирования».

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 графических систем КОМПАС и др. Курсовой проект имеет характер творческой самостоятельной работы. Тематика курсовых проектов включает разработку электромеханических приводов, преобразователей, датчиков и других устройств, характерных для соответствующих специальностей и направлений подготовки.

В пособии в большом объеме приведены примеры выполнения чертежей и другой конструкторской документации, а также справочные данные по элементам передач приборных устройств, материалам, технологической обработке деталей, крепежных элементов и пр. (приложения 2 — 17).

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Основные термины и определения по проектировочной, и в том числе конструкторской, проработке изделия устанавливаются стандартами ГОСТ 2.101–2016 и ГОСТ Р 21.101–2020.

Изделием называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. Структура набора предметов производства по стандарту представляется в виде схемы, приведенной на рис. 1.

В стандартах установлены следующие виды изделий:

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



Рис. 1. Виды изделий и их структура

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).

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

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

Комплект — два или более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих 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., комплект и комплекс.

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

Особенностью работы над курсовым проектом является использование терминов, относящихся к этапам выполнения работ по проектированию *изделия как продукта производства.*

При курсовом проектировании устройств точного приборостроения этапы выполнения работ можно заменить понятиями ***проектирование*** или ***конструирование приборного устройства***, а термин ***изделие*** — названиями ***приборное устройство*** или ***разрабатываемая конструкция.***

При работе над курсовым проектом применяется также стандартный термин ***составная часть***, которой может быть названа любая деталь или сборочная единица, принадлежащая этой конструкции.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Источниками для разработки *технического задания курсового проекта* по указанным дисциплинам являются аналоги производственно-технической документации новейших разработок ведущих конструкторских бюро (КБ), техническая и учебная литература, а также патенты, авторские свидетельства и тематические инновационные разработки научно-исследовательских работ (НИР) конструкторских бюро факультетов МГТУ им. Н.Э. Баумана.

ПЕРЕЧЕНЬ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ УЧЕБНОГО КУРСОВОГО ПРОЕКТА

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

С учетом основных требований к содержанию разделов ТУ добавляют следующую информацию:

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

б) в раздел «Расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции» — ориентировочные расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность изделия (расчеты показателей долговечности, ремонтопригодности, сохраняемости и др.).

Техническое предложение (ТП) — совокупность конструкторских документов, которые должны содержать технические и технико-экономические обоснования целесообразности разработки документов ПУ на основании анализа технического задания и 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 технического предложения, устанавливается на основе технического задания и определяется разработчиком в зависимости от характера и назначения изделия. Конструкторские документы, разрабатываемые для изготовления макетов, в комплект документов технического предложения не включают. В техническое предложение включают конструкторские документы, предусмотренные техническим заданием по ГОСТ 2.102–2013; объем работ по ГОСТ 2.103–2013, ГОСТ 2.118–2013.

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. Эскизный проект служит основанием для разработки технического проекта и рабочей конструкторской документации. В комплект документов эскизного проекта включают конструкторские документы, в соответствии с ГОСТ 2.102–2013 предусмотренные техническим заданием и техническим предложением, объем работ по ГОСТ 2.119–2013.

Эскизный проект разрабатывается для установления принципиальных (конструктивных, схемных и др.) решений, дающих общее представление о принципе работы и требований. Перечень необходимых работ определяется разработчиком в зависимости от характера и назначения изделия и согласовывается с заказчиком.

При разработке эскизного проекта проводят следующие работы:

- поиск вариантов возможных решений, установление особенностей вариантов (характеристики вариантов составных частей и т. п.);

их конструкторскую проработку (глубина такой проработки должна быть достаточной для сопоставления рассматриваемых вариантов);

• разработку и обоснование технических решений, направленных на обеспечение показателей надежности, установленных техническим заданием и техническим предложением; оценку изделия на технологичность и выбор оптимального варианта (вариантов) изделия, обоснование выбора; принятие принципиальных решений; подтверждение (или уточнение) предъявляемых к изделию требований (технических характеристик, показателей качества и др.), установленных техническим заданием и техническим предложением, и определение технико-экономических характеристик и показателей, не установленных техническим заданием и техническим предложением.

Технический проект — совокупность конструкторских документов, которые должны содержать окончательные технические решения отдельных составных частей и всей конструкции. При разработке технического проекта выполняют работы, необходимые для обеспечения предъявляемых к ПУ требований и позволяющие получить полное представление о разрабатываемой конструкции, оценить ее соответствие требованиям технического задания, а также технологичность, степень сложности изготовления, способы упаковки, возможности транспортирования и монтажа на месте применения, удобство эксплуатации, целесообразность и возможность ремонта. Технический проект служит основанием для разработки рабочей конструкторской документации. Технический проект содержит конструкторские документы в соответствии с ГОСТ 2.102–2013, предусмотренные техническим заданием, а также рассмотрения технического предложения и эскизного проекта. Объем работ по ГОСТ 2.120–2013, ГОСТ 2.119–2013.

В общем случае при разработке технического проекта проводят следующие работы:

• разработку конструктивных решений изделия и его основных составных частей;

• выполнение необходимых расчетов, установленных техническим заданием;

• выполнение необходимых принципиальных схем, схем соединений и др.;

• разработку и обоснование технических решений, обеспечивающих показатели надежности, установленные техническим заданием и предшествующими стадиями разработки;

• анализ конструкции изделия на технологичность в условиях данного конкретного производства, в том числе по использованию имеющегося на предприятии оборудования, а также учета в данном проекте требований нормативно-технической документации, действующей на предприятии-изготовителе; выявление необходимого для производства изделий нового оборудования; разработку метрологического обеспечения (выбор средств и методов измерения);

• оценку возможности транспортирования, хранения, а также монтажа изделия на месте его применения;

• оценку эксплуатационных данных изделиям (взаимозаменяемости, удобства обслуживания, ремонтопригодности, устойчивости против воздействия внешней среды, возможности быстрого устранения отказов, контроля качества работы изделия, обеспеченность средствами контроля технического состоянии и др.).

Изображения на чертежах выполняют с упрощениями, предусмотренными стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) для рабочих чертежей конструкторской документации (КД). Покупные и заимствованные составные части ПУ изображают в виде контурных очертаний, если при этом обеспечено понимание конструктивного устройства разрабатываемой конструкции, взаимодействия ее составных частей и принципа работы ПУ. Расчетно-пояснительную записку технического предложения выполняют по ГОСТ Р 2.102–2019.

ВИДЫ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ

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

Графическая часть КД включает в себя:

• технические условия — документ, содержащий требования к разрабатываемому приборному устройству, его изготовлению, контролю, приемке и поставке, которые указывают и в других конструкторских документах;

• чертеж общего вида — документ, определяющий конструкцию разрабатываемого ПУ, взаимодействие составных частей конструкции и поясняющий принцип работы изделия;

• габаритный чертеж — документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение ПУ с габаритными, установочными и присоединительными размерами;

• кинематическую схему — документ, содержащий графическое изображение конструкции 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 2.703–2011, ГОСТ 2.770–68 и ГОСТ 2.721–74;

• сборочный чертеж — документ, содержащий изображение чертежа сборки ПУ или чертежей сборочных единиц, а также список технологических рекомендаций, необходимый для сборки (изготовления) и контроля;

• спецификацию — документ, определяющий состав конструкции 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 ее изготовления и контроля;

• расчетно-пояснительную записку — документ, содержащий описание разрабатываемого ПУ и его принципа действия, а также обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений на основании всех необходимых расчетов ГОСТ Р 2.102–2019.

СОДЕРЖАНИЕ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА И ТРЕБОВАНИЯ К НЕЙ

Графическая часть курсового проекта включает:

1) эскизно-компоновочный чертеж общего вида (формат А1);
2) чертеж принципиальной кинематической схемы (формат А2);
3) габаритный чертеж (формат А2);
4) чертеж общего вида технического проекта (формат А1);
5) таблицы перечня составных частей конструкции (формат А4);
6) структурную схему сборки (форматы А4, А3);
7) общий сборочный чертеж (форматы А2, А1);
8) спецификацию чертежа общего сборочного чертежа (формат А4);
9) чертежи сборочных единиц (формат А2 или А3);
10) спецификации чертежей сборочных единиц (формат А4);
11) чертежи деталей (форматы А4, А3).

Общий объем графической части курсового проекта составляет 5 листов формата А1. Состав чертежей в этом объеме определяется в процессе консультаций, согласования и окончательного утверждения консультантом по курсовому проекту.

Таблицы спецификаций к сборочным чертежам помещают в расчетно-пояснительную записку (РПЗ) в разделе «Приложение».

ЭСКИЗНО-КОМПОНОВОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ ОБЩЕГО ВИДА ПРИБОРНОГО УСТРОЙСТВА

Чертеж эскизно-компоновочного проекта является черновиком работы студента при проектировании конструкции. Этот чертеж выполняется на миллиметровой бумаге формата А1 и предназначен для работы студента над различными вариантами всей конструкции и отдельных ее составных частей. Компоновка эскизно-компоновочного чертежа начинается с разработки *развертки* редуктора.

Разверткой называют сложный ломаный разрез (осевое сечение) конструкции в плоскостях, проходящих последовательно через геометрические оси валов на плане редуктора ПУ.

Взаимное расположение элементов привода в конструкции с учетом конструкторско-технологических соображений и в соответствии с габаритно-монтажными требованиями технического задания называют *компоновкой конструкции*. При решении задачи компоновки предусматривают пространственное расположение элементов редуктора, конструкцию корпуса с соответствующими элементами его монтажа, размещение электродвигателей, датчиков, муфт, микровыключателей, потенциометров, электрических разъемов и других составных частей конструкции.

Так как размеры отдельных частей привода находят расчетным путем (размеры зубчатых колес, муфт, опор и т. п.), то задача компоновки в комплексе является весьма сложной задачей со множеством разнородных параметров и решение ее не может быть однозначным.

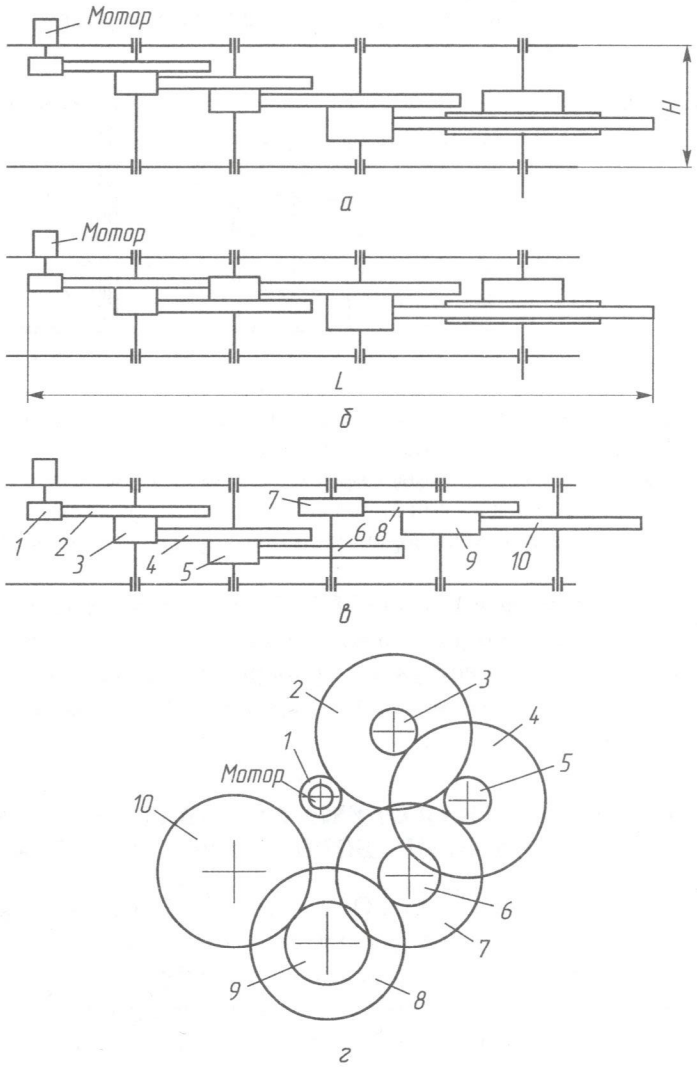


Рис. 2. Варианты компоновки редукторов приводов:
а — лестничная; *б* — двухрядная; *в* — трехрядная; *г* — вид в плане трехрядной компоновки

Поиск наиболее рационального варианта компоновки начинается на первых этапах проектирования. Как уже отмечалось, кинематические расчеты редукторов в приводах ведутся по функциональным критериям (минимизация габаритов, погрешности, приведенного момента инерции, равнопрочность и др.). После выполнения основных расчетов, которые заканчиваются расчетом геометрических параметров колес, шестерен и межосевых расстояний между ними в паре зацепления, производится поиск вариантов оптимальной компоновки. Однако при компоновке привода приходится корректировать рассчитанные размеры колес и межосевых расстояний для более рационального размещения зубчатых пар в корпусе редуктора. Часто составные части предохранительных муфт силовых приводов выполняют совмещенными с выходным зубчатым колесом, что также влияет на общую компоновку редуктора. На рис. 2 в качестве примера представлены часто встречающиеся варианты компоновки редукторов (*а* — лестничная, *б* — двухрядная, *в*, *г* — трехрядная). Из приведенного примера видно, что лестничное расположение зубчатых пар при достаточно большом числе ступеней приводит к увеличению размера корпуса и увеличению длин валов. При двухрядной компоновке (см. рис. 2, *б*) валы становятся короткими, что делает конструкцию более компактной по высоте H, уменьшает ее массу, увеличивает жесткость валов. Однако при этом увеличивается размер L и ухудшаются условия параллельности осей валов, так как при малой базе расположения опор увеличиваются углы перекоса валов при допускаемых зазорах в опорах.

Трехрядная компоновка (см. рис. 2, *в*, *г*), как видно из сравнения всех трех вариантов, является компромиссным вариантом. На рис. 2, *г* показан вид в плане относительно вала двигателя компоновки редуктора привода, выполненного по рис. 2, *в*.

Эскизно-компоновочный чертеж также должен содержать изображения основных проекций всей конструкции, необходимые виды, разрезы и сечения. Изображения выполняют с максимальными упрощениями, предусмотренными стандартами ЕСКД. Покупные элементы ПУ изображают в виде контурных очертаний, если при этом обеспечено понимание конструкции всего устройства.

Текстовая часть эскизно-компоновочного чертежа может содержать:

– технические характеристики, необходимые для удобства сопоставления вариантов по чертежу общего вида;

– размеры и другие надписи, наносимые на изображения по согласованию с преподавателем.

ПРИМЕРНЫЙ ПОРЯДОК РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИВОДА

Расчет и проектирование привода целесообразно вести в таком порядке:

1) анализ исходных данных на проектирование;
2) определение типоразмера двигателя по необходимой мощности;
3) проверка правильного выбора двигателя по табличному значению его пускового момента;
4) определение общего передаточного отношения приборного устройства;
5) составление вариантов кинематической схемы и состава ПУ; сравнительный анализ вариантов;
6) распределение общего передаточного отношения редуктора по отдельным ступеням;
7) выбор чисел зубьев колес редуктора;
8) расчет моментов на валах редуктора;
9) определение модулей зубчатых колес редуктора;
10) определение геометрических размеров зубчатых колес редуктора;
11) эскизирование компоновки;
12) предварительный расчет диаметров валов ПУ;
13) предварительный расчет других элементов ПУ (муфт, потенциометров и т. п.);
14) уточняющие расчеты основных характеристик привода и доработка конструкции;
15) расчеты на точность.

ОФОРМЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ НАДПИСЕЙ В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ЕСКД

Формы, размеры, порядок заполнения основных надписей и дополнительных граф к ним в конструкторских документах предусмотрены стандартами ЕСКД. Стандарт определяет содержание, расположение и размеры граф основных надписей для чертежей и схем на первом и последующих листах (приложение 1, рис. П1.1).

Основные надписи, дополнительные графы к ним и рамки выполняют сплошными основными и сплошными тонкими линиями по ГОСТ 2.303–68. Основные надписи располагают в правом нижнем углу конструкторского документа (рис. 3).

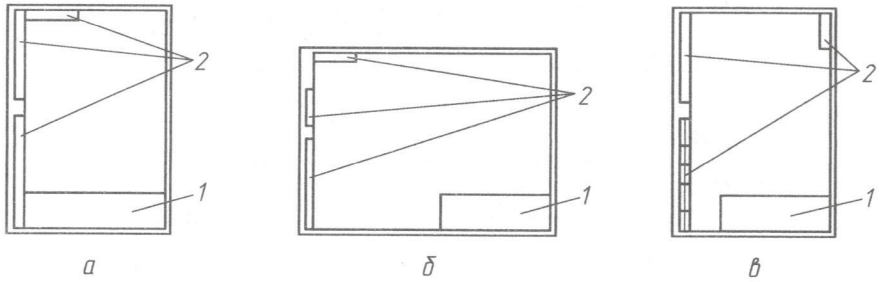


Рис. 3. Расположение основной надписи на чертеже (*1* — основная надпись; *2* — дополнительная графа):
а — для формата А4; *б* — для формата больше А4 при расположении основной надписи вдоль длинной стороны листа; *в* — для формата больше А4 при расположении основной надписи вдоль короткой стороны листа

На листах формата А4 по ГОСТ 2.301–68 основные надписи располагаются вдоль короткой стороны листа графического изображения разрабатываемой конструкции приборного устройства; на листах форматов А3, А2, А1 — как вдоль короткой, так и вдоль длинной стороны листа.

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ КОНСТРУКЦИИ ПРИБОРНОГО УСТРОЙСТВА

Кинематическая схема по ГОСТ 2.703–2011 должна содержать изображение принципиально важных составных частей конструкции с использованием стандартных условных обозначений и связи между ними, дающее полное представление о принципе работы ПУ. Кинематическую схему выполняют предпочтительно в аксонометрической проекции (в изометрии) (приложение 1, рис. П1.2, П1.3), реже в ортогональной системе условных изображений (в плоскости) по ГОСТ 2.770–68, ГОСТ 2.721–74 и ГОСТ 2.771–2016.

Если в указанных ГОСТах отсутствует условное изображение какого-либо элемента, то можно ввести самостоятельное условное изображение с соответствующими пояснениями на полках линий-

выносок. На поле чертежа кинематической схемы над основной надписью располагают техническую характеристику ПУ в виде списка: указывают угловую скорость вращения выходного вала, момент нагрузки выходного вала или линейную скорость движения выходного звена, силу на выходном звене и другие параметры, установленные техническим заданием.

На полках линий-выносок указывают номера валов римскими цифрами (нумерация начинается с вала двигателя), модули, числа зубьев, соответствующие парам зацепления колес, пронумерованных арабскими цифрами. Кроме того, на полках линий-выносок указывают табличные значения основных параметров электродвигателя, потенциометра, момент срабатывания предохранительной муфты, крайние положения выходного звена и другие параметры по ГОСТ 2.721–74.

ЧЕРТЕЖ ОБЩЕГО ВИДА ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА

Чертеж общего вида технического проекта выполняют на основании эскизно-компоновочного чертежа общего вида в формате А1 по ГОСТ 2.119–74, ГОСТ 2 053–2013 (ГОСТ 2.301–68 остается действующим). Чертеж общего вида технического проекта является головным конструкторским документом. На основе этого чертежа разрабатываются все рабочие конструкторские документы. Чертеж общего вида технического проекта должен содержать изображение конструкции в двух основных проекциях: вид сверху (обычно со стороны двигателя) и вид снизу (со стороны выходного звена), а также развертку редуктора и другие виды, разрезы, сечения, необходимые для понимания конструкции ПУ, взаимодействия ее составных частей. На поле чертежа располагают текстовую часть и надписи. Текстовую часть помещают над основной надписью (приложение 1, рис. П1.5–П1.7).

Надписи на чертеже должны содержать:

- указания о назначенных посадках основных составных частей и деталей (посадки в корпусные детали по посадочным местам двигателей, потенциометров, подшипников, а также колес на вал, установочных или центрирующих штифтов и др.) по ГОСТ 2.307–2011;
- в отдельных случаях (при проектировании механических передач) — указания межосевых расстояний между валами с предельными отклонениями (по стандартному отклонению J_s);
- обозначения посадок подшипников качения, связанные с расположением и обозначениями полей допусков внутреннего и наружного колец подшипника.

В состав текстовой части чертежа по ГОСТ 2.316–2008 входят:

- технические требования к разрабатываемой конструкции: размеры, предельные отклонения размеров; зазоры, расположение отдельных элементов конструкции; требования, предъявляемые к настройке и регулированию изделия;
- технические характеристики ПУ (угловая скорость вращения выходного вала или линейная скорость движения выходного звена, момент нагрузки выходного вала или сила на выходном звене) и другие параметры, установленные техническим заданием.

Наименования и номера позиций составных частей разрабатываемой конструкции ПУ на чертежах общего вида указывают в таблице, выполненной на отдельных листах формата А4 по ГОСТ 2.004–88 в качестве последующих листов чертежа общего вида. Таблицы перечня составных частей по указанию преподавателя помещают либо в дополнительных листах чертежа общего вида, либо в расчетно-пояснительную записку в разделе «Приложение».

На полках линий-выносок указывают номера позиций составных частей, включенных в таблицу (приложение 1, рис. П1.8).

Запись составных частей в таблицу рекомендуется осуществлять в следующем порядке:

- заимствованные изделия;
- покупные изделия;
- вновь разрабатываемые изделия.

Элементы чертежа общего вида ПУ (номера позиций, текст технических требований, надписи и др.) выполняют по правилам, установленным стандартами ЕСКД для рабочих чертежей КД в соответствии с ГОСТ 2.120–2013, ГОСТ 2.119–2013. Отдельные изображения составных частей конструкции размещают на одном общем листе с изображениями всего ПУ или на отдельных (последующих) листах чертежа общего вида.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СБОРКИ

Структурная схема общей сборки проектируемого ПУ составляется перед выполнением сборочного чертежа всего приборного устройства и чертежей сборочных единиц.

В процессе разработки этой схемы:

- определяется последовательность сборочных операций;
- проверяется собираемость изделия и технологичность сборки;
- вся конструкция разбивается на отдельные сборочные единицы;
- назначаются номера условного обозначения каждой детали и каждой сборочной единицы.

Структурная схема сборки представляет собой графическое изображение поэлементного процесса сборки всей конструкции из отдельных ее составных частей и деталей. Условные изображения деталей и сборочных единиц в виде прямоугольников, соединенные между собой линиями, соответствуют последовательности процесса сборки (приложение 1, рис. П1.13).

Процесс разработки структурной схемы курсового проекта начинается в обратном по отношению к реальному процессу сборки на производстве порядке. Вся конструкция разбивается на сборочные единицы и на отдельные детали. Некоторые детали (в том числе крепежные) могут быть установлены в изделии только поэлементно.

Прослеживая процесс сборки изделия, можно заметить, что сложные сборочные единицы, например редуктор, можно разделить на сборочные единицы, такие как валы в сборе с люфтовыбирающим устройством колес или с колесами и предохранительной муфтой.

Сборочные единицы, например валы, в сборе с зубчатыми колесами собираются только из отдельных деталей. Таким образом, структурная схема сборки отражает порядок сборки всей конструкции.

Процесс присвоения номера условного обозначения сборочной единицы и каждой детали при курсовом проектировании состоит в следующем. Присваивается условное обозначение конструкции в целом в следующем порядке: РЛ5 — код кафедры МГТУ им. Н.Э. Баумана; первый разряд (00) — номер темы задания на курсовой проект, назначенный студенту; второй (00) — для нумерации сложных сборочных единиц (например, редуктор); третий (00) — для сборочных единиц (например, вал 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 вводятся дополнительные разряды.

Например, ПУ, проектируемое студентом по теме задания 5, будет иметь обозначение РЛ5 05. 00. 00. 00. При обозначении чертежей КД курсового проекта к цифровому обозначению добавляется дополнительный элемент кода по ГОСТ 2.102.–2013, например: для общего сборочного чертежа — СБ, для чертежа общего вида — ВО, для принципиальной кинематической схемы — К3, электрической — Э, оптической — Л, комбинированной — С. 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, датчик, коммутирующее устройство) обозначаются своей паспортной маркировкой. Условное обозначение стандартного изделия должно соответствовать ГОСТу.

ОБЩИЙ СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ

Общий сборочный чертеж отражает последний этап сборки в соответствии с разработанной по заданной теме структурной схеме сборки и должен содержать:

- изображение разрабатываемой конструкции, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу и обеспечивающих возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы;
- габаритные размеры ПУ;

• указания о назначенных посадках основных составных частей и деталей (посадки в корпусные детали по посадочным местам двигателей, потенциометров, подшипников, а также колес на вал, установочных или центрирующих штифтов и др.), соответствующие последнему этапу сборки по ГОСТ 2.307–2011;

• установочные и присоединительные размеры;

• перемещающиеся части конструкции, изображенные в рабочем положении; крайние положения показывают изображением подвижного элемента тонкими пунктирными линиями с указанием перемещений;

• указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается не только заданными предельными отклонениями размеров, а подбором, пригонкой и т. п., а также указания о выполнении неразъемных соединений (сварных, паяных и др.);

• справочные размеры и другие параметры, например, для зубчатых колес, служащих элементами внешней связи — модуль, число и направление зубьев, а также другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному чертежу;

• номера позиций составных частей разрабатываемого ПУ; проставлять номера позиций на полках линий-выносок при оформлении чертежа рекомендуется после составления спецификации на чертеж, так как порядок занесения элементов в ее графы определяет стандарт (приложение 1, рис. П1.10, П1.11); при этом цифры позиций общего сборочного чертежа никак не связаны с цифрами нумерации таблицы перечня составных частей ПУ к чертежу общего вида.

При выполнении сборочных чертежей допускаются следующие упрощения:

• если в состав данной сборочной единицы входят другие сборочные единицы, на которые в составе КД имеются подробные чертежи, то эти сборочные единицы на разрезах изображают нерассеченными;

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

• если в составе сборочного чертежа имеются одинаковые по форме и размерам составные части (отверстия, колеса, винты, штифты и др.), то подробно изображают одно 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 составе КД имеются отдельные чертежи, можно не показывать фаски, радиусы скруглений, проточки, углубления, выступы и т. п., 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 т. п., закрывающие другие важные части изображения, не показывают, сопровождая изображение надписями, например, «Верхняя часть корпуса не показана»;

• крепежные элементы изображают упрощенно по ГОСТ 2.311–68, 2.315–68 и ГОСТ 2.305–2008.

ГАБАРИТНЫЙ ЧЕРТЕЖ

Габаритный чертеж должен содержать контурное (упрощенное) изображение ПУ. Чертеж выполняют на формате А2 в двух или трех проекциях. Графическое выполнение чертежа должно соответствовать стандартам ЕСКД, т. е. содержать в одном масштабе проекции и иметь полную информацию по габаритным, установочным и присоединительным размерам. Надпись на чертеже должна содержать условия транспортировки, хранения и эксплуатационные требования к разрабатываемой конструкции (приложение 1, рис. П1.4).

СПЕЦИФИКАЦИЯ

Спецификацию составляют на отдельных листах для каждого сборочного чертежа, начиная с общего сборочного чертежа (приложение 1, рис. П1.12). Цифры позиций элементов сборочной единицы определяются последовательностью заполнения спецификации и не связаны с цифрами нумерации деталей таблицы перечня, прилагаемой к чертежу общего вида.

Спецификация состоит из разделов, которые располагают в такой последовательности:

1) документация;
2) сборочные единицы;
3) детали;
4) стандартные изделия;
5) покупные или заимствованные изделия.

Таблицы спецификаций помещают в расчетно-пояснительную записку в разделе «Приложение».

ЧЕРТЕЖИ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ

Требования к чертежам сборочных единиц те же, что и требования к общему сборочному чертежу. В соответствии со схемой сборки руководитель проекта назначает: либо сложные сборочные единицы, например, редуктор; либо сборочные единицы, такие как валы в сборе с колесами и предохранительной муфтой или с люфтовыбирающим устройством колес; либо сборочные единицы, собираемые только из отдельных деталей, например, валы в сборе с зубчатыми колесами и пр. Общий объем формата чертежей сборочных единиц составляет три чертежа формата А3 (приложение 1, рис. П1.12 (см. таблицу слева) — П1.24).

ПРОСТАНОВКА НОМЕРОВ ПОЗИЦИЙ НА СБОРОЧНОМ ЧЕРТЕЖЕ

На сборочном чертеже все составные части сборочной единицы нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации этой сборочной единицы:

- номера позиций проставляют на полках линий-выносок, проводимых от изображений составных частей;
- номера позиций указывают только на видимых изображениях, как правило, на основных видах или заменяющих их местных разрезах;
- номера позиций располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют в столбец или строчку по возможности на одной линии;
- номера позиций обычно наносят один раз; в то же время допускается повторно указывать номер позиции одинаковых составных частей.

Размер шрифта номеров позиций должен быть на один-два номера больше, чем размер шрифта, принятого для размерных чисел на том же чертеже в соответствии с ГОСТ 2.109–73.

ЧЕРТЕЖИ ДЕТАЛЕЙ

Чертеж детали должен содержать изображение детали, а также виды, разрезы, сечения и выносные элементы, полностью определяющие форму детали. Изображение детали на чертеже должно быть ориентировано параллельно относительно основной надписи в положении, в котором деталь располагается при обработке на станке.

На рабочем чертеже детали указывают все необходимые для изготовления размеры с числовыми значениями их предельных отклонений в миллиметрах (мм), например: $\varnothing\ 10_{-0,015}$, или с буквенным обозначением поля допуска и квалитета, например: $\varnothing\ 10\ h7$.

Номинальные размеры деталей и их предельные отклонения должны полностью соответствовать посадкам, указанным при сопряжении этих деталей с другими на чертеже общего вида и на сборочных чертежах.

Также на чертеже указывают допуски на отклонения формы (прямолинейность, цилиндричность, плоскостность и т. д.) и расположения поверхностей (соосность, перпендикулярность, параллельность, радиальные и осевые биения), шероховатость поверхностей и другие данные в соответствии с ГОСТ 2.308–2011. Для деталей, подвергаемых покрытию, указывают размеры и шероховатость до нанесения покрытия. Над основной надписью помещают текстовую часть с указанием требований к твердости поверхностей и покрытиям, а также не указанные на чертеже предельные отклонения на несопрягаемые размеры в соответствии с требованиями ГОСТ 2.104–2006 (приложение 1, рис. П1.25–П1.41).

Неуказанные предельные отклонения несопрягаемых размеров, за исключением радиусов скруглений и фасок, на предприятиях точного приборостроения назначают по квалитетам 11, 12, по классам точности — точный и средний.

Для деталей с элементами зубчатого зацепления в правом верхнем углу поля чертежа размещают стандартную таблицу с параметрами зацепления (см. приложение 1, рис. П1.25–П1.29, П1.41). В случае когда деталь представляет собой блок колес, таблица дополняется соответственно одним или двумя столбцами. В основной надписи

чертежа детали указывают наименование в именительном падеже единственного числа. В наименовании, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное, например: «Колесо зубчатое». В основной надписи указывают условное стандартное обозначение материала, его наименование, марку и номер стандарта, например: «Сталь 45 ГОСТ 1050–2013».

В список обязательных чертежей деталей при выполнении курсового проекта входят:

- чертеж корпусной детали (формат А3);
- чертеж колеса (форматы А4, А3);
- чертеж вала (формат А3);
- чертеж пружины (формат А4).

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Расчетно-пояснительную записку курсового проекта (РПЗ), содержание которой сопровождают необходимые схемы, таблицы и чертежи, выполняют на листах формата А4, установленных ГОСТ 2.301–68. Общий объем РПЗ курсового проекта составляет 35 листов.

Надпись и дополнительные графы к ней выполняют в соответствии с требованиями к пояснительной записке конструкторской документации изделия по ГОСТ 2.104–2006.

Расчетно-пояснительная записка курсового проекта должна начинаться с титульного листа по форме, утвержденной Учебно-методическим управлением МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Вторым листом *обязательно* является заполненный студентом оригинал бланка задания по теме курсового проекта, подписанный консультантом (руководителем), с обозначением даты выдачи.

Расчетно-пояснительная записка в общем случае должна включать в себя:

- оглавление;
- введение (с указанием, на основании каких документов разработан проект);
- наименование и область применения проектируемого изделия;
- техническую характеристику;
- описание и обоснование выбранной конструкции;
- расчеты на прочность и жесткость элементов разрабатываемой конструкции, а также расчеты муфт, датчиков обратной связи, опор, расчеты погрешностей, подтверждающие работоспособность и надежность ПУ;
- список использованной литературы;
- приложение в составе таблиц перечня составных частей и таблиц спецификаций;
- чертеж эскизно-компоновочного проекта на миллиметровой бумаге формата А1 с изображением различных вариантов всей конструкции и отдельных ее составных частей.

ЛИТЕРАТУРА

Андреева Л.Е. Упругие элементы приборов. М.: Машиностроение, 1981. 392 с.

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

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

Палей М.А., *Романов А.Б.*, *Брагинский В.А.* Допуски и посадки: справ.: в 2 ч. СПб.: Политехника, 2009. Ч. 1. 629 с.; Ч. 2. 629 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.

Кокорев Ю.А., *Жаров В.А.*, *Торгов А.М.* Расчет электромеханического привода: учеб. пособие / под ред. В.Н. Баранова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1995. 132 с.

Расчет электромеханического привода: метод. указания к выполнению домашнего задания / Ю.А. Кокорев, В.А. Жаров, А.Я. Ожелельев, О.В. Готальская; под ред. О.Ф. Тищенко. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. 47 с.

Ключникова Л.В., *Ключников В.В.* Проектирование оптико-механических приборов: учеб. пособие. СПб.: Политехника, 1995. 206 с.

Левицкий В.С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей. М.: Высш. шк., 2004. 435 с.

Латыев С.М. Конструирование точных (оптических) приборов: учеб. пособие. СПб.: Политехника, 2007. 579 с.

Основы конструирования приборов: метод. указания и технические задания по курсовому проектированию / В.Н. Баранов, А.А. Буцев, А.И. Ере-

меев 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. М.: Машиностроение, 1992. 606 с.

Пивоваров В.Н., *Нарыкова Н.И.*, *Климов В.Н.* Разработка конструкторской документации при курсовом проектировании: учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 60 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.

Разработка конструкторской документации при курсовом проектировании: учеб. пособие: В 2 ч. Ч. 2 / И.С. Потапцев, Н.И. Нарыкова, Е.А. Перминова, А.А. Буцев. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. 80 с.

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

Справочник конструкций точного приборостроения / под общ. ред. К.Н. Явленского. Л.: Машиностроение: Ленинград. отд-ние, 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.

Элементы приборных устройств. Курсовое проектирование: в 2 ч. / под ред. О.Ф. Тищенко. М.: Высш. шк., 1978. Ч. 1. 304 с.; Ч. 2. 232 с.

Элементы приборных устройств. Основной курс: учебное пособие для студентов вузов: в 2 ч. / под ред. О.Ф.Тищенко. М.: Высш. шк., 1982. Ч. 1. 304 с.; Ч. 2. 263 с.

Примеры рабочих чертежей курсового проекта

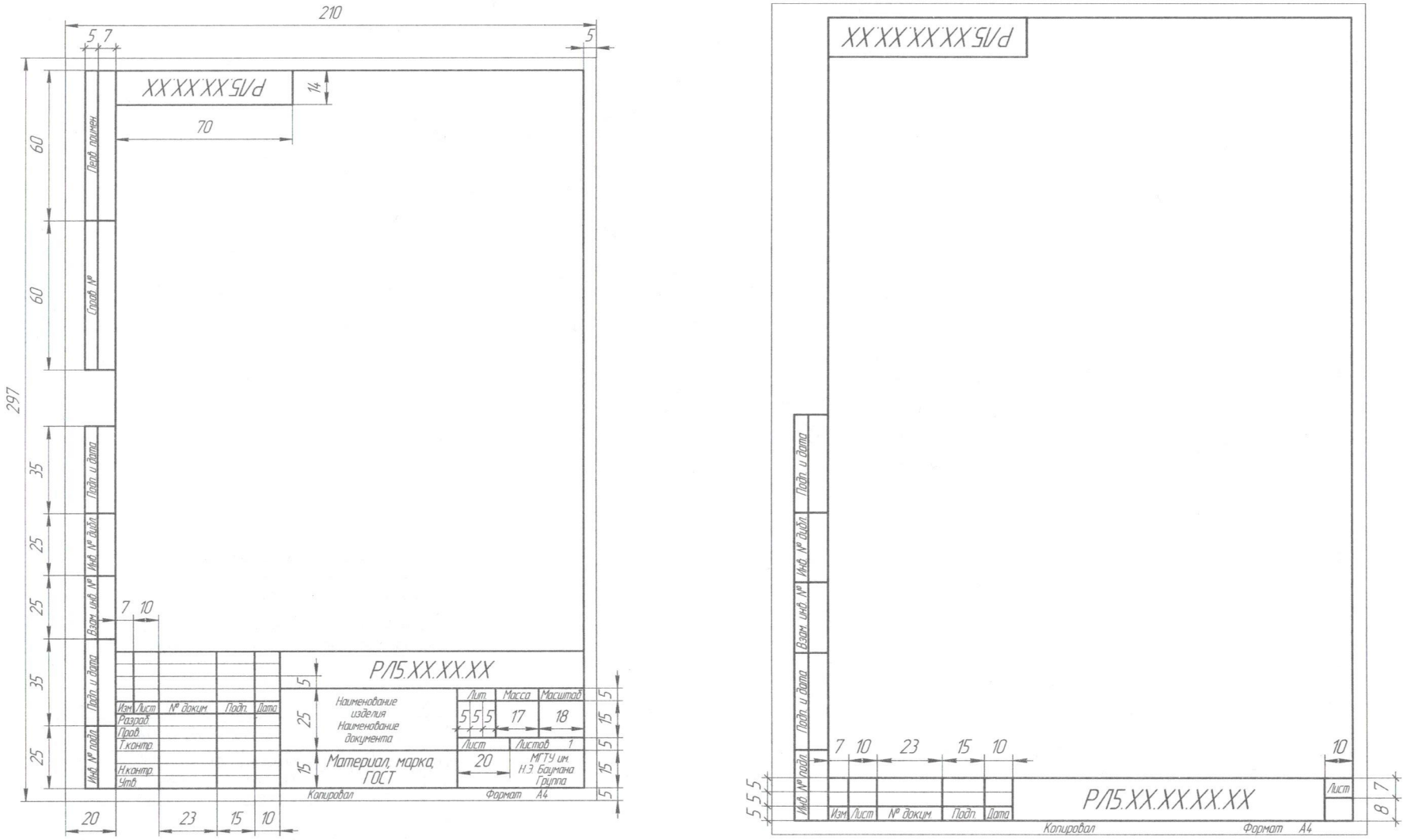


Рис. П1.1

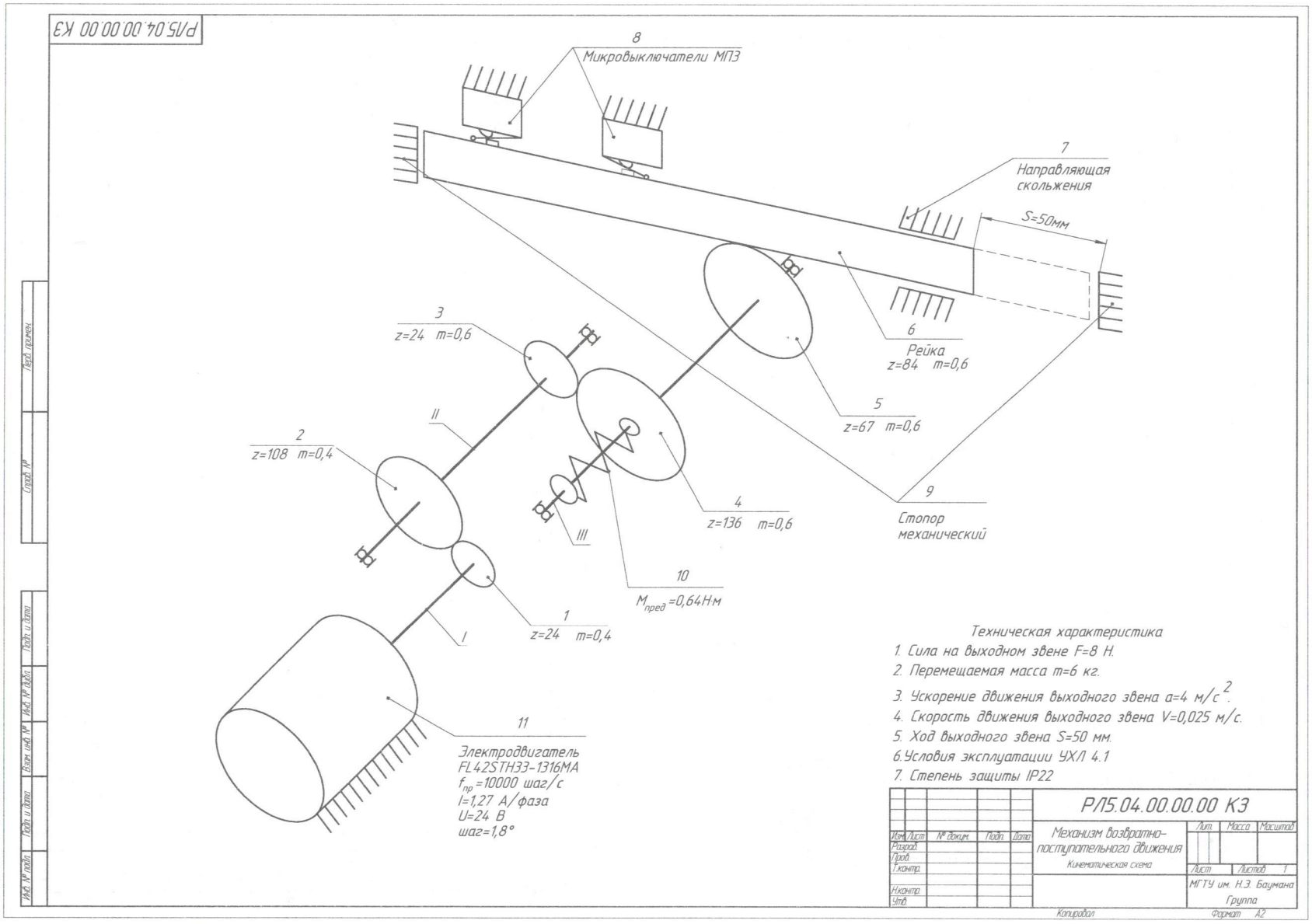

Р/15.04.00.00.00 К3
8
Микровыключатели МПЗ
7
Направляющая скольжения
S=50мм
6
Рейка
z=84 m=0,6
5
z=67 m=0,6
3
z=24 m=0,6
II
2
z=108 m=0,4
4
z=136 m=0,6
9
Стопор механический
III
10
$M_{пред}$=0,64Нм
1
z=24 m=0,4
I
11
Электродвигатель
FL42STH33-1316MA
$f_{пр}$=10000 шаг/с
I=1,27 А/фаза
U=24 В
шаг=1,8°
Техническая характеристика
1. Сила на выходном звене F=8 Н.
2. Перемещаемая масса m=6 кг.
3. Ускорение движения выходного звена a=4 м/с^2.
4. Скорость движения выходного звена V=0,025 м/с.
5. Ход выходного звена S=50 мм.
6.Условия эксплуатации УХЛ 4.1
7. Степень защиты IP22
Р/15.04.00.00.00 К3
Механизм возвратно-поступательного движения
Кинематическая схема
Лит.
Масса
Масштаб
Лист
Листов 1
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Группа
Копировал
Формат А2

Рис. П1.2

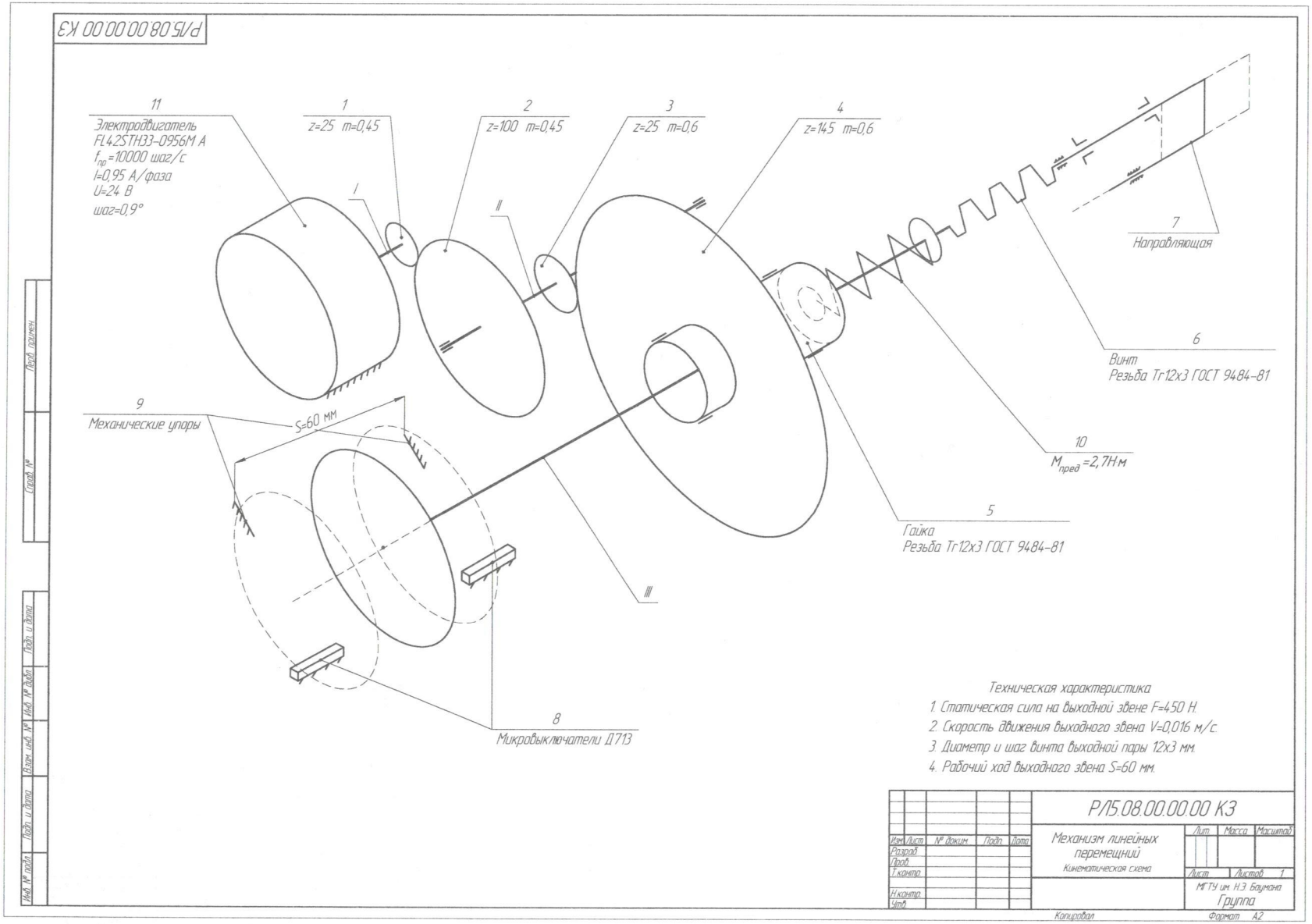

Р/15.08.00.00.00 КЗ
11
Электродвигатель
FL42STH33-0956M A
$f_{пр}$=10000 шаг/с
I=0,95 А/фаза
U=24 В
шаг=0,9°
1
z=25 m=0,45
2
z=100 m=0,45
3
z=25 m=0,6
4
z=14,5 m=0,6
I
II
III
7
Направляющая
6
Винт
Резьба Tr12x3 ГОСТ 9484-81
10
$M_{пред}$=2,7Н·м
5
Гайка
Резьба Tr12x3 ГОСТ 9484-81
9
Механические упоры
S=60 мм
8
Микровыключатели Д713
Техническая характеристика
1. Статическая сила на выходной звене F=450 Н.
2. Скорость движения выходного звена V=0,016 м/с.
3. Диаметр и шаг винта выходной пары 12х3 мм.
4. Рабочий ход выходного звена S=60 мм.
Р/15.08.00.00.00 КЗ
Механизм линейных перемещний
Кинематическая схема
Лит.
Масса
Масштаб
Лист
Листов 1
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Группа
Копировал
Формат А2

Рис. П1.3

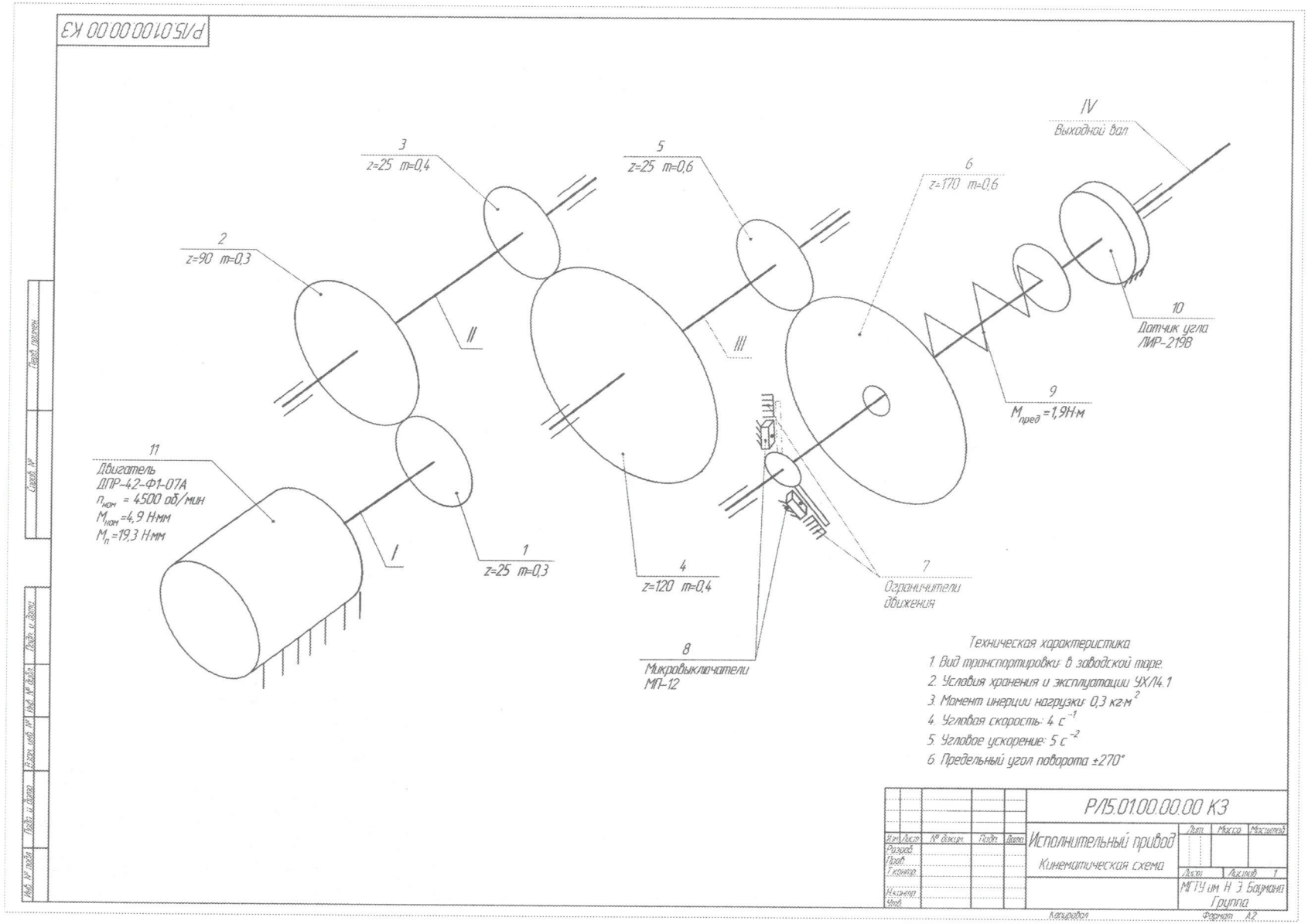

Р/15.01.00.00.00 К3
IV
Выходной вал
3
z=25 m=0,4
5
z=25 m=0,6
6
z=170 m=0,6
2
z=90 m=0,3
II
III
10
Датчик угла
ЛИР-219В
9
Mпред =1,9Н·м
11
Двигатель
ДПР-42-Ф1-07А
nном = 4500 об/мин
Mном =4,9 Н·мм
Mп =19,3 Н·мм
I
1
z=25 m=0,3
4
z=120 m=0,4
7
Ограничители
движения
8
Микровыключатели
МП-12
Техническая характеристика
1. Вид транспортировки: в заводской таре.
2. Условия хранения и эксплуатации УХЛ4.1
3. Момент инерции нагрузки: 0,3 кг·м2
4. Угловая скорость: 4 с-1
5. Угловое ускорение: 5 с-2
6. Предельный угол поворота ±270°
Р/15.01.00.00.00 К3
Исполнительный привод
Кинематическая схема
Лит.
Масса
Масштаб
Лист
Листов 1
МГТУ им Н.Э. Баумана
Группа
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Копировал
Формат А2

Рис. П1.4

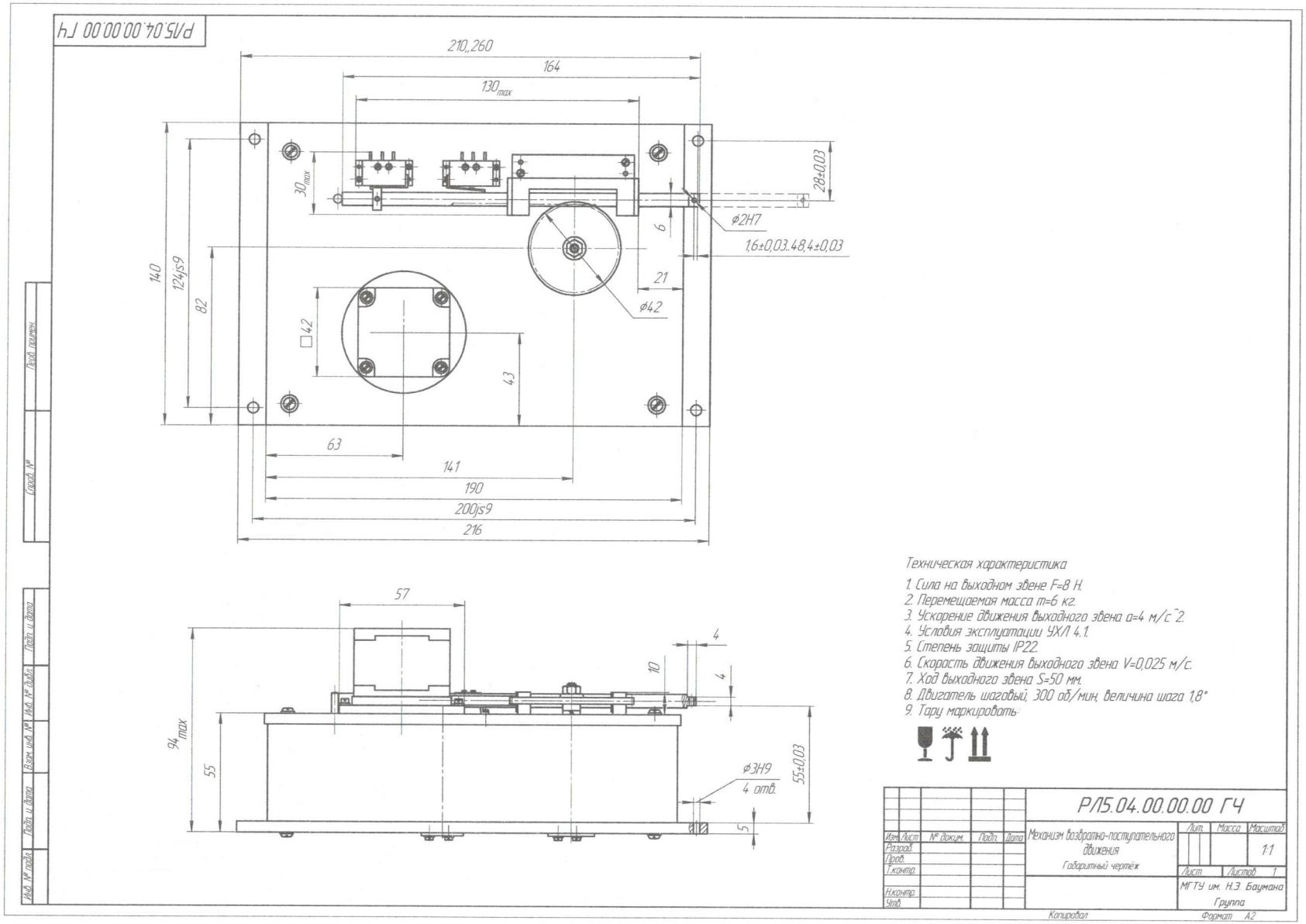

Р/15.04.00.00.00 ГЧ
210..260
164
130max
30max
28±0,03
ϕ2H7
1,6±0,03
48,4±0,03
6
21
ϕ42
140
124js9
82
□42
43
63
141
190
200js9
216
57
4
10
4
94max
55
ϕ3H9
4 отв.
55±0,03
5
Техническая характеристика
1. Сила на выходном звене F=8 Н.
2. Перемещаемая масса m=6 кг.
3. Ускорение движения выходного звена a=4 м/с^2.
4. Условия эксплуатации УХЛ 4.1.
5. Степень защиты IP22.
6. Скорость движения выходного звена V=0,025 м/с.
7. Ход выходного звена S=50 мм.
8. Двигатель шаговый, 300 об/мин, величина шага 1,8°
9. Тару маркировать.
Р/15.04.00.00.00 ГЧ
Механизм возвратно-поступательного движения
Габаритный чертёж
Лит.
Масса
Масштаб
1:1
Лист
Листов 1
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Группа
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Копировал
Формат А2
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата

Рис. П1.5

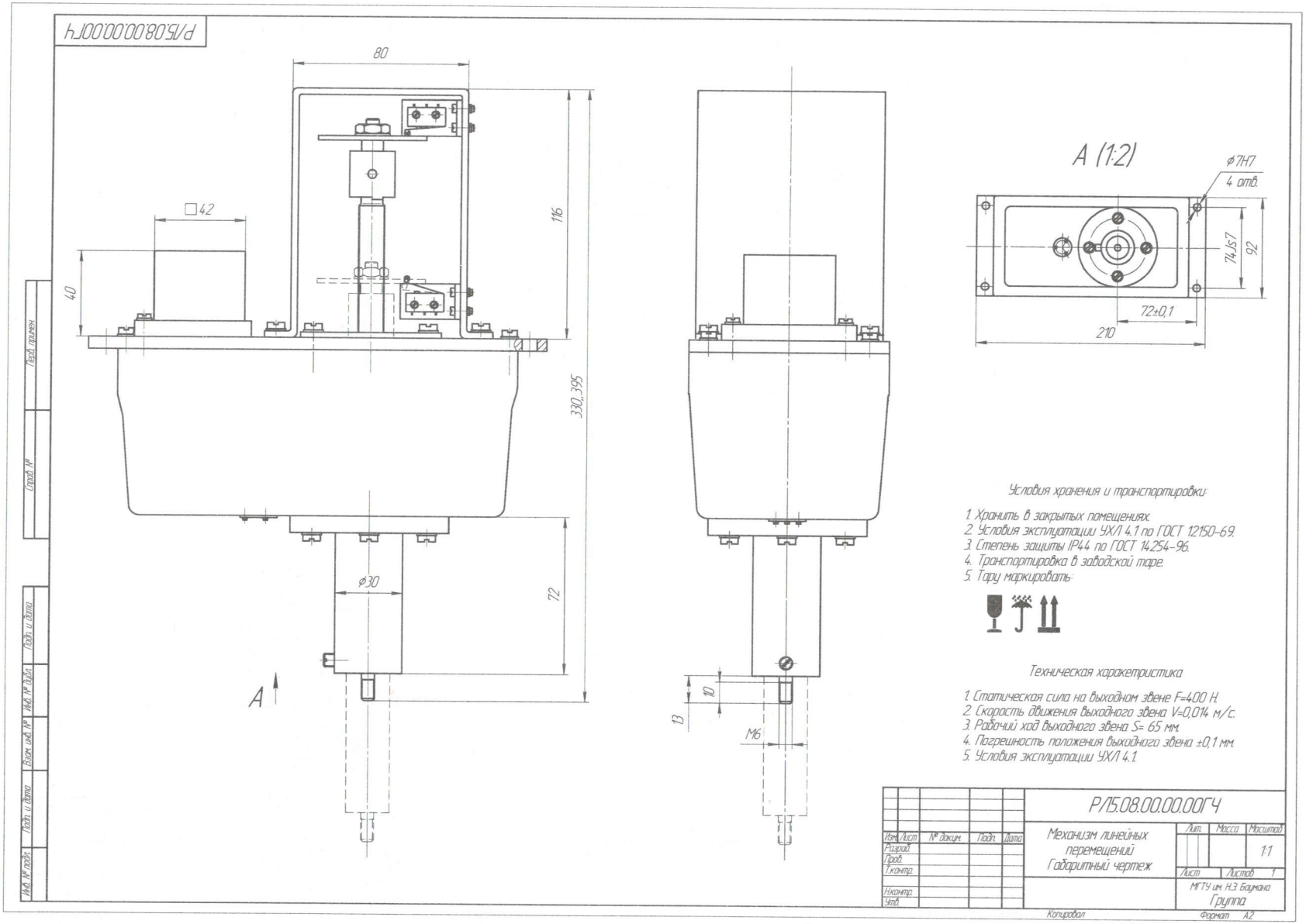

80
□42
116
40
330, 395
ø30
72
A
A (1:2)
ø7H7
4 отв.
74,5±7
92
72±0,1
210
10
13
M6
Условия хранения и транспортировки:
1. Хранить в закрытых помещениях.
2. Условия эксплуатации УХЛ 4.1 по ГОСТ 12150-69.
3. Степень защиты IP44 по ГОСТ 14.254-96.
4. Транспортировка в заводской таре.
5. Тару маркировать:
Техническая характеристика
1. Статическая сила на выходном звене F=4.00 Н.
2. Скорость движения выходного звена V=0,014 м/с.
3. Рабочий ход выходного звена S= 65 мм.
4. Погрешность положения выходного звена ±0,1 мм.
5. Условия эксплуатации УХЛ 4.1
Р/15.08.00.00.00Ч
Механизм линейных перемещений
Габаритный чертеж
Лит.
Масса
Масштаб
1:1
Лист
Листов 1
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Группа
Копировал
Формат А2
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

Рис. П1.6

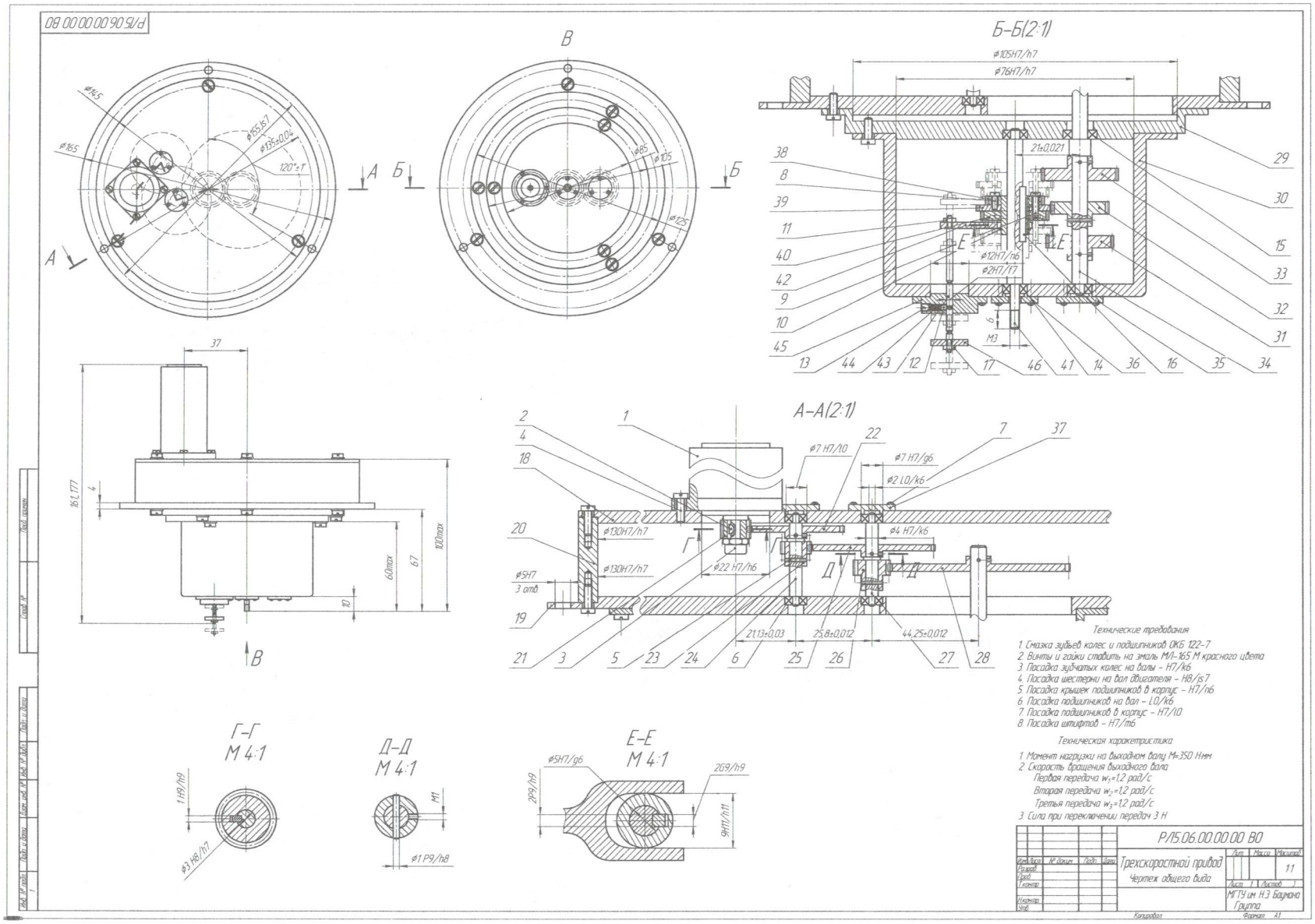

Р/15.06.00.00.00 ВО
Б–Б(2:1)
А–А(2:1)
Г–Г
М 4:1
Д–Д
М 4:1
Е–Е
М 4:1
Технические требования
1. Смазка зубьев колес и подшипников ОКБ 122–7
2. Винты и гайки ставить на эмаль МЛ–165 М красного цвета
3. Посадка зубчатых колес на валы – H7/k6
4. Посадка шестерни на вал двигателя – H8/is7
5. Посадка крышек подшипников в корпус – H7/n6
6. Посадка подшипников на вал – L0/k6
7. Посадка подшипников в корпус – H7/l0
8. Посадка штифтов – H7/m6
Техническая характеристика
1. Момент нагрузки на выходном валу M=350 Нмм
2. Скорость вращения выходного вала
Первая передача w1=1,2 рад/с
Вторая передача w2=1,2 рад/с
Третья передача w3=1,2 рад/с
3. Сила при переключении передач 3 Н
Трехскоростной привод
Чертеж общего вида
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Группа

Рис. П1.7

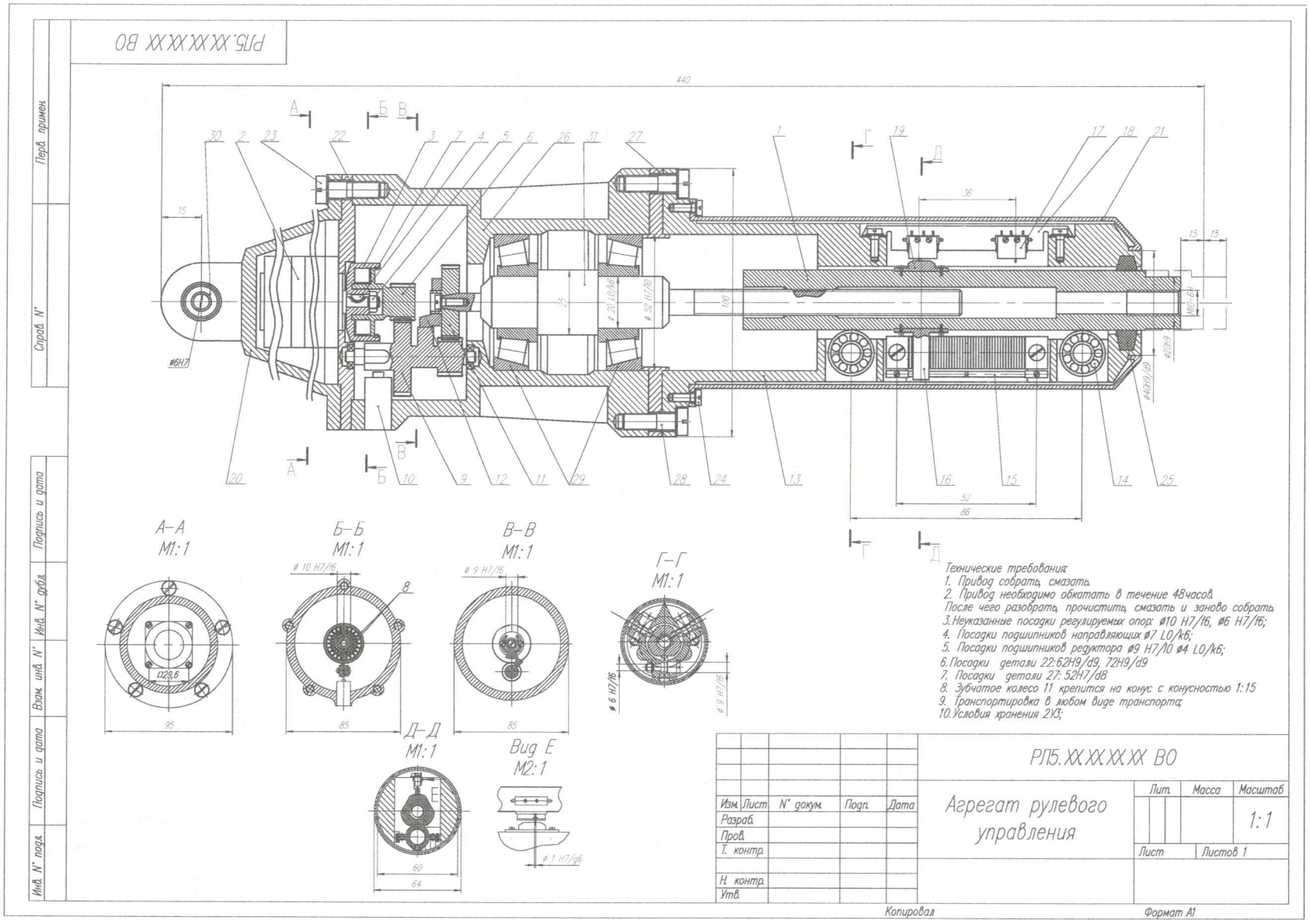
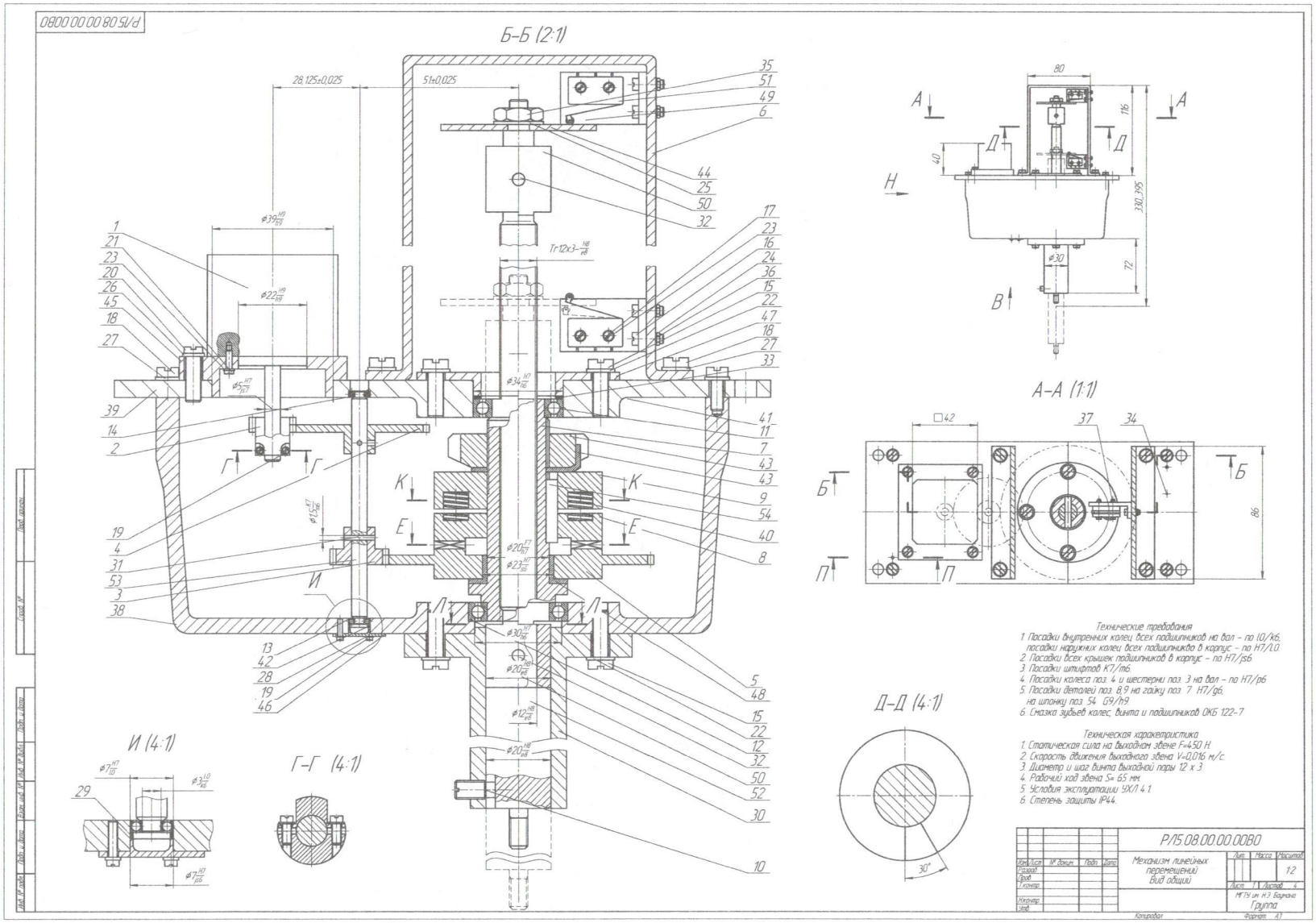
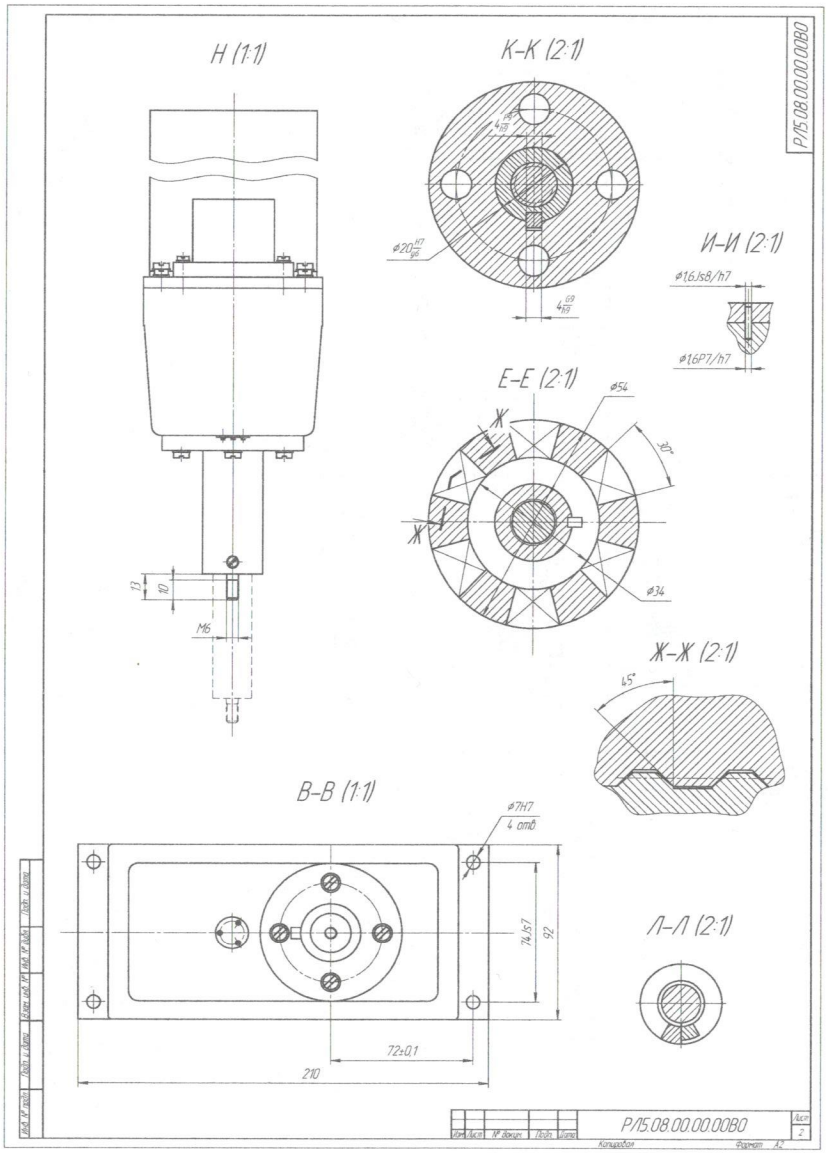

РЛ5.ХХ.ХХ.ХХ ВО
Перв. примен.
Справ. N°
Подпись и дата
Инв. N° дубл.
Взам. инв. N°
Подпись и дата
Инв. N° подл.
440
36
15
15
52
86
А–А
М1:1
Б–Б
М1:1
В–В
М1:1
Г–Г
М1:1
Д–Д
М1:1
Вид Е
М2:1
Технические требования:
1. Привод собрать, смазать.
2. Привод необходимо обкатать в течение 48часов.
После чего разобрать, прочистить, смазать и заново собрать.
3. Неуказанные посадки регулируемых опор: ø10 H7/f6, ø6 H7/f6;
4. Посадки подшипников направляющих ø7 L0/k6;
5. Посадки подшипников редуктора ø9 H7/l0 ø4 L0/k6;
6. Посадки детали 22: 62H9/d9, 72H9/d9
7. Посадки детали 27: 52H7/d8
8. Зубчатое колесо 11 крепится на конус с конусностью 1:15
9. Транспортировка в любом виде транспорта;
10. Условия хранения 2У3;
РЛ5.ХХ.ХХ.ХХ ВО
Агрегат рулевого управления
Изм. Лист N° докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т. контр.
Н. контр.
Утв.
Лит.
Масса
Масштаб
1:1
Лист
Листов 1
Копировал
Формат А1

Рис. П1.8



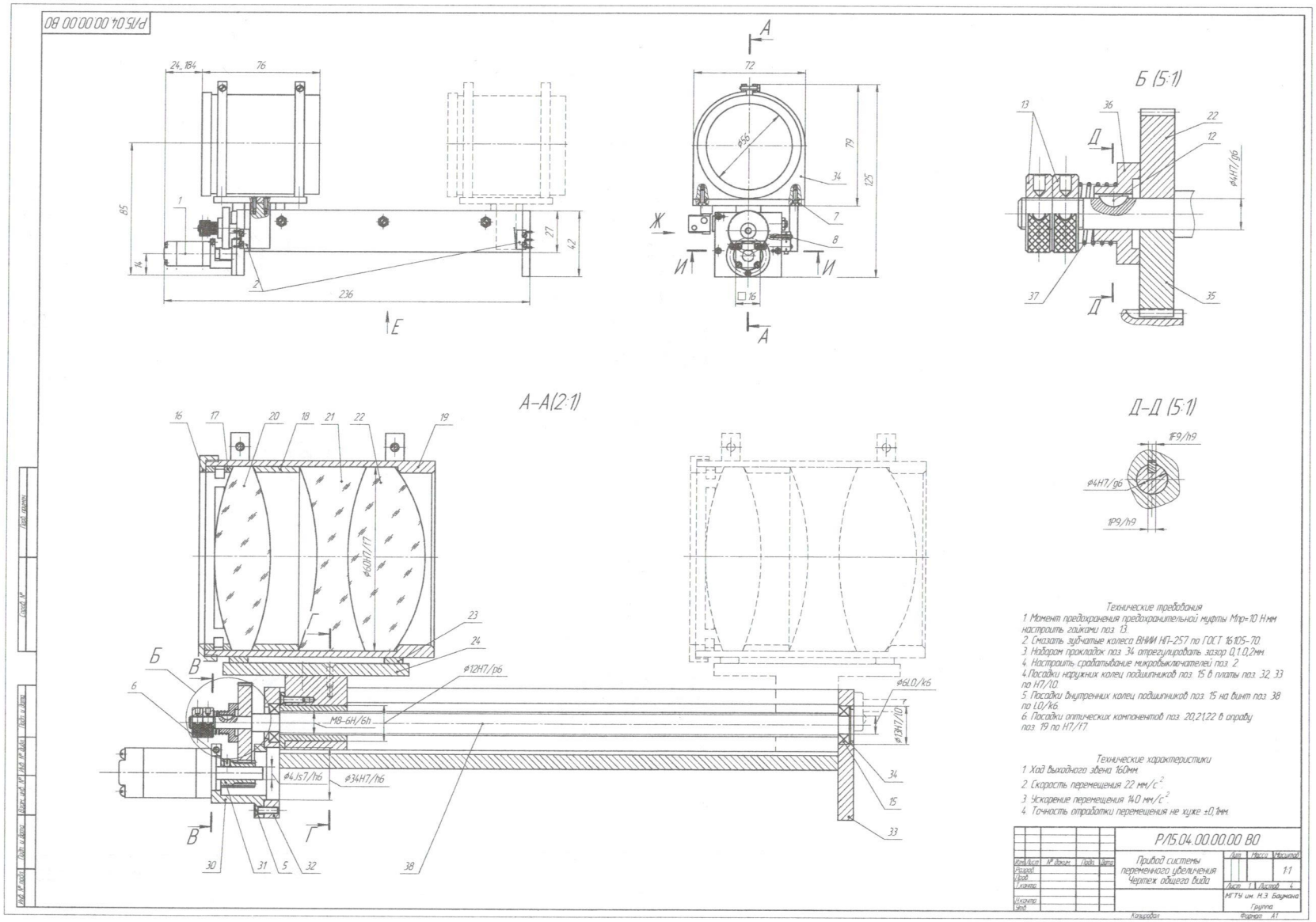
а

Рис. П1.9 (начало)



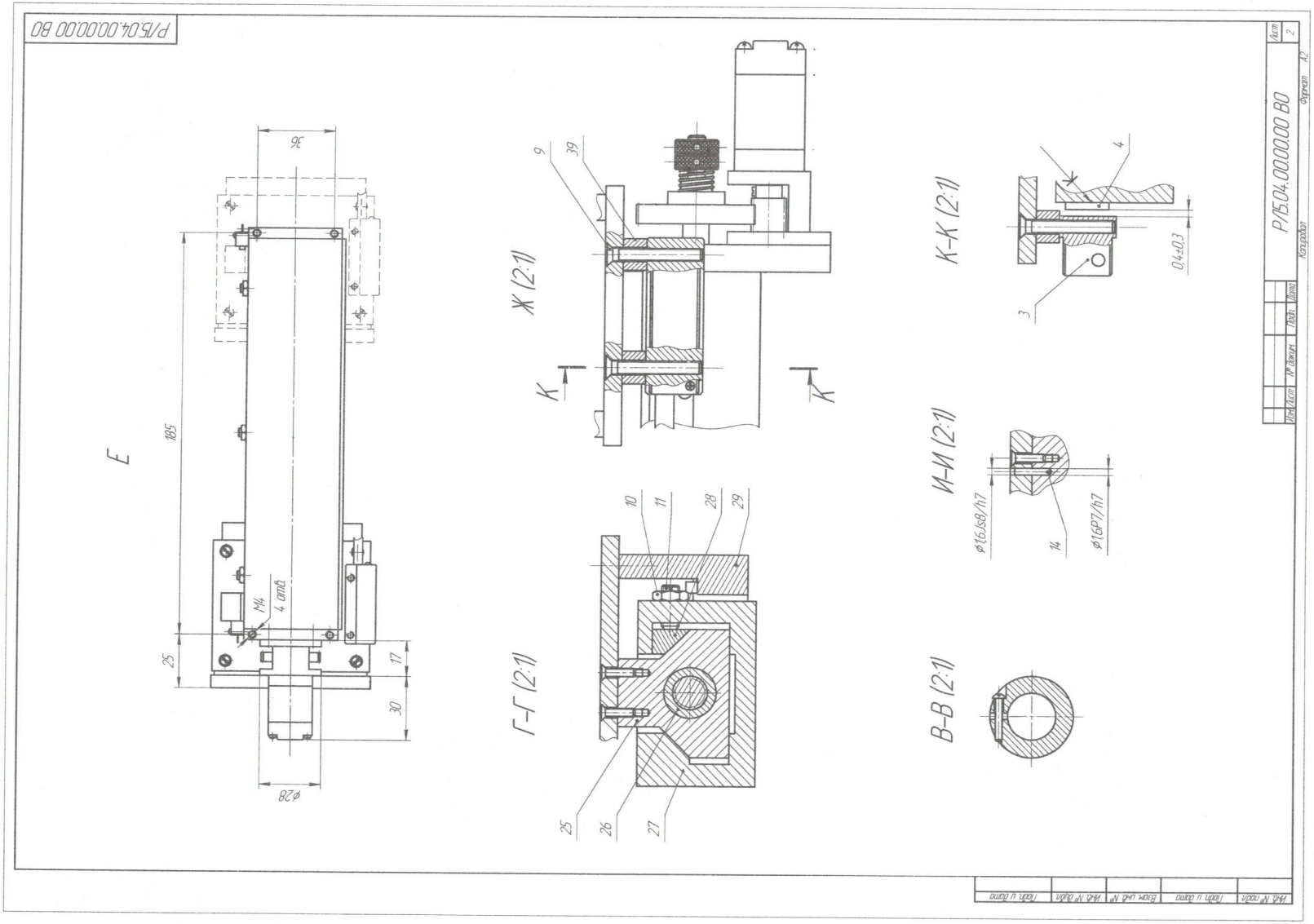
б

Рис. П1.9 (окончание)



а

Рис. П1.10 (начало)



б

Рис. П1.10 (окончание)

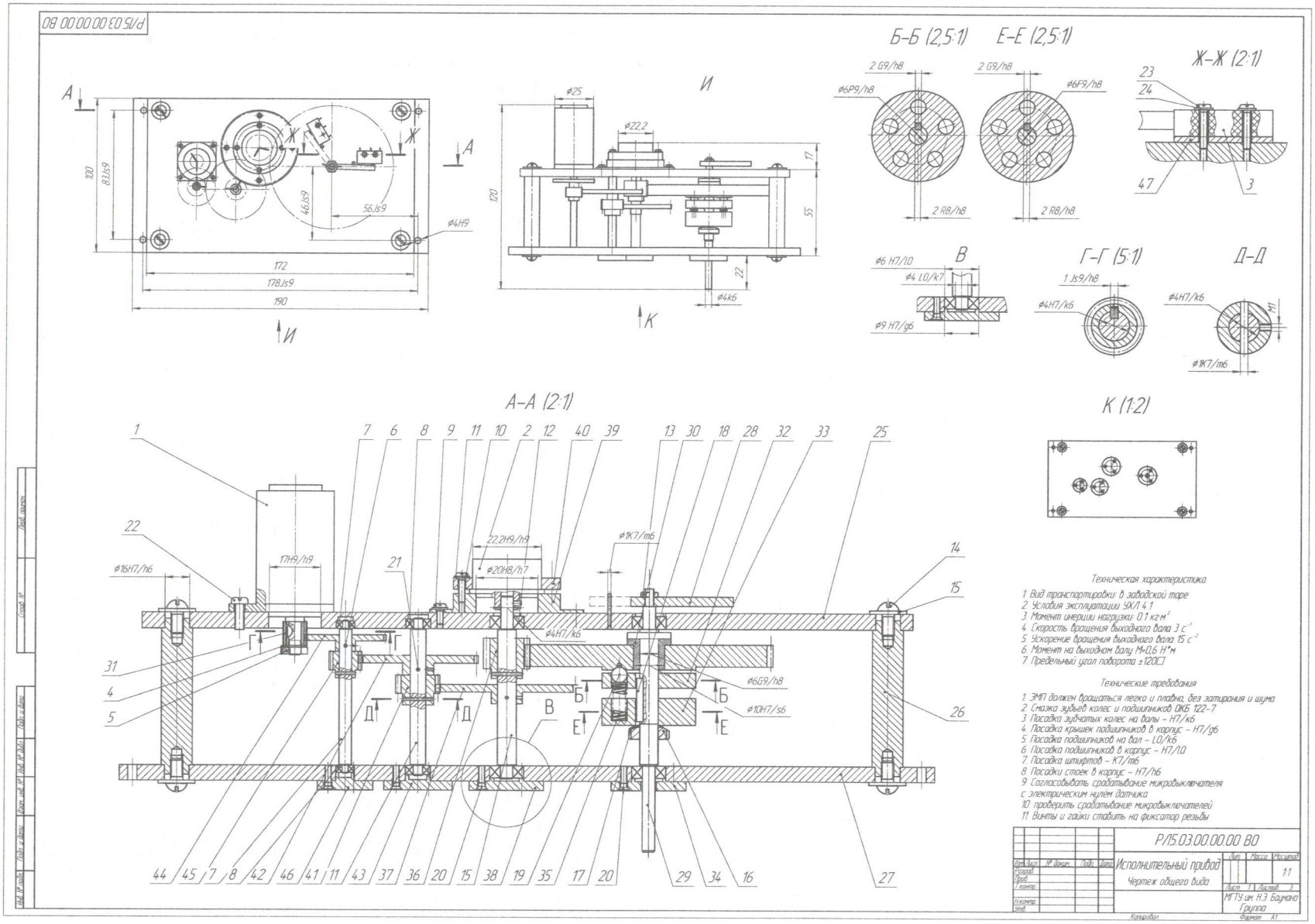
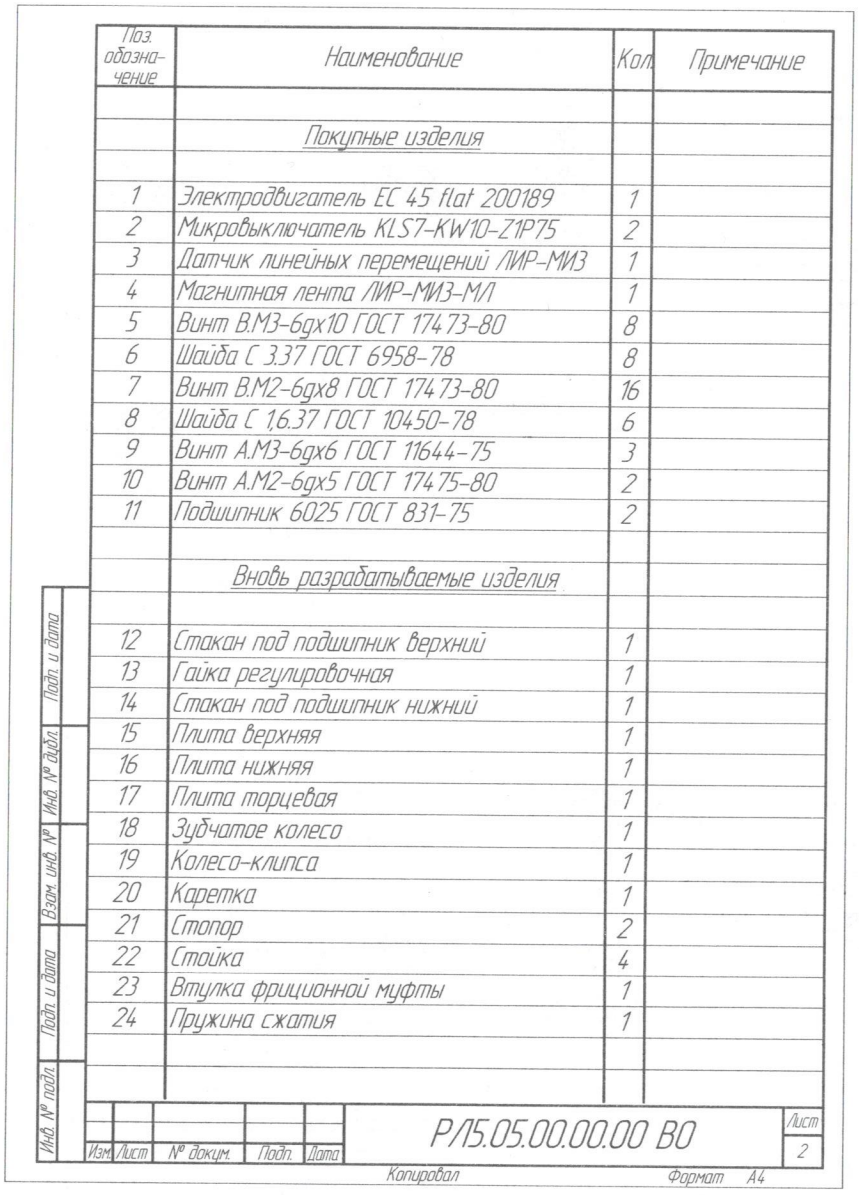

Р/15.03.00.00.00 ВО
Б–Б (2,5:1)
Е–Е (2,5:1)
Ж–Ж (2:1)
И
К
В
Г–Г (5:1)
Д–Д
А–А (2:1)
К (1:2)
Техническая характеристика
1. Вид транспортировки: в заводской таре
2. Условия эксплуатации: УХЛ 4.1
3. Момент инерции нагрузки: 0,1 кг·м²
4. Скорость вращения выходного вала: 3 с⁻¹
5. Ускорение вращения выходного вала: 15 с⁻²
6. Момент на выходном валу: М=0,6 Н*м
7. Предельный угол поворота: ±120°
Технические требования
1. ЭМП должен вращаться легко и плавно, без затирания и шума
2. Смазка зубьев колес и подшипников ОКБ 122–7
3. Посадка зубчатых колес на валы – Н7/к6
4. Посадка крышек подшипников в корпус – Н7/g6
5. Посадка подшипников на вал – L0/k6
6. Посадка подшипников в корпус – Н7/L0
7. Посадка штифтов – К7/m6
8. Посадки стоек в корпус – Н7/n6
9. Согласовывать срабатывание микровыключателя с электрическим нулем датчика
10. проверить срабатывание микровыключателей
11. Винты и гайки ставить на фиксатор резьбы
Р/15.03.00.00.00 ВО
Исполнительный привод
Чертеж общего вида
Лит. Масса Масштаб
1:1
Лист 1 Листов 2
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Группа
Формат А1

Рис. П1.11



Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Покупные изделия		
1	Электродвигатель EC 45 flat 200189	1	
2	Микровыключатель KLS7-KW10-Z1P75	2	
3	Датчик линейных перемещений ЛИР-МИЗ	1	
4	Магнитная лента ЛИР-МИЗ-МЛ	1	
5	Винт В.М3-6gх10 ГОСТ 17473-80	8	
6	Шайба С 3.37 ГОСТ 6958-78	8	
7	Винт В.М2-6gх8 ГОСТ 17473-80	16	
8	Шайба С 1,6.37 ГОСТ 10450-78	6	
9	Винт А.М3-6gх6 ГОСТ 11644-75	3	
10	Винт А.М2-6gх5 ГОСТ 17475-80	2	
11	Подшипник 6025 ГОСТ 831-75	2	
	Вновь разрабатываемые изделия		
12	Стакан под подшипник верхний	1	
13	Гайка регулировочная	1	
14	Стакан под подшипник нижний	1	
15	Плита верхняя	1	
16	Плита нижняя	1	
17	Плита торцевая	1	
18	Зубчатое колесо	1	
19	Колесо-клипса	1	
20	Каретка	1	
21	Стопор	2	
22	Стойка	4	
23	Втулка фрикционной муфты	1	
24	Пружина сжатия	1	

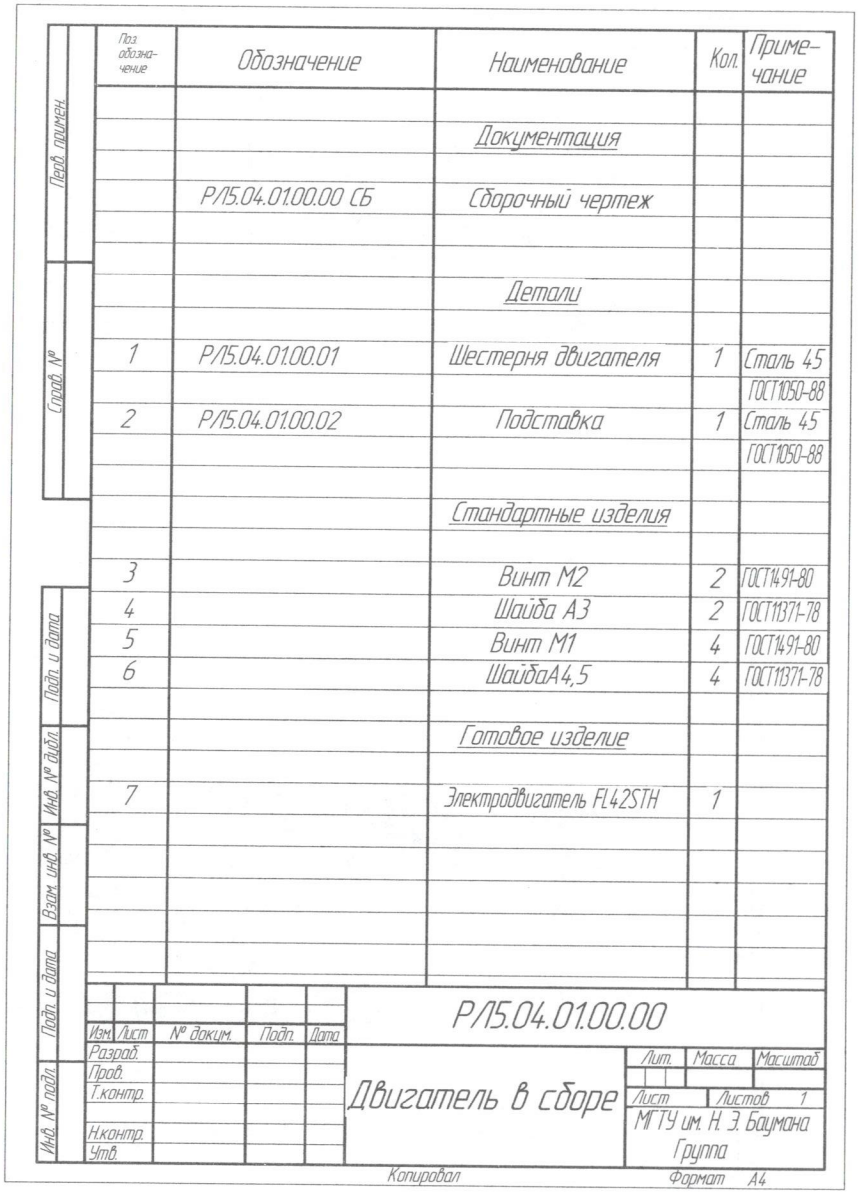
Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

Р/15.05.00.00.00 ВО

Лист 2

Копировал Формат А4



Поз. обозначение	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		Документация		
	Р/15.04.01.00.00 СБ	Сборочный чертеж		
		Детали		
1	Р/15.04.01.00.01	Шестерня двигателя	1	Сталь 45 ГОСТ1050-88
2	Р/15.04.01.00.02	Подставка	1	Сталь 45 ГОСТ1050-88
		Стандартные изделия		
3		Винт М2	2	ГОСТ1491-80
4		Шайба А3	2	ГОСТ11371-78
5		Винт М1	4	ГОСТ1491-80
6		ШайбаА4,5	4	ГОСТ11371-78
		Готовое изделие		
7		Электродвигатель FL42STH	1	

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

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

Р/15.04.01.00.00

Разраб. Пров. Т.контр. Н.контр. Утв.

Двигатель в сборе

Лит. Масса Масштаб

Лист Листов 1

МГТУ им. Н. Э. Баумана Группа

Копировал Формат А4

Рис. П1.12

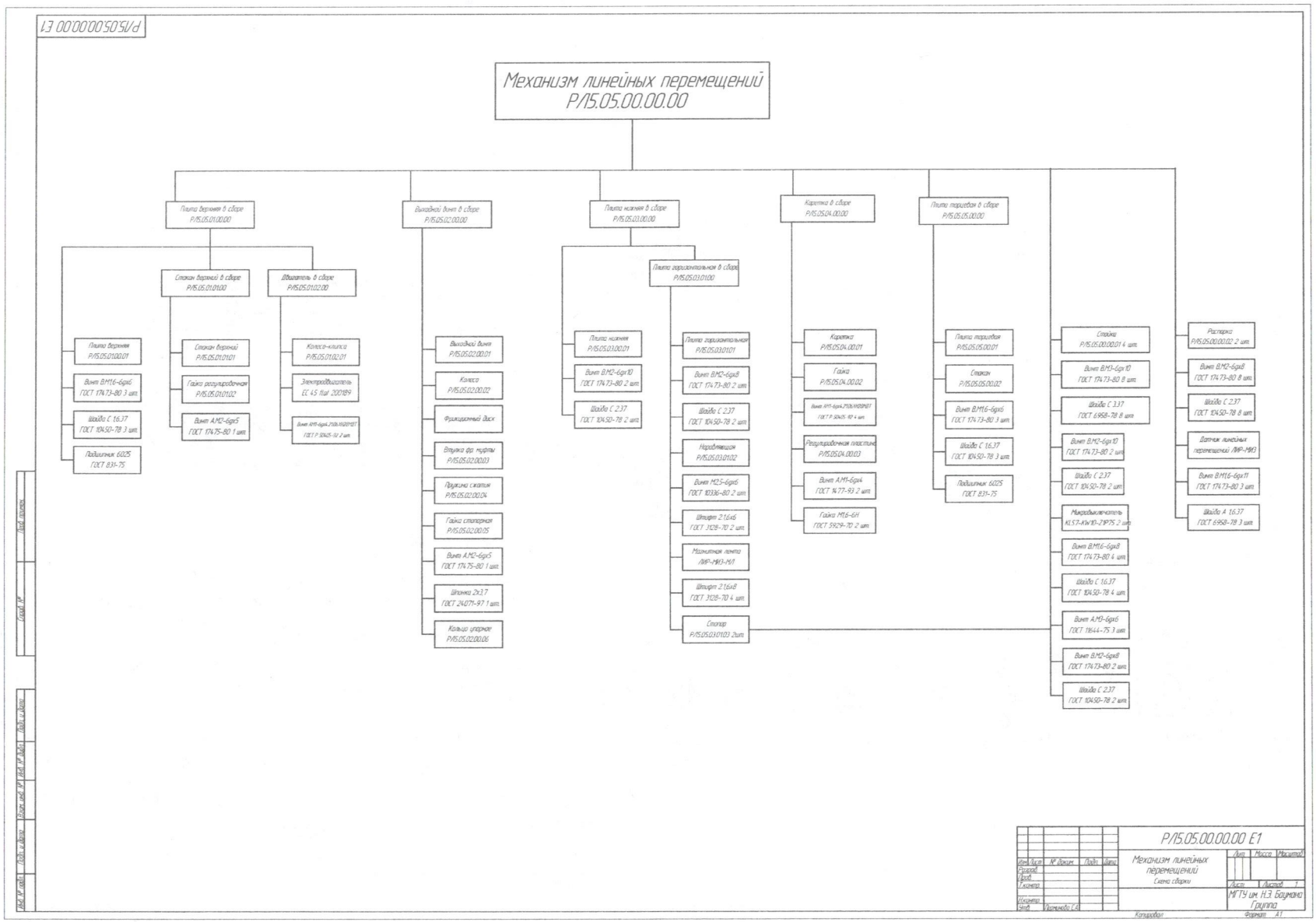

Механизм линейных перемещений
Р/15.05.00.00.00
Плита верхняя в сборе
Р/15.05.01.00.00
Плита верхняя
Р/15.05.01.00.01
Винт В.М16-6gх6
ГОСТ 17473-80 3 шт.
Шайба С.16.37
ГОСТ 10450-78 3 шт.
Подшипник 6025
ГОСТ 831-75
Стакан верхний в сборе
Р/15.05.01.01.00
Стакан верхний
Р/15.05.01.01.01
Гайка регулировочная
Р/15.05.01.01.02
Винт А.М2-6gх5
ГОСТ 17475-80 1 шт.
Двигатель в сборе
Р/15.05.01.02.00
Колесо-коляска
Р/15.05.01.02.01
Электродвигатель
ЕС 45 flat 200189
Винт АМ1-6gх4.2.36.Н.029.017
ГОСТ Р 50405-92 2 шт.
Выходной винт в сборе
Р/15.05.02.00.00
Выходной винт
Р/15.05.02.00.01
Колесо
Р/15.05.02.00.02
Фрикционный диск
Р/15.05.02.00.03
Втулка фр. муфты
Р/15.05.02.00.04
Пружина сжатия
Р/15.05.02.00.05
Гайка стопорная
Р/15.05.02.00.06
Винт А.М2-6gх5
ГОСТ 17475-80 1 шт.
Шпонка 2х2.7
ГОСТ 24071-97 1 шт.
Кольцо упорное
Р/15.05.02.00.06
Плита нижняя в сборе
Р/15.05.03.00.00
Плита нижняя
Р/15.05.03.00.01
Винт В.М2-6gх10
ГОСТ 17473-80 2 шт.
Шайба С.2.37
ГОСТ 10450-78 2 шт.
Плита горизонтальная в сборе
Р/15.05.03.01.00
Плита горизонтальная
Р/15.05.03.01.01
Винт В.М2-6gх8
ГОСТ 17473-80 2 шт.
Шайба С.2.37
ГОСТ 10450-78 2 шт.
Направляющая
Р/15.05.03.01.02
Винт М2.5-6gх6
ГОСТ 10336-80 2 шт.
Штифт 2.16х6
ГОСТ 3128-70 2 шт.
Магнитная лента
ЛМР-М13-М1
Штифт 2.16х8
ГОСТ 3128-70 4 шт.
Стопор
Р/15.05.03.01.03 2 шт.
Каретка в сборе
Р/15.05.04.00.00
Каретка
Р/15.05.04.00.01
Гайка
Р/15.05.04.00.02
Винт АМ1-6gх4.2.36.Н.029.017
ГОСТ Р 50405-92 4 шт.
Регулировочная пластина
Р/15.05.04.00.03
Винт А.М1-6gх4
ГОСТ 11477-93 2 шт.
Гайка М16-6Н
ГОСТ 5929-70 2 шт.
Плита торцевая в сборе
Р/15.05.05.00.00
Плита торцевая
Р/15.05.05.00.01
Стакан
Р/15.05.05.00.02
Винт В.М16-6gх6
ГОСТ 17473-80 3 шт.
Шайба С.16.37
ГОСТ 10450-78 3 шт.
Подшипник 6025
ГОСТ 831-75
Стойка
Р/15.05.00.00.01 4 шт.
Винт В.М3-6gх10
ГОСТ 17473-80 8 шт.
Шайба С.3.37
ГОСТ 6958-78 8 шт.
Винт В.М2-6gх10
ГОСТ 17473-80 2 шт.
Шайба С.2.37
ГОСТ 10450-78 2 шт.
Микровыключатель
КП.57-А1W10-Z1P1T5 2 шт.
Винт В.М16-6gх8
ГОСТ 17473-80 4 шт.
Шайба С.16.37
ГОСТ 10450-78 4 шт.
Винт А.М3-6gх6
ГОСТ 11644-75 3 шт.
Винт В.М2-6gх8
ГОСТ 17473-80 2 шт.
Шайба С.2.37
ГОСТ 10450-78 2 шт.
Распорка
Р/15.05.00.00.02 2 шт.
Винт В.М2-6gх8
ГОСТ 17473-80 8 шт.
Шайба С.2.37
ГОСТ 10450-78 8 шт.
Датчик линейных перемещений ЛМР-М13
Винт В.М16-6gх11
ГОСТ 17473-80 3 шт.
Шайба А.16.37
ГОСТ 6958-78 3 шт.
Р/15.05.00.00.00 Е1
Механизм линейных перемещений
Схема сборки
Лит.
Масса
Масштаб
Лист
Листов 1
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Группа
Копировал
Формат А1
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата

Рис. П1.13

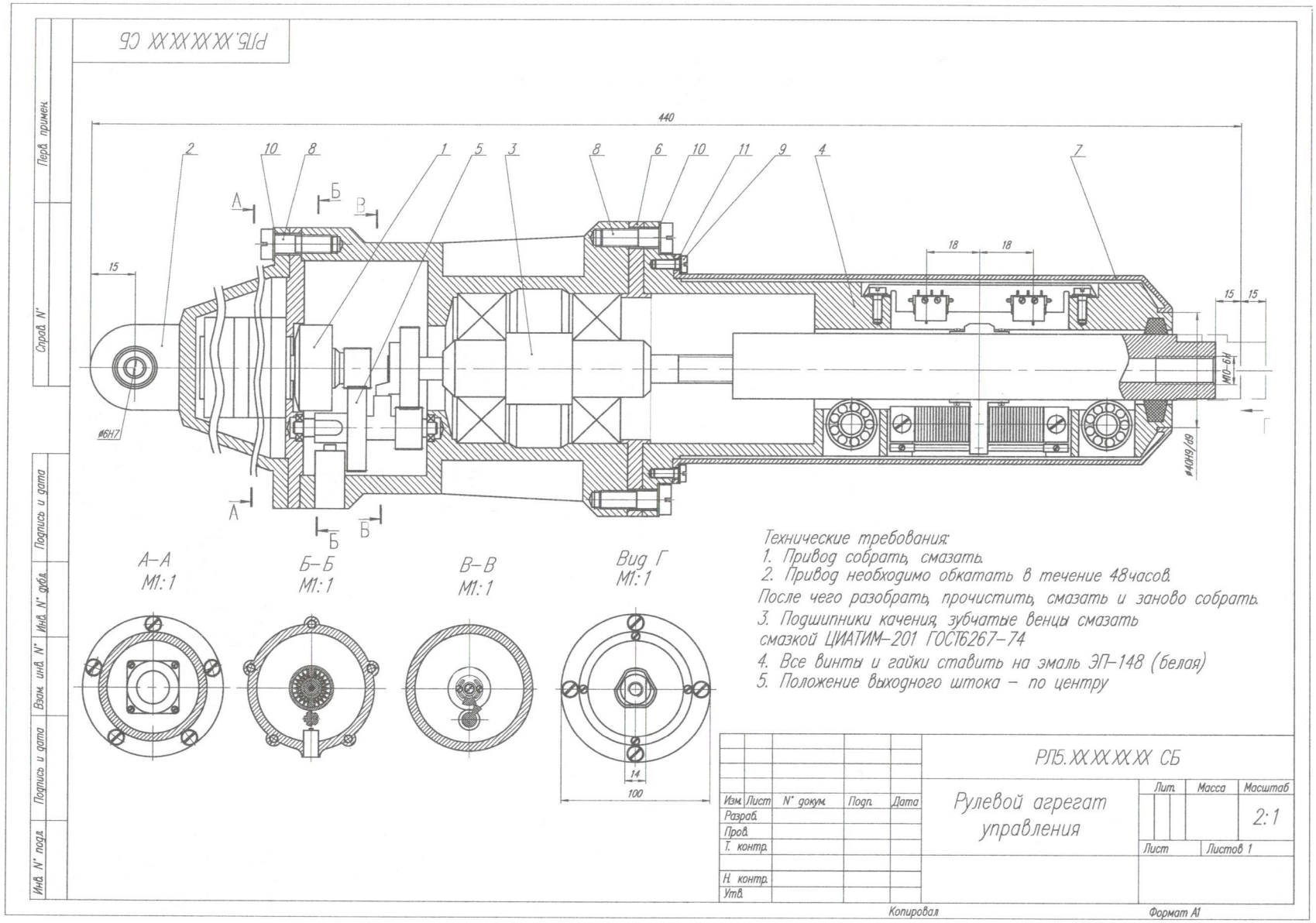

РПБ.ХХ.ХХ.ХХ СБ
Перв. примен.
Справ. N°
Подпись и дата
Инв. N° дубл.
Взам. инв. N°
Подпись и дата
Инв. N° подл.
440
15
18
18
15
15
М10-6Н
ø6Н7
А–А
М1:1
Б–Б
М1:1
В–В
М1:1
Вид Г
М1:1
14
100
Технические требования:
1. Привод собрать, смазать.
2. Привод необходимо обкатать в течение 48 часов.
После чего разобрать, прочистить, смазать и заново собрать.
3. Подшипники качения, зубчатые венцы смазать
смазкой ЦИАТИМ–201 ГОСТ6267–74
4. Все винты и гайки ставить на эмаль ЭП–148 (белая)
5. Положение выходного штока – по центру
РПБ.ХХ.ХХ.ХХ СБ
Рулевой агрегат управления
Лит.
Масса
Масштаб
2:1
Лист
Листов 1
Изм. Лист N° докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т. контр.
Н. контр.
Утв.
Копировал
Формат А1

Рис. П1.14

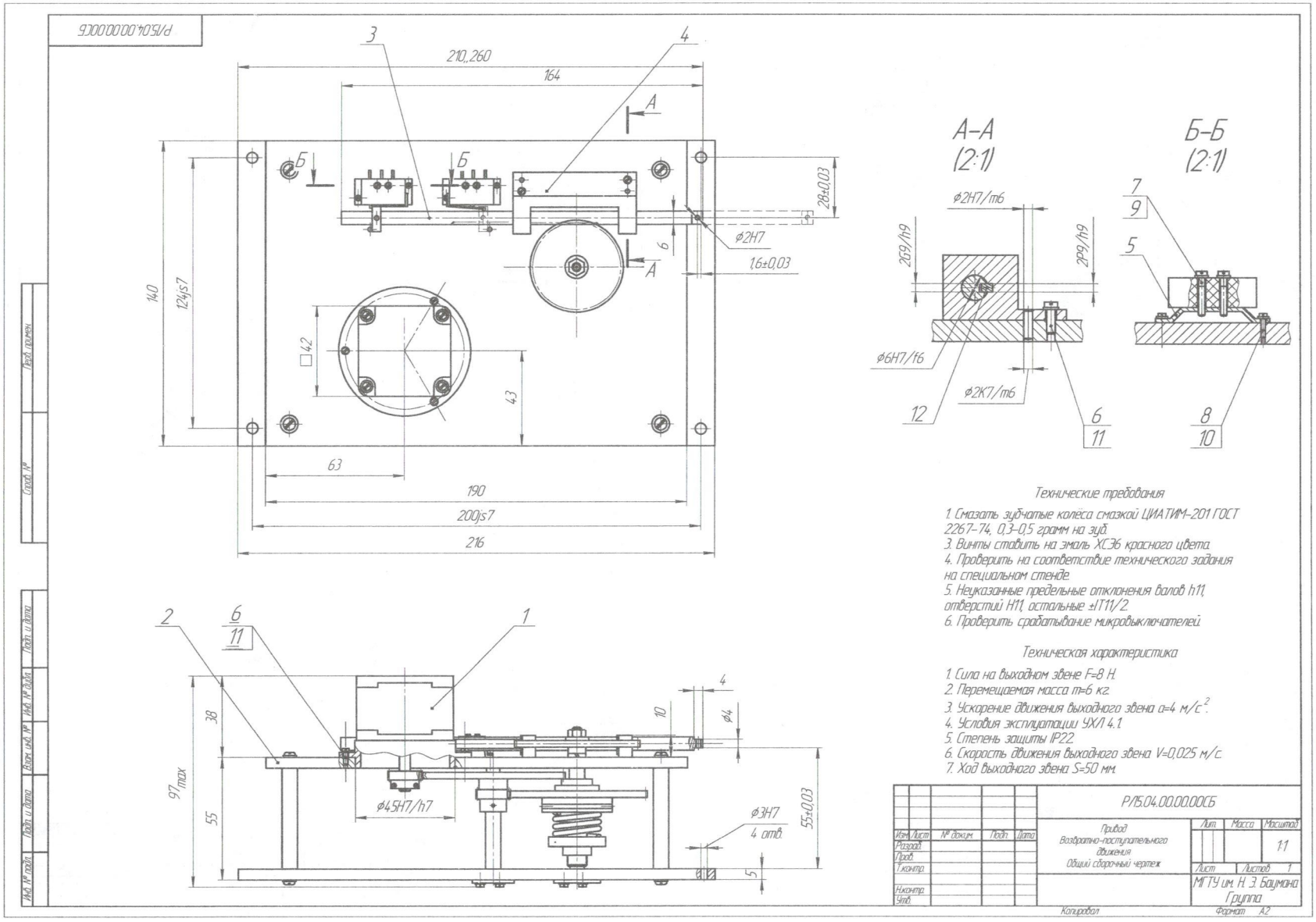

Р/15.04.00.00.000СБ
3
4
210,260
164
А
Б
Б
А
28±0,03
ф2Н7
16±0,03
6
140
124js7
□42
43
63
190
200js7
216
А–А
(2:1)
Б–Б
(2:1)
ф2Н7/m6
269/h9
299/h9
ф6Н7/f6
ф2К7/m6
12
6
11
7
9
5
8
10
2
6
11
1
4
ф4
10
38
97max
55
ф4,5Н7/h7
ф3Н7
4 отв.
55±0,03
5
Технические требования
1. Смазать зубчатые колёса смазкой ЦИАТИМ-201 ГОСТ 2267-74, 0,3-0,5 грамм на зуб.
3. Винты ставить на эмаль ХСЭ6 красного цвета.
4. Проверить на соответствие технического задания на специальном стенде.
5. Неуказанные предельные отклонения валов h11, отверстий H11, остальные ±IT11/2.
6. Проверить срабатывание микровыключателей.
Техническая характеристика
1. Сила на выходном звене F=8 Н.
2. Перемещаемая масса m=6 кг.
3. Ускорение движения выходного звена a=4 м/с².
4. Условия эксплуатации УХЛ 4.1.
5. Степень защиты IP22.
6. Скорость движения выходного звена V=0,025 м/с.
7. Ход выходного звена S=50 мм.
Р/15.04.00.00.000СБ
Привод возвратно-поступательного движения
Общий сборочный чертеж
Лит.
Масса
Масштаб
1:1
Лист
Листов 1
МГТУ им. Н. Э. Баумана
Группа
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Инв. № подл.
Копировал
Формат А2

Рис. П1.15

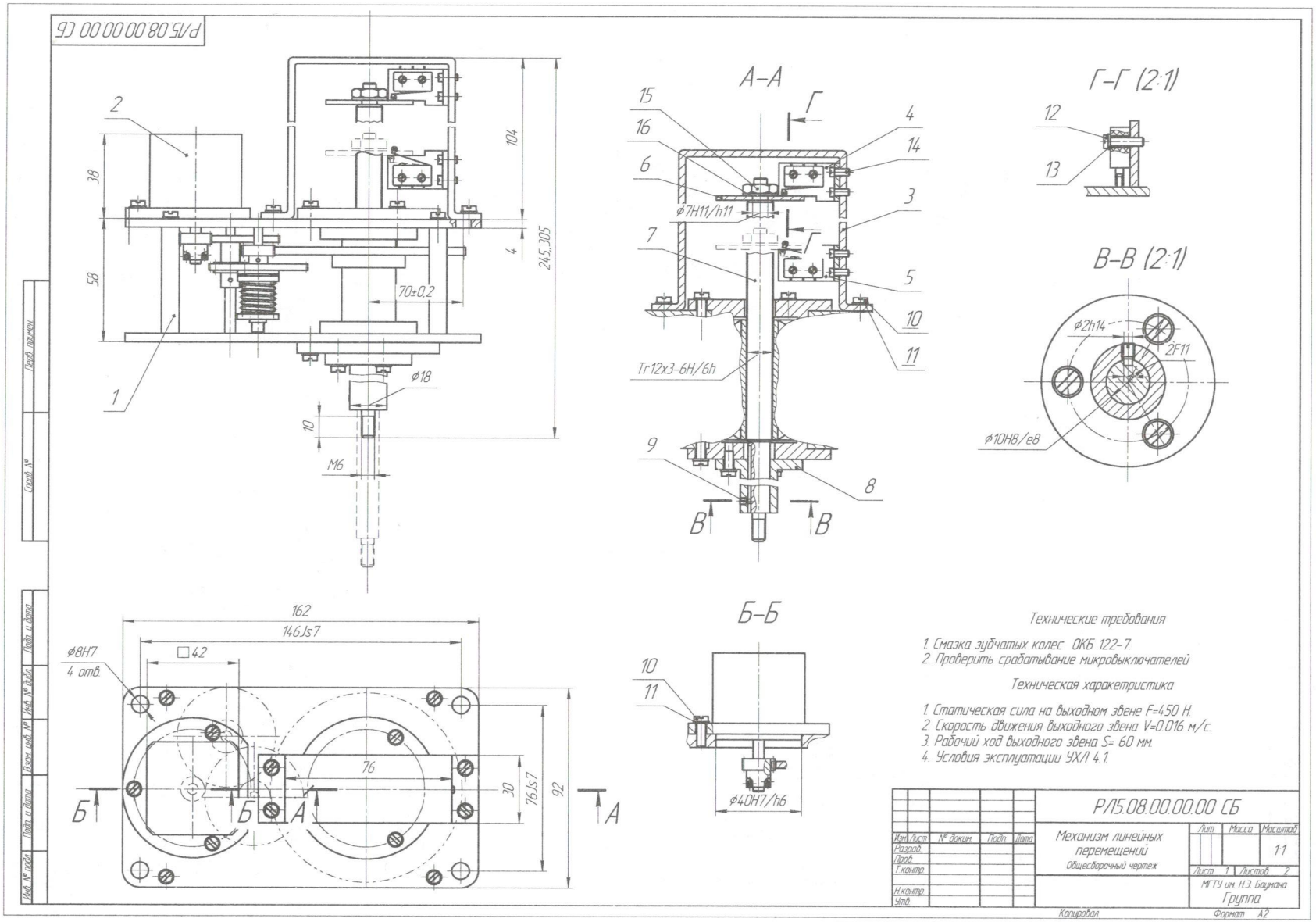

Р/15.08.00.00.00 СБ
А–А
Г–Г (2:1)
В–В (2:1)
Б–Б
Г
В
Б
А
2
1
38
58
104
4
245,305
70±0,2
ø18
10
М6
15
16
6
4
14
3
ø7H11/h11
7
5
10
11
Tr12x3-6H/6h
9
8
12
13
ø2h14
2F11
ø10H8/e8
162
146,Js7
□42
ø8H7
4 отв.
76
30
76,Js7
92
ø40H7/h6
Технические требования
1. Смазка зубчатых колес ОКБ 122-7.
2. Проверить срабатывание микровыключателей
Техническая характеристика
1. Статическая сила на выходном звене F=450 Н.
2. Скорость движения выходного звена V=0.016 м/с.
3. Рабочий ход выходного звена S= 60 мм.
4. Условия эксплуатации УХЛ 4.1
Р/15.08.00.00.00 СБ
Механизм линейных перемещений
Общесборочный чертеж
Лит.
Масса
Масштаб
1:1
Лист 1
Листов 2
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Группа
Изм. Лист. № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Копировал
Формат А2
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата

Рис. П1.16

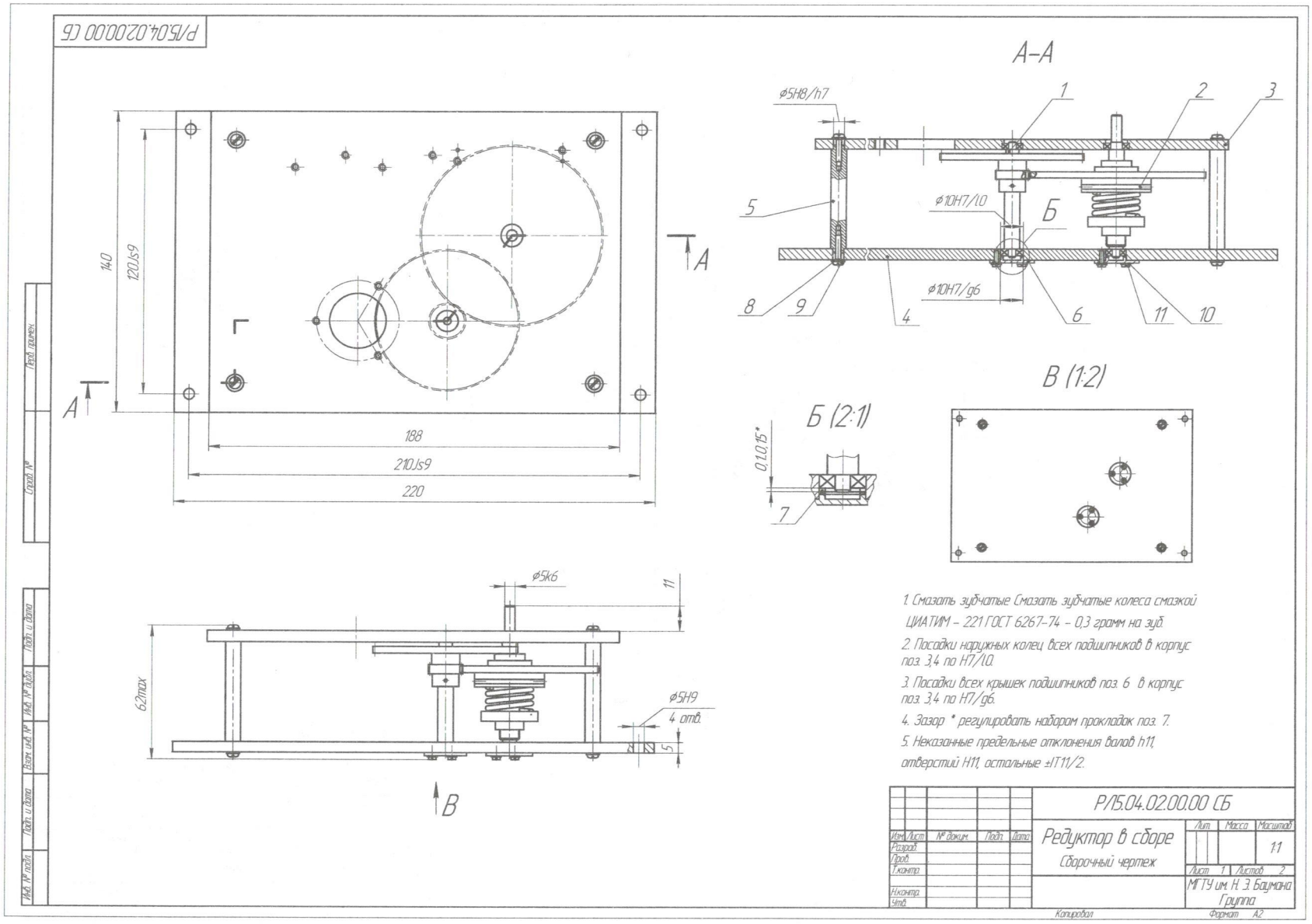

Р/15.04.02.00.00 СБ
А–А
ø5H8/h7
1
2
3
5
ø10H7/l0
Б
ø10H7/g6
8
9
4
6
11
10
В (1:2)
Б (2:1)
0,1-0,15*
7
140
120Js9
А
А
188
210Js9
220
ø5k6
11
6,2max
ø5H9
4 отв.
5
В
1. Смазать зубчатые Смазать зубчатые колеса смазкой
ЦИАТИМ – 221 ГОСТ 6267-74 – 0,3 грамм на зуб.
2. Посадки наружных колец всех подшипников в корпус
поз. 3,4 по H7/l0.
3. Посадки всех крышек подшипников поз. 6 в корпус
поз. 3,4 по H7/g6.
4. Зазор * регулировать набором прокладок поз. 7.
5. Неказанные предельные отклонения валов h11,
отверстий H11, остальные ±IT11/2.
Р/15.04.02.00.00 СБ
Редуктор в сборе
Сборочный чертеж
Лит.
Масса
Масштаб
11
Лист 1
Листов 2
МГТУ им. Н. Э. Баумана
Группа
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Копировал
Формат А2
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

Рис. П1.17

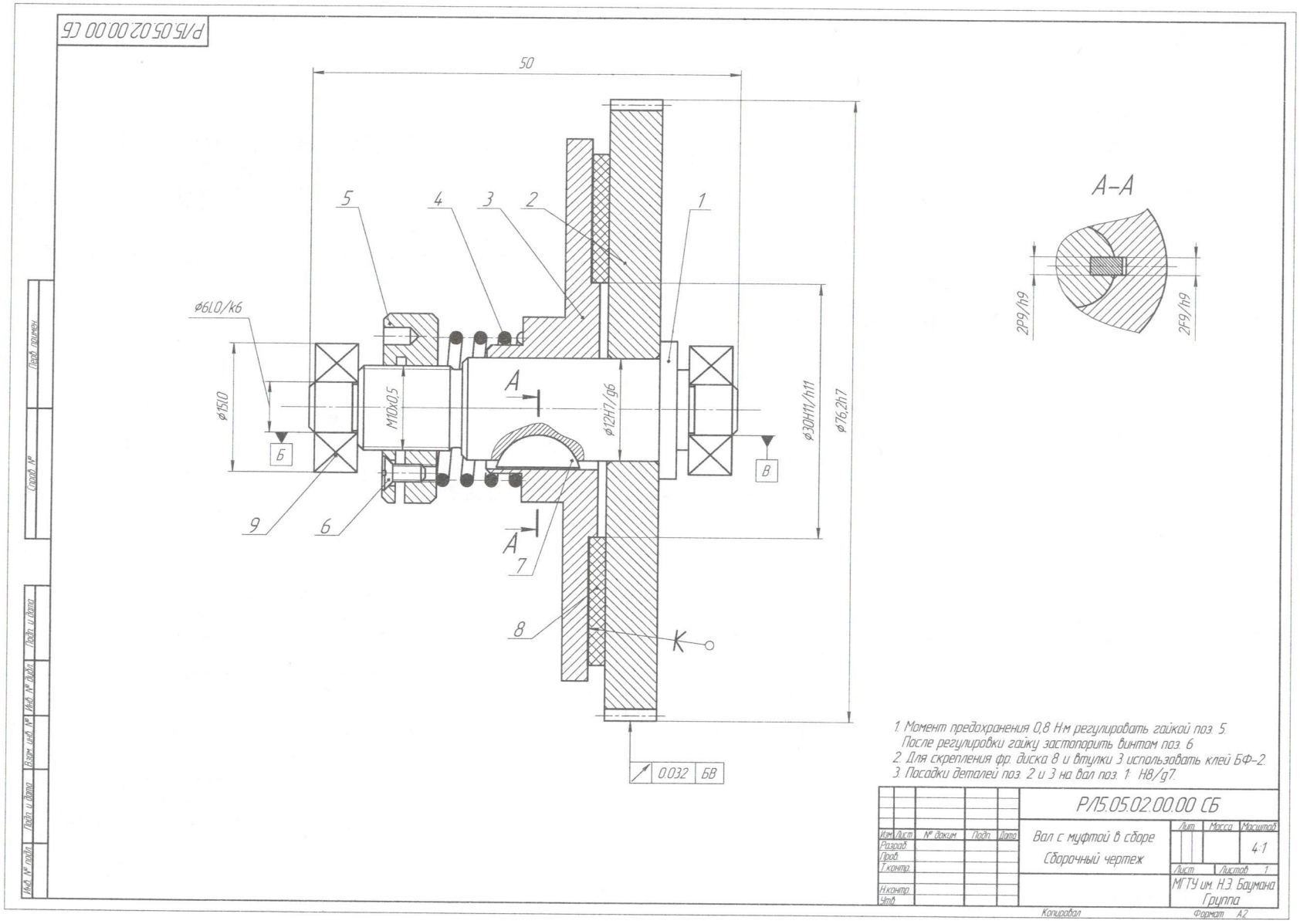

Р/15.05.02.00.00 СБ
50
5
4
3
2
1
ф6L0/k6
ф15L0
M10x0.5
ф12H7/g6
ф30H11/h11
ф76.2h7
А
Б
В
9
6
7
8
К
0.032 БВ
А–А
2F9/h9
2F9/h9
1. Момент предохранения 0,8 Н·м регулировать гайкой поз. 5.
После регулировки гайку застопорить винтом поз. 6.
2. Для скрепления фр. диска 8 и втулки 3 использовать клей БФ–2.
3. Посадки деталей поз. 2 и 3 на вал поз. 1: H8/g7.
Р/15.05.02.00.00 СБ
Вал с муфтой в сборе
Сборочный чертеж
Лит.
Масса
Масштаб
4:1
Лист
Листов 1
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Группа
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Копировал
Формат А2
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата

Рис. П1.18

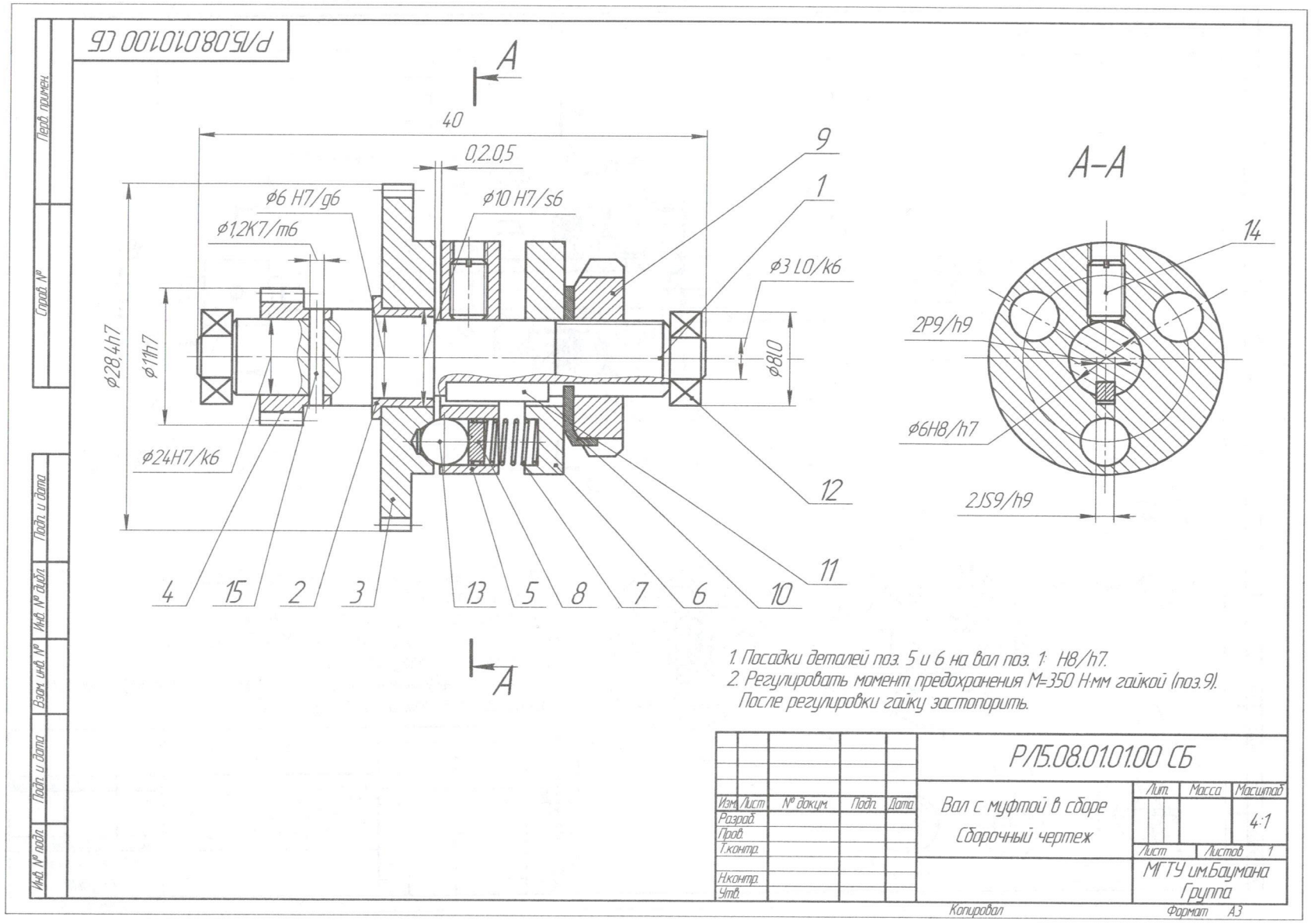

Р/15.08.01.01.00 СБ
А
40
0,2..0,5
ф6 H7/g6
ф10 H7/s6
ф1,2K7/m6
ф3 L0/k6
ф28,4h7
ф11h7
ф8L0
ф24H7/k6
9
1
12
11
4
15
2
3
13
5
8
7
6
10
А-А
14
2P9/h9
ф6H8/h7
2JS9/h9
1. Посадки деталей поз. 5 и 6 на вал поз. 1: H8/h7.
2. Регулировать момент предохранения M=350 Н·мм гайкой (поз.9).
После регулировки гайку застопорить.
Р/15.08.01.01.00 СБ
Вал с муфтой в сборе
Сборочный чертеж
Лит.
Масса
Масштаб
4:1
Лист
Листов 1
МГТУ им.Баумана
Группа
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Копировал
Формат А3

Рис. П1.19

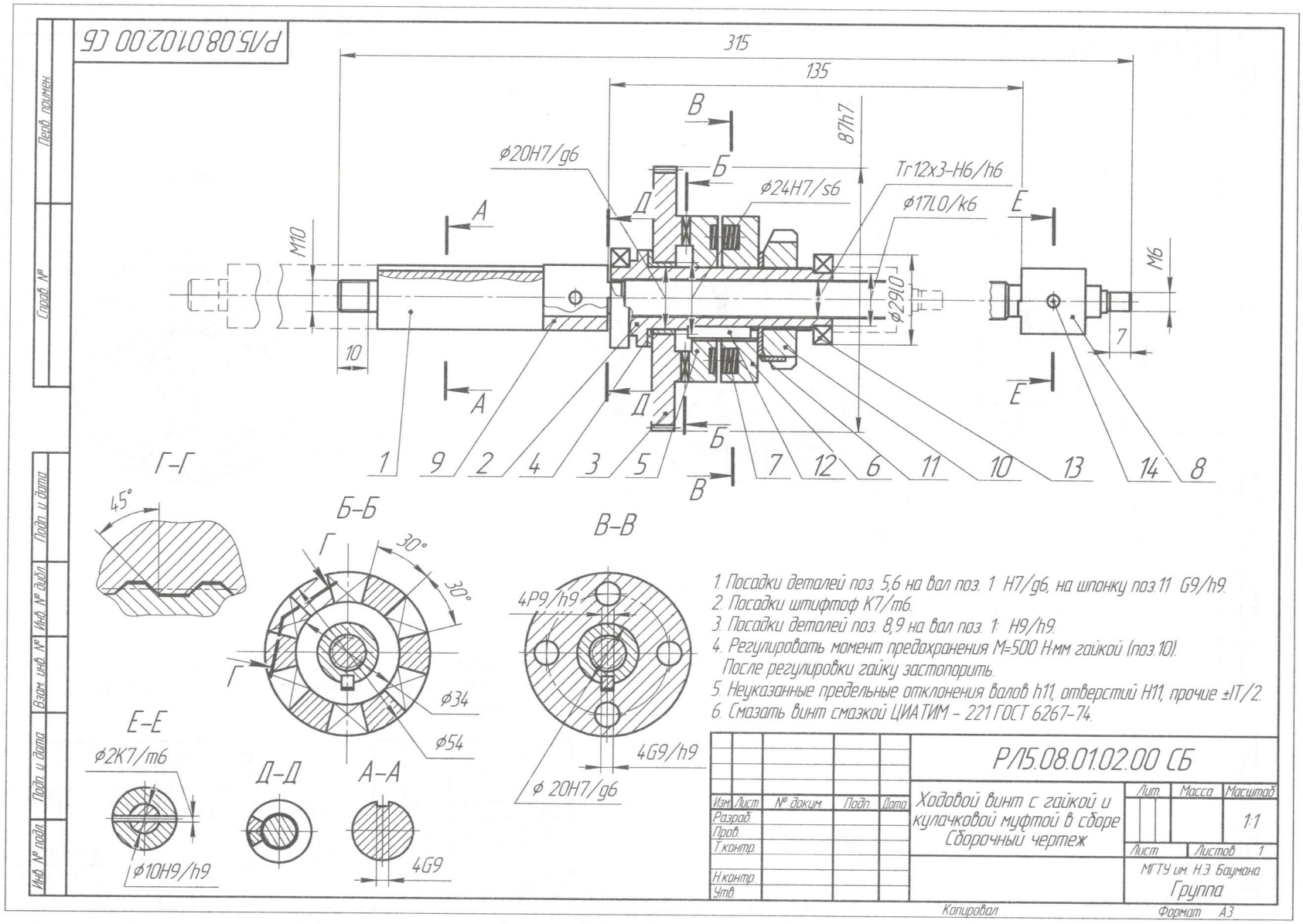

РЛ5.08.01.02.00 СБ
315
135
87h7
ф20H7/g6
ф24H7/s6
Tr12x3-H6/h6
ф17L0/k6
ф29L0
M10
M6
10
7
А
Б
В
Д
Е
1
9
2
4
3
5
7
12
6
11
10
13
14
8
Г–Г
45°
Б–Б
30°
30°
ф34
ф54
В–В
4P9/h9
4G9/h9
ф 20H7/g6
Е–Е
ф2K7/m6
ф10H9/h9
Д–Д
А–А
4G9
1. Посадки деталей поз. 5,6 на вал поз. 1 H7/g6, на шпонку поз.11 G9/h9.
2. Посадки штифтоф K7/m6.
3. Посадки деталей поз. 8,9 на вал поз. 1: H9/h9.
4. Регулировать момент предохранения M=500 Нмм гайкой (поз.10).
После регулировки гайку застопорить.
5. Неуказанные предельные отклонения валов h11, отверстий H11, прочие ±IT/2.
6. Смазать винт смазкой ЦИАТИМ – 221 ГОСТ 6267-74.
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Изм. Лист. № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
РЛ5.08.01.02.00 СБ
Ходовой винт с гайкой и кулачковой муфтой в сборе
Сборочный чертеж
Лит.
Масса
Масштаб
1:1
Лист
Листов 1
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Группа
Копировал
Формат А3

Рис. П1.20

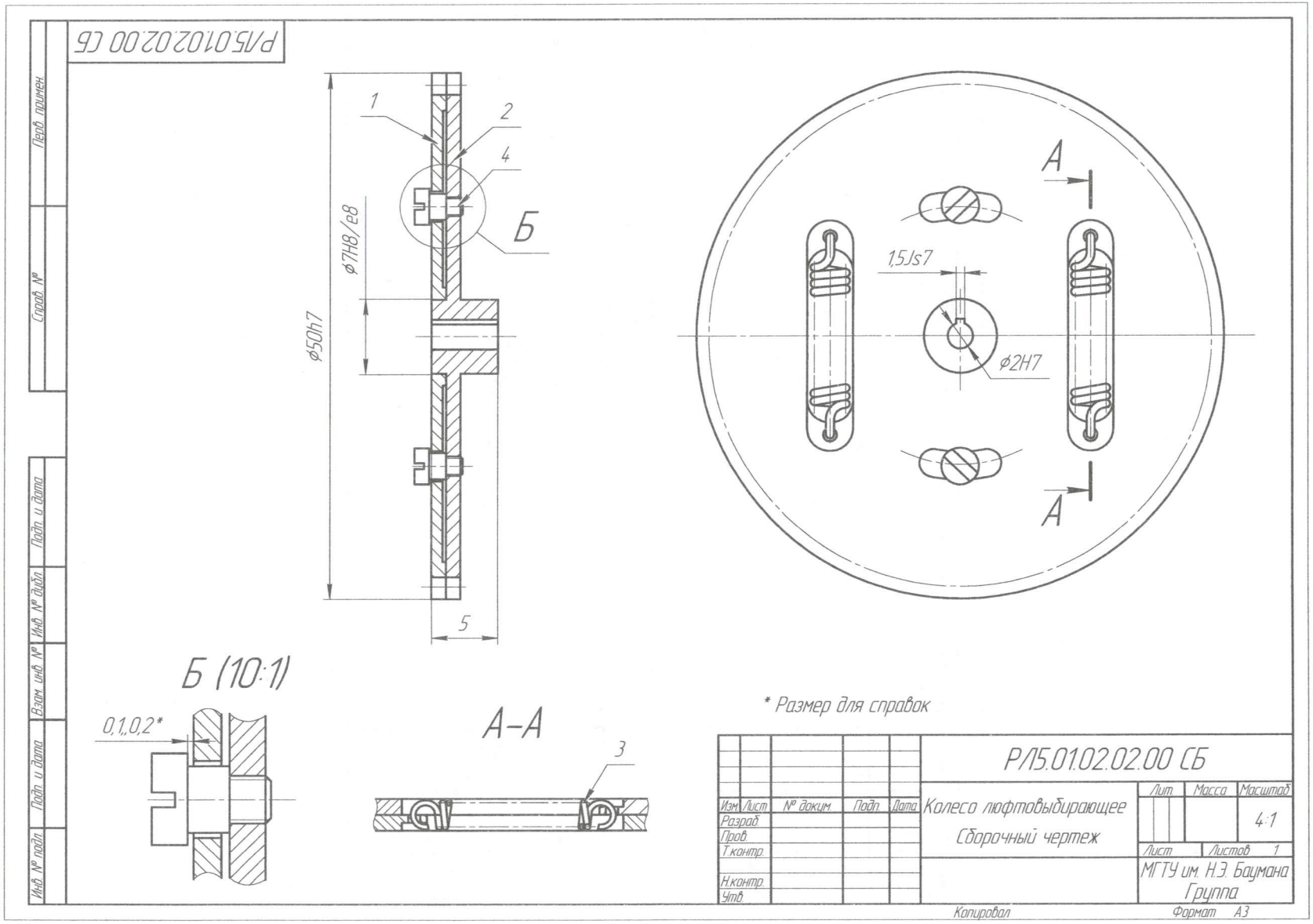

РЛ5.01.02.02.00 СБ
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
1
2
4
Б
ø50h7
ø7H8/e8
5
1,5Js7
ø2H7
A
A
Б (10:1)
0,1...0,2*
А–А
3
* Размер для справок
Р/15.01.02.02.00 СБ
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Колесо люфтовыбирающее
Сборочный чертеж
Лит
Масса
Масштаб
4:1
Лист
Листов 1
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Группа
Копировал
Формат А3

Рис. П1.21

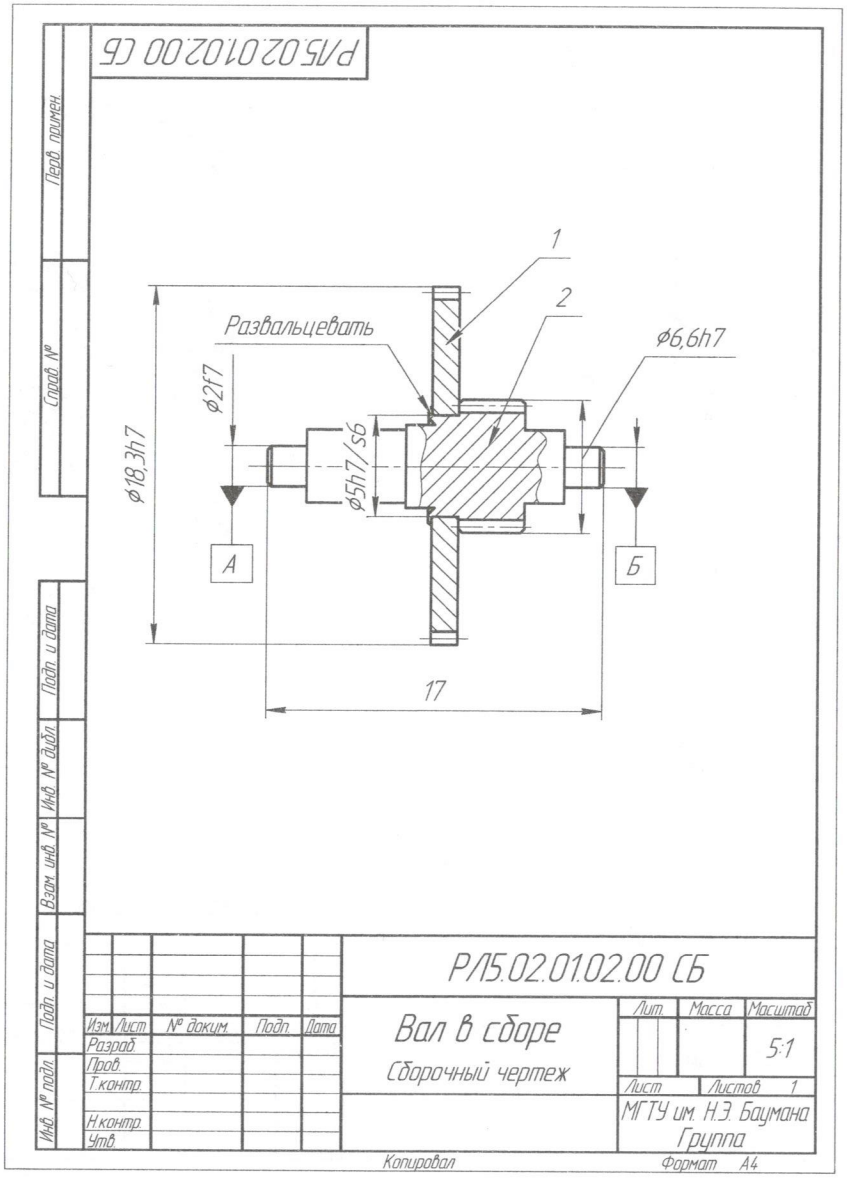

Р/15.02.01.02.00 СБ
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
1
2
Развальцевать
ф6,6h7
ф2F7
ф18,3h7
ф5h7/s6
А
Б
17
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Р/15.02.01.02.00 СБ
Вал в сборе
Сборочный чертеж
Лит.
Масса
Масштаб
5:1
Лист
Листов 1
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Группа
Копировал
Формат А4

Рис. П1.22

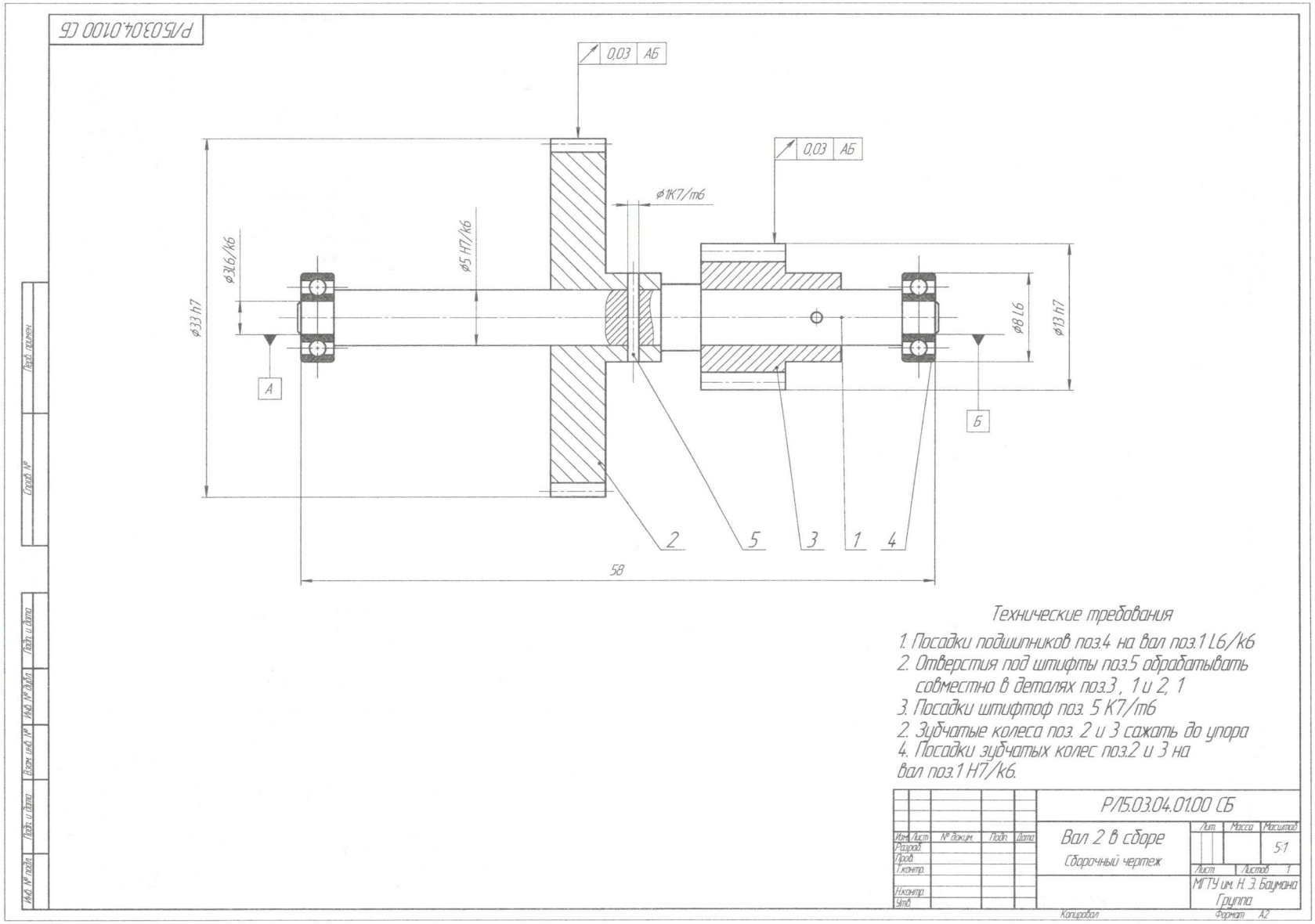
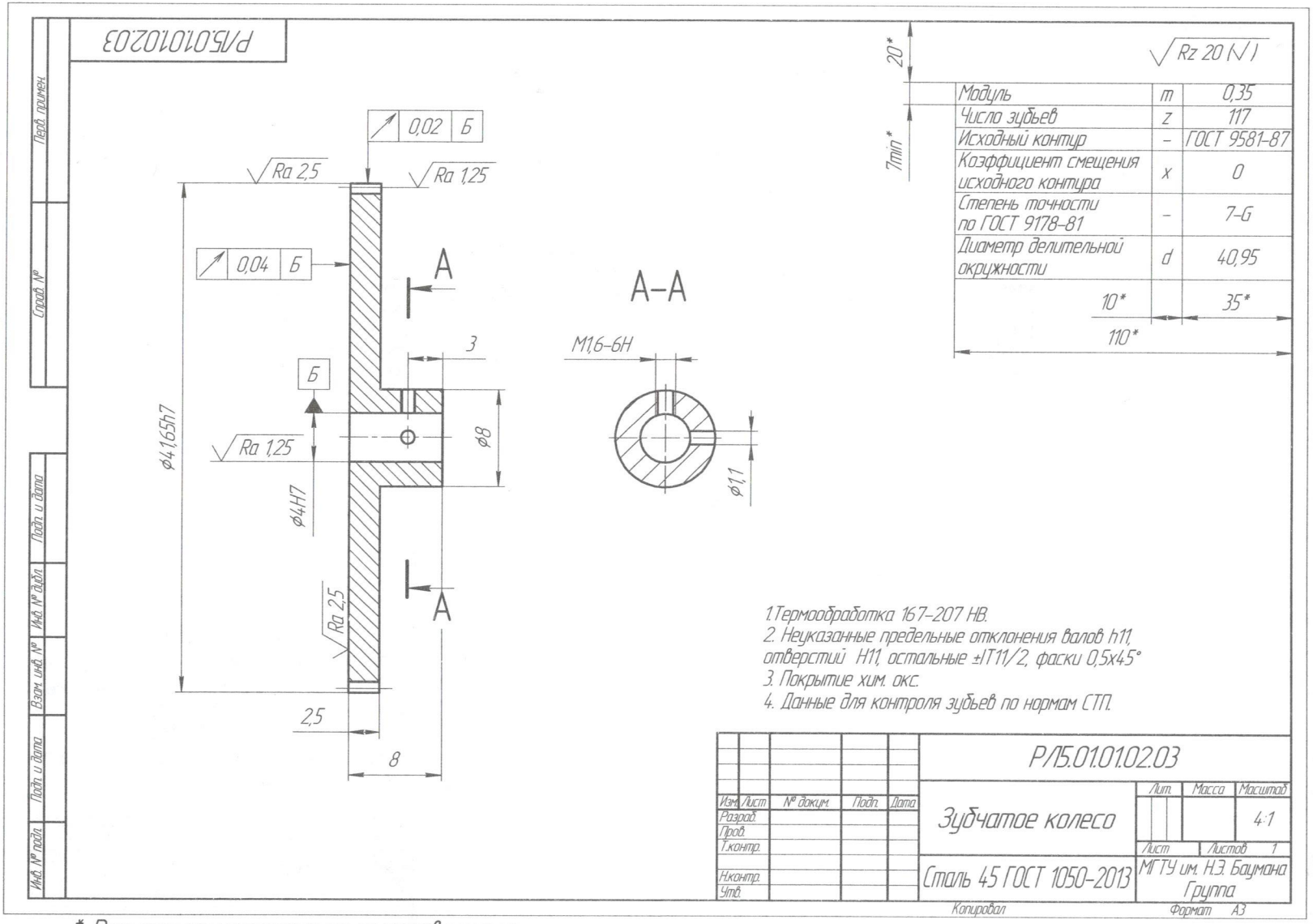

Р/15.03.04.01.00 СБ
0,03 А Б
0,03 А Б
ø11K7/m6
ø5 H7/k6
ø31L6/k6
ø33 h7
ø8 L6
ø13 h7
А
Б
2
5
3
1
4
58
Технические требования
1. Посадки подшипников поз.4 на вал поз.1 L6/k6
2. Отверстия под штифты поз.5 обрабатывать совместно в деталях поз.3 , 1 и 2, 1
3. Посадки штифтоф поз. 5 K7/m6
2. Зубчатые колеса поз. 2 и 3 сажать до упора
4. Посадки зубчатых колес поз.2 и 3 на вал поз.1 H7/k6.
Р/15.03.04.01.00 СБ
Вал 2 в сборе
Сборочный чертеж
Лит.
Масса
Масштаб
5:1
Лист
Листов 1
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Группа
Копировал
Формат А2
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

Рис. П1.23



* Размеры на чертежах не проставляются

Рис. П1.24

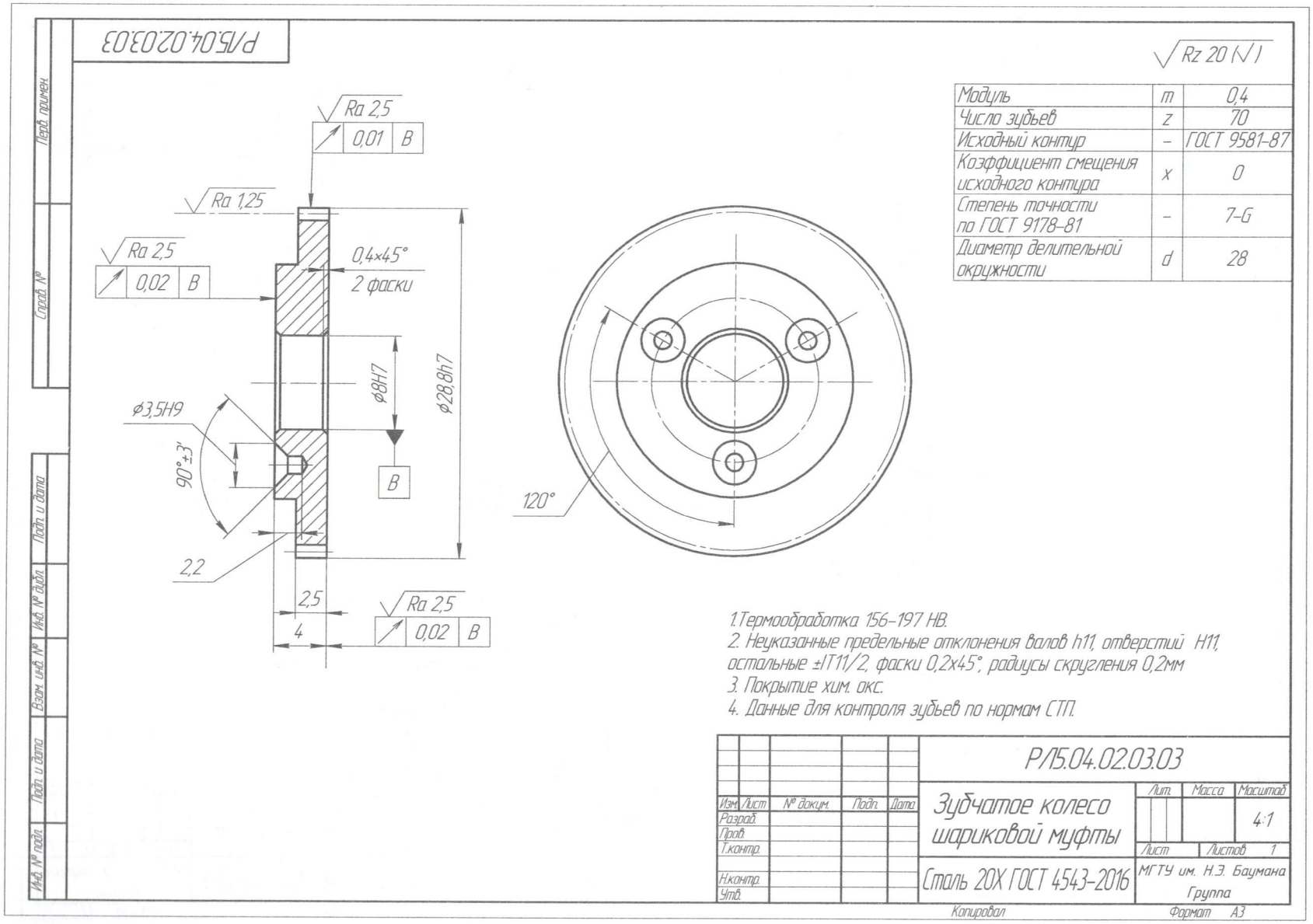

Р/15.04.02.03.03
Rz 20
Ra 2,5
0,01 B
Ra 1,25
Ra 2,5
0,02 B
0,4×45°
2 фаски
ø8H7
ø28,8h7
ø3,5H9
90°±3'
B
2,2
2,5
4
Ra 2,5
0,02 B
120°
Модуль m 0,4
Число зубьев z 70
Исходный контур – ГОСТ 9581-87
Коэффициент смещения исходного контура x 0
Степень точности по ГОСТ 9178-81 – 7-G
Диаметр делительной окружности d 28
1. Термообработка 156–197 НВ.
2. Неуказанные предельные отклонения валов h11, отверстий H11, остальные ±IT11/2, фаски 0,2х45°, радиусы скругления 0,2мм
3. Покрытие хим. окс.
4. Данные для контроля зубьев по нормам СТП.
Р/15.04.02.03.03
Зубчатое колесо шариковой муфты
Сталь 20Х ГОСТ 4543-2016
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Группа
Масштаб 4:1
Лист 1
Листов 1
Копировал
Формат А3

Рис. П1.25

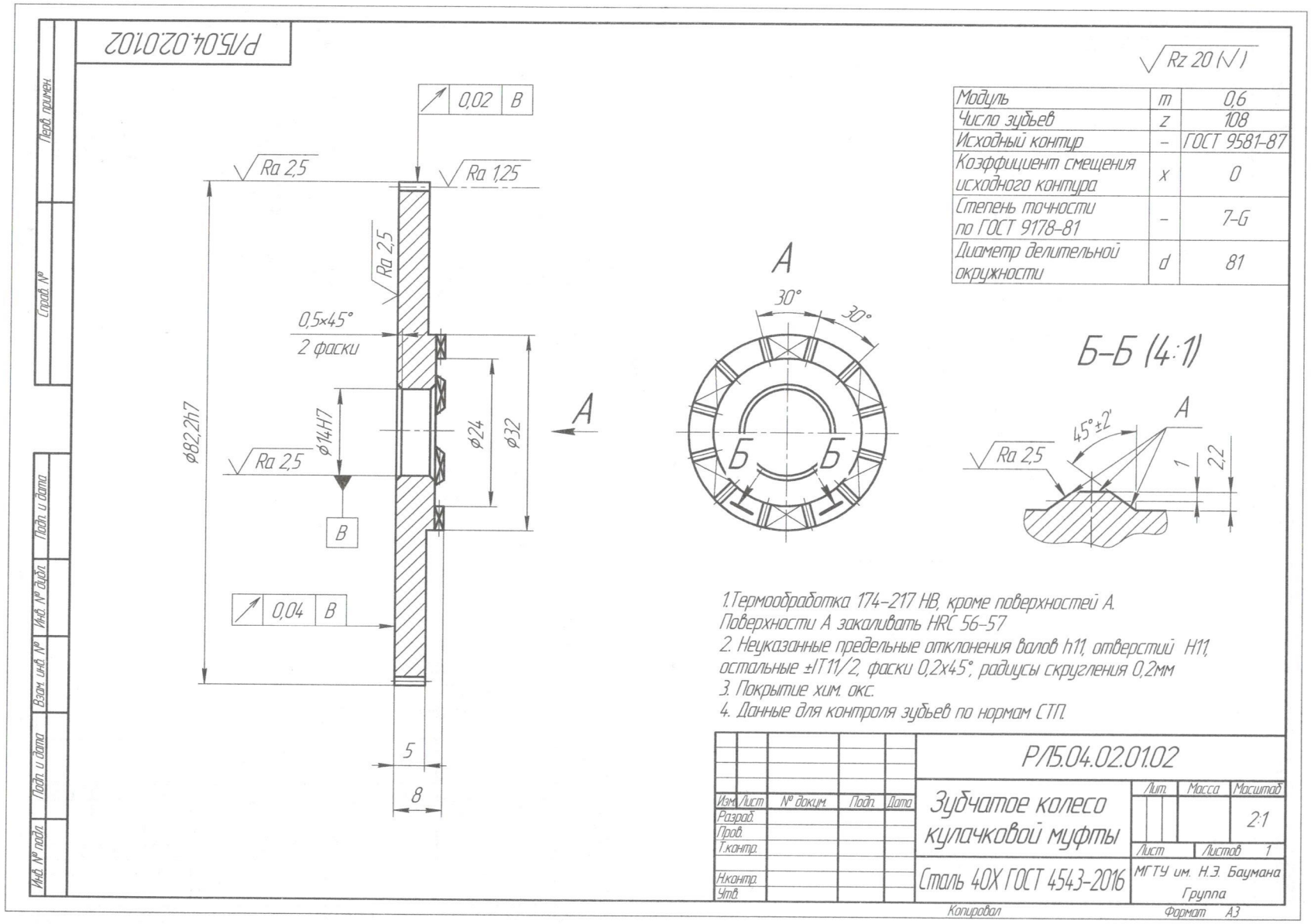

Р/15.04.02.01.02
Rz 20 (√)
0,02 B
Ra 2,5
Ra 1,25
Ra 2,5
0,5×45°
2 фаски
ϕ82,2h7
ϕ14H7
ϕ24
ϕ32
Ra 2,5
B
0,04 B
5
8
A
30°
30°
Б Б
Б–Б (4:1)
45°±2'
Ra 2,5
1
2,2
Модуль m 0,6
Число зубьев z 108
Исходный контур – ГОСТ 9581-87
Коэффициент смещения исходного контура x 0
Степень точности по ГОСТ 9178-81 – 7-G
Диаметр делительной окружности d 81
1.Термообработка 174–217 НВ, кроме поверхностей А.
Поверхности А закаливать HRC 56–57
2. Неуказанные предельные отклонения валов h11, отверстий H11, остальные ±IT11/2, фаски 0,2х45°, радиусы скругления 0,2мм
3. Покрытие хим. окс.
4. Данные для контроля зубьев по нормам СТП.
Р/15.04.02.01.02
Зубчатое колесо кулачковой муфты
Лит. Масса Масштаб
2:1
Лист Листов 1
Сталь 40Х ГОСТ 4543-2016
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Группа
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Копировал
Формат А3

Рис. П1.26

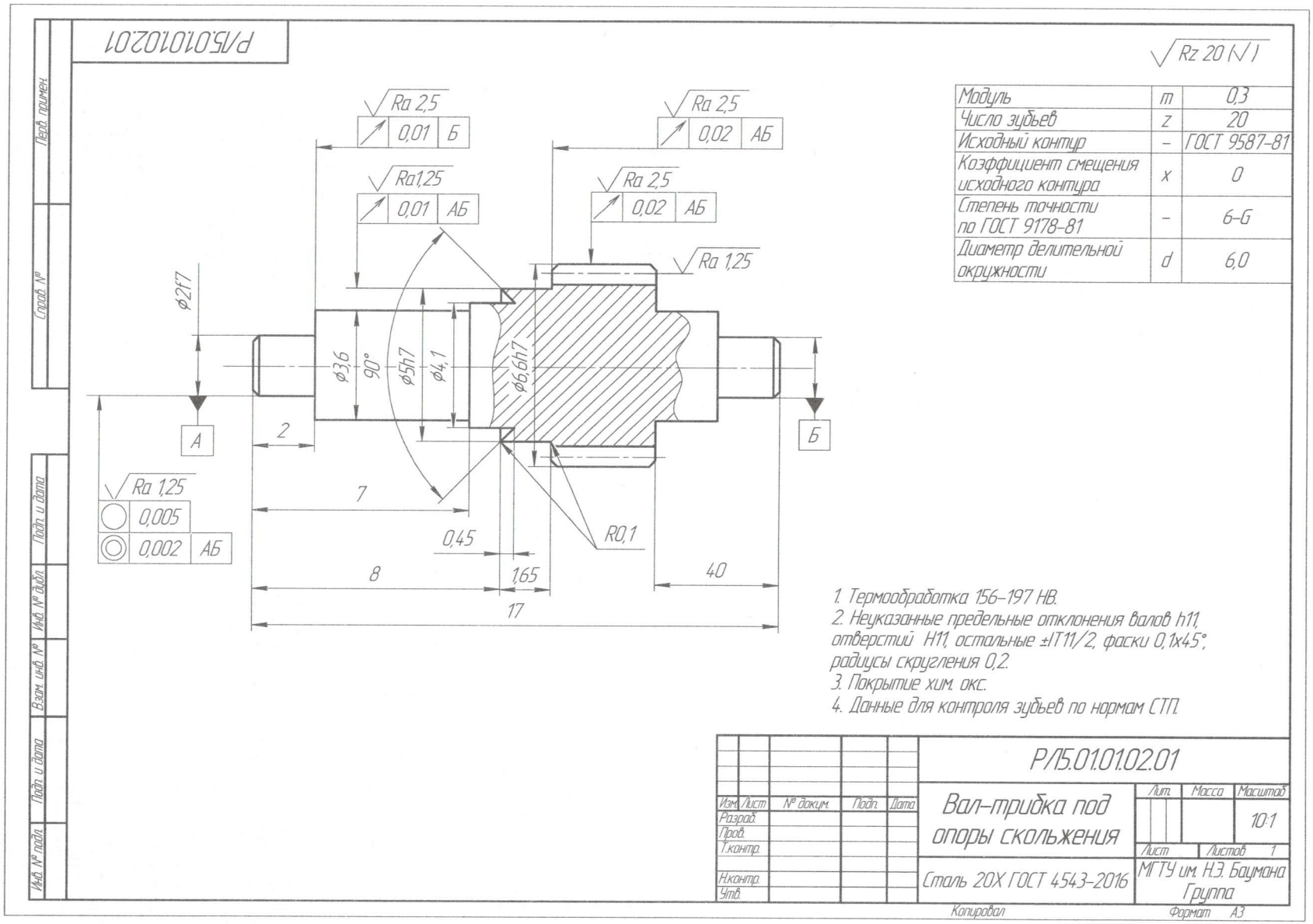

Р/15.01.01.02.01
Rz 20
Ra 2,5
0,01 Б
Ra 2,5
0,02 АБ
Ra1,25
0,01 АБ
Ra 2,5
0,02 АБ
Ra 1,25
ø2f7
ø3,6
90°
ø5h7
ø4,1
ø6,6h7
А
Б
2
7
8
17
0,45
1,65
40
R0,1
Ra 1,25
0,005
0,002 АБ
Модуль m 0,3
Число зубьев z 20
Исходный контур – ГОСТ 9587-81
Коэффициент смещения исходного контура x 0
Степень точности по ГОСТ 9178-81 – 6-G
Диаметр делительной окружности d 6,0
1. Термообработка 156–197 НВ.
2. Неуказанные предельные отклонения валов h11, отверстий H11, остальные ±IT11/2, фаски 0,1х45°, радиусы скругления 0,2.
3. Покрытие хим. окс.
4. Данные для контроля зубьев по нормам СТП.
Р/15.01.01.02.01
Вал-трибка под опоры скольжения
Сталь 20Х ГОСТ 4543-2016
МГТУ им. Н.Э. Баумана Группа
Масштаб 10:1
Лист 1
Листов 1
Копировал
Формат А3

Рис. П1.27

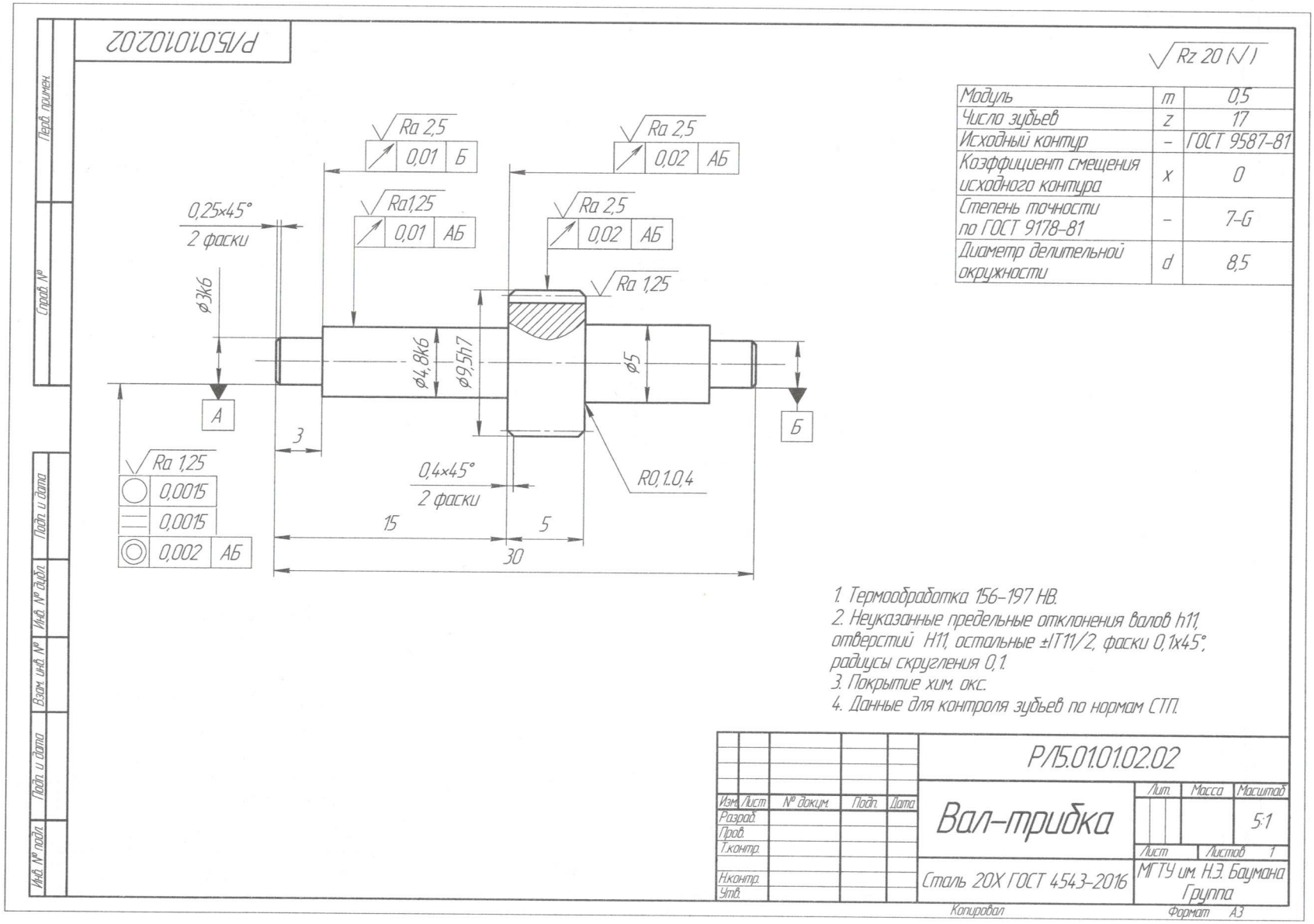

Р/15.01.01.02.02
Rz 20
Ra 2,5
0,01 Б
Ra 2,5
0,02 АБ
Ra1,25
0,01 АБ
Ra 2,5
0,02 АБ
Ra 1,25
0,25×45°
2 фаски
ø3k6
ø4,8k6
ø9,5h7
ø5
А
Б
3
0,4×45°
2 фаски
R0,1..0,4
15
5
30
Ra 1,25
0,0015
0,0015
0,002 АБ
Модуль m 0,5
Число зубьев z 17
Исходный контур – ГОСТ 9587-81
Коэффициент смещения исходного контура x 0
Степень точности по ГОСТ 9178-81 – 7-G
Диаметр делительной окружности d 8,5
1. Термообработка 156–197 НВ.
2. Неуказанные предельные отклонения валов h11, отверстий H11, остальные ±IT11/2, фаски 0,1x45°, радиусы скругления 0,1.
3. Покрытие хим. окс.
4. Данные для контроля зубьев по нормам СТП.
Р/15.01.01.02.02
Вал-трибка
Сталь 20Х ГОСТ 454.3-2016
МГТУ им. Н.Э. Баумана Группа
Масштаб 5:1
Лист 1
Листов 1
Копировал
Формат А3

Рис. П1.28

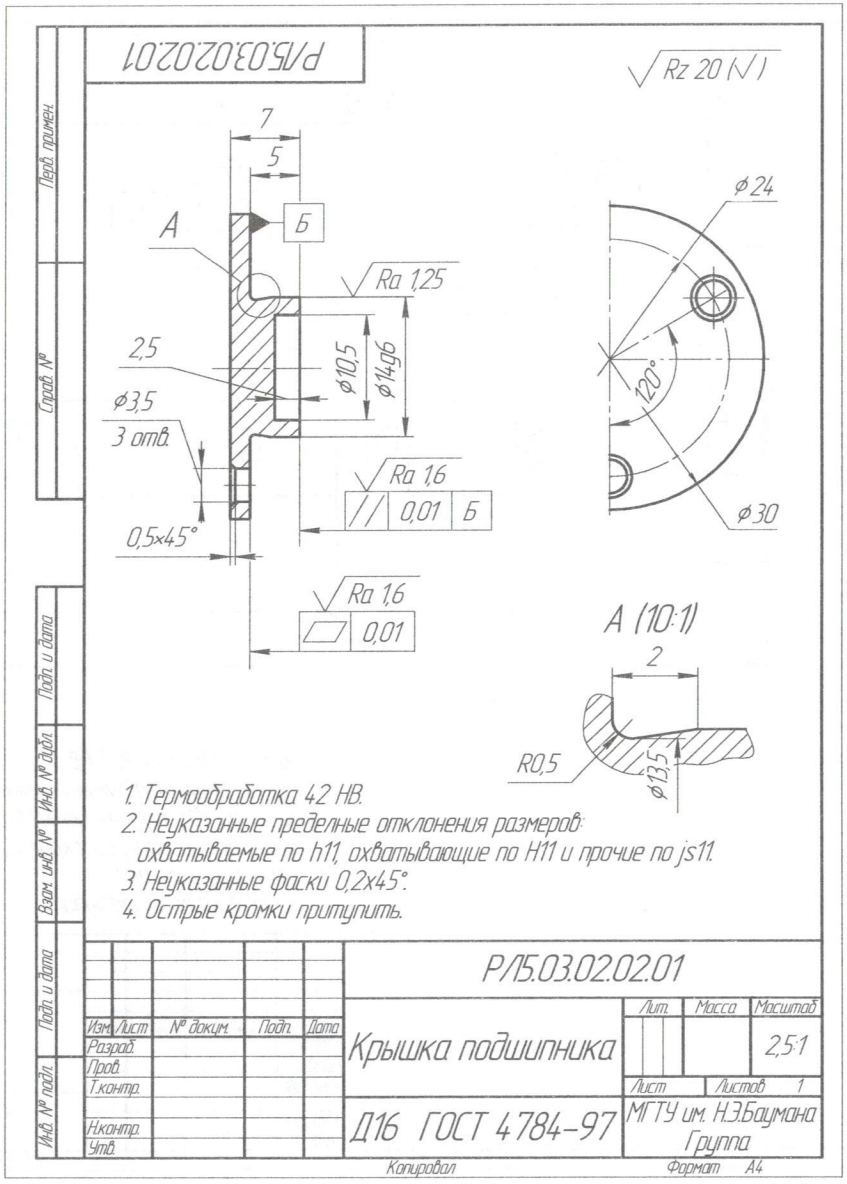

РЛ5.03.02.02.01
Rz 20 (√)
7
5
А
Б
Ra 1,25
2,5
ø3,5
3 отв.
ø10,5
ø14g6
Ra 1,6
// 0,01 Б
0,5×45°
Ra 1,6
0,01
ø24
120°
ø30
А (10:1)
2
R0,5
ø13,5
1. Термообработка 42 НВ.
2. Неуказанные предельные отклонения размеров:
охватываемые по h11, охватывающие по H11 и прочие по js11.
3. Неуказанные фаски 0,2х45°.
4. Острые кромки притупить.
РЛ5.03.02.02.01
Крышка подшипника
Д16 ГОСТ 4784-97
Лит.
Масса
Масштаб
2,5:1
Лист
Листов 1
МГТУ им. Н.Э.Баумана
Группа
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Копировал
Формат А4

Рис. П1.29

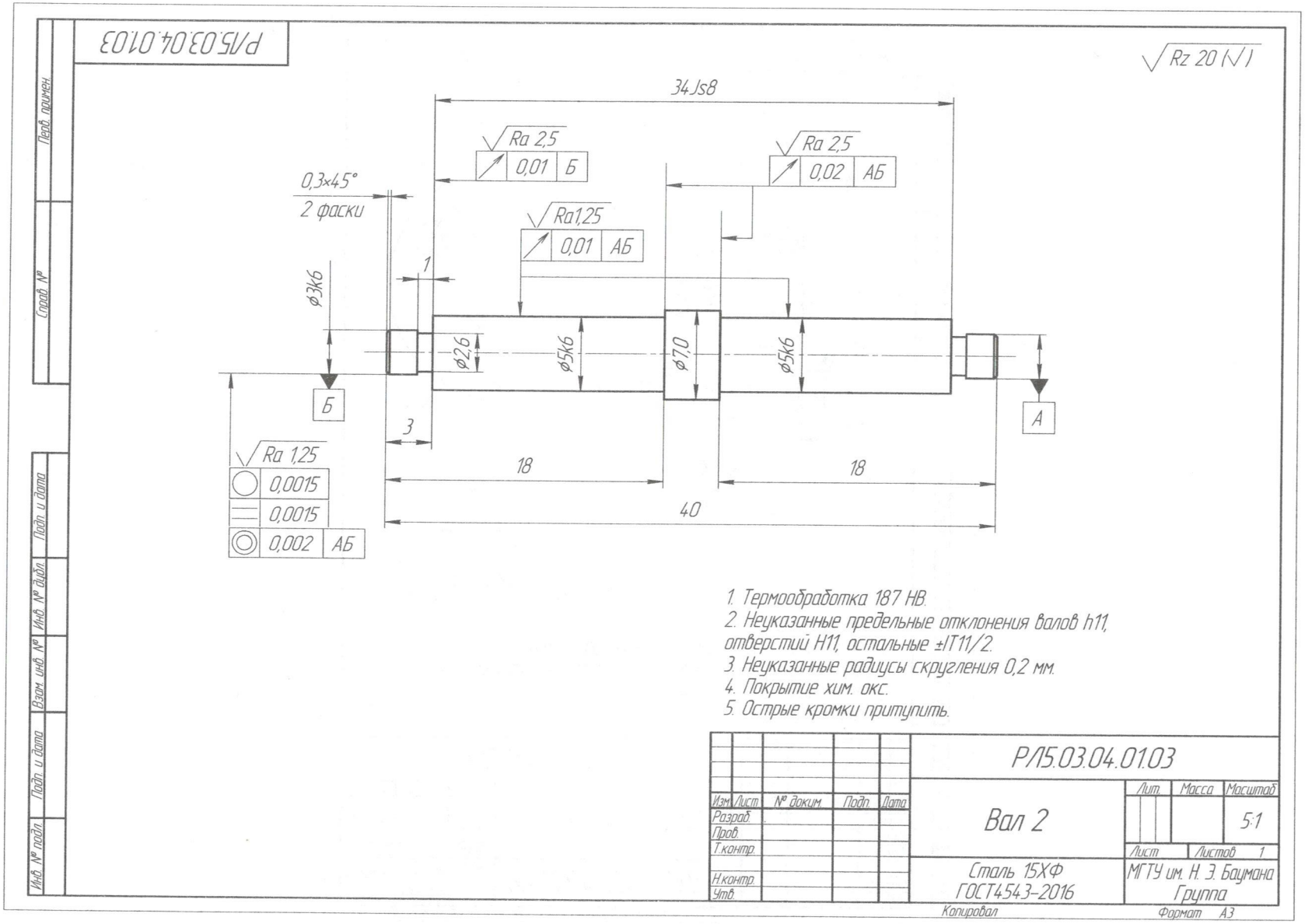

Р/15.03.04.0103
Rz 20 (√)
34 Js8
Ra 2,5
0,01 Б
Ra 2,5
0,02 АБ
Ra1,25
0,01 АБ
0,3×45°
2 фаски
1
ø3k6
ø2,6
ø5k6
ø7,0
ø5k6
Б
А
3
18
18
40
Ra 1,25
0,0015
0,0015
0,002 АБ
1. Термообработка 187 НВ.
2. Неуказанные предельные отклонения валов h11, отверстий H11, остальные ±IT11/2.
3. Неуказанные радиусы скругления 0,2 мм.
4. Покрытие хим. окс.
5. Острые кромки притупить.
Р/15.03.04.0103
Вал 2
Лит.
Масса
Масштаб
5:1
Лист
Листов 1
Сталь 15ХФ
ГОСТ4543-2016
МГТУ им. Н. Э. Баумана
Группа
Изм. Лист. № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Копировал
Формат А3

Рис. П1.30

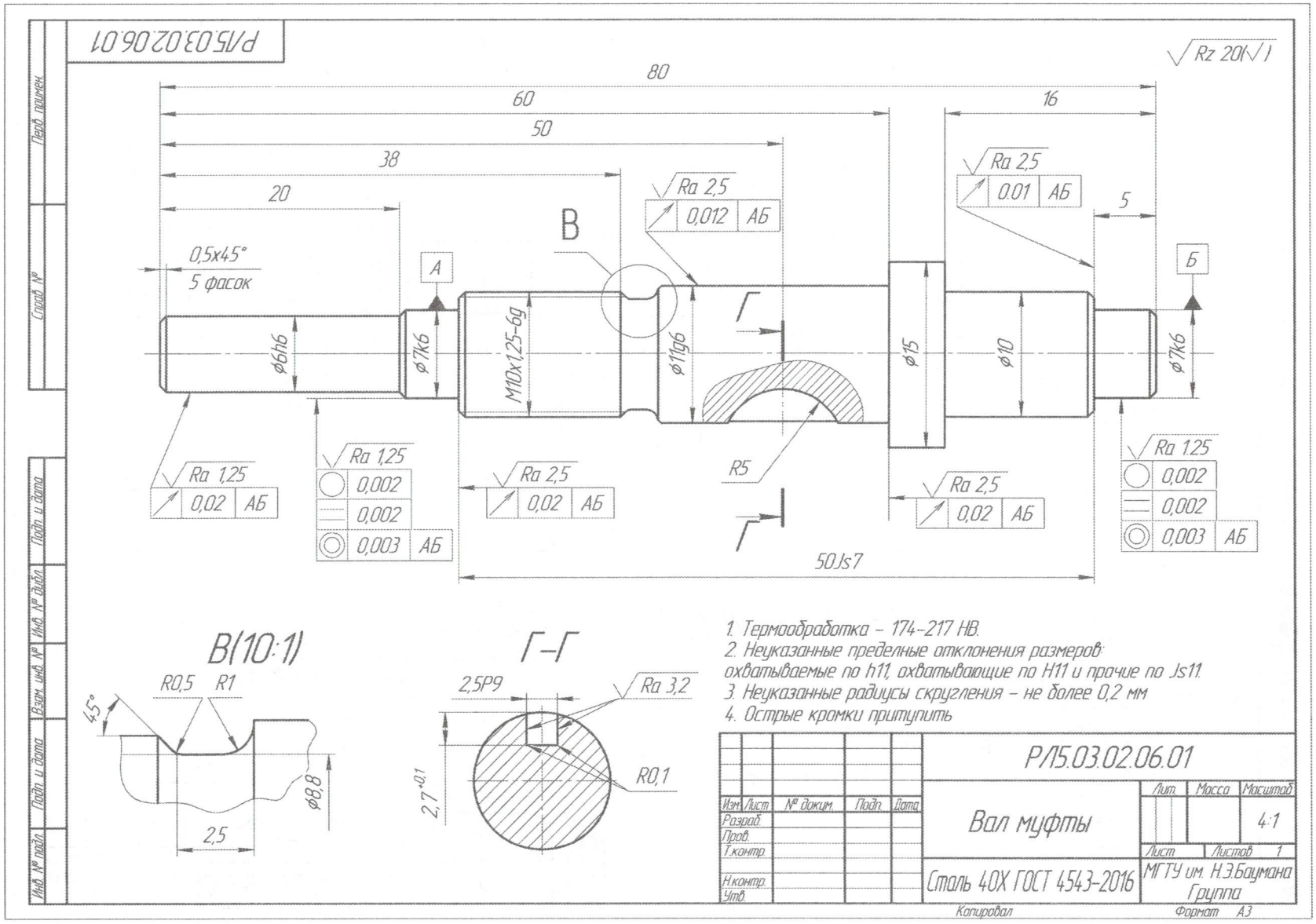

Р/15.03.02.06.01
Rz 20(√1)
80
60
50
38
20
16
5
0,5x45°
5 фасок
А
Б
В
Ra 2,5
0,012 АБ
Ra 2,5
0,01 АБ
ø6h6
ø7k6
M10x1,25-6g
ø11g6
ø15
ø10
ø7k6
R5
Ra 1,25
0,02 АБ
Ra 1,25
0,002
0,002
0,003 АБ
Ra 2,5
0,02 АБ
Ra 2,5
0,02 АБ
Ra 1,25
0,002
0,002
0,003 АБ
50Js7
В(10:1)
R0,5
R1
45°
ø8,8
2,5
Г–Г
2,5P9
Ra 3,2
R0,1
2,7 +0,1
1. Термообработка – 174–217 НВ.
2. Неуказанные предельные отклонения размеров:
охватываемые по h11, охватывающие по H11 и прочие по Js11.
3. Неуказанные радиусы скругления – не более 0,2 мм
4. Острые кромки притупить
Р/15.03.02.06.01
Вал муфты
Сталь 40Х ГОСТ 4543-2016
МГТУ им. Н.Э.Баумана
Группа
Лит.
Масса
Масштаб
4:1
Лист
Листов 1
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Копировал
Формат А3

Рис. П1.31

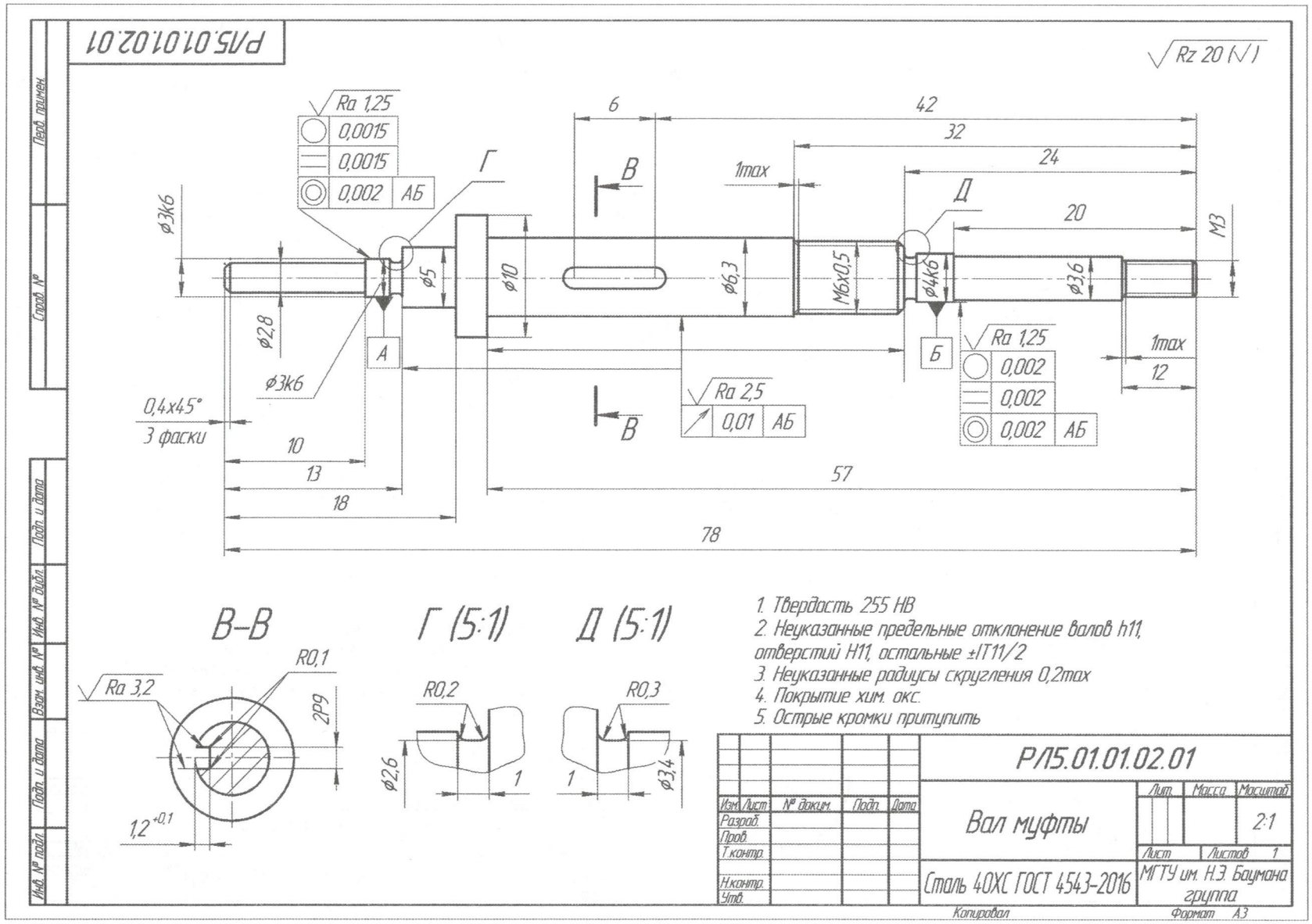

РЛ5.01.01.02.01
Rz 20 (√)
Ra 1,25
0,0015
0,0015
0,002 АБ
Г
В
6
42
32
24
1max
Д
20
М3
ø3k6
ø5
ø10
ø6,3
М6х0,5
ø4k6
ø3,6
ø2,8
ø3k6
А
Б
Ra 1,25
0,002
0,002
0,002 АБ
1max
12
Ra 2,5
0,01 АБ
0,4х45°
3 фаски
10
13
18
57
78
В–В
Г (5:1)
Д (5:1)
Ra 3,2
R0,1
2P9
1,2+0,1
R0,2
ø2,6
1
R0,3
1
ø3,4
1. Твердость 255 НВ
2. Неуказанные предельные отклонение валов h11, отверстий H11, остальные ±IT11/2
3. Неуказанные радиусы скругления 0,2max
4. Покрытие хим. окс.
5. Острые кромки притупить
РЛ5.01.01.02.01
Вал муфты
Лит.
Масса
Масштаб
2:1
Лист
Листов 1
Сталь 40ХС ГОСТ 4543-2016
МГТУ им. Н.Э. Баумана группа
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Копировал
Формат А3

Рис. П1.32

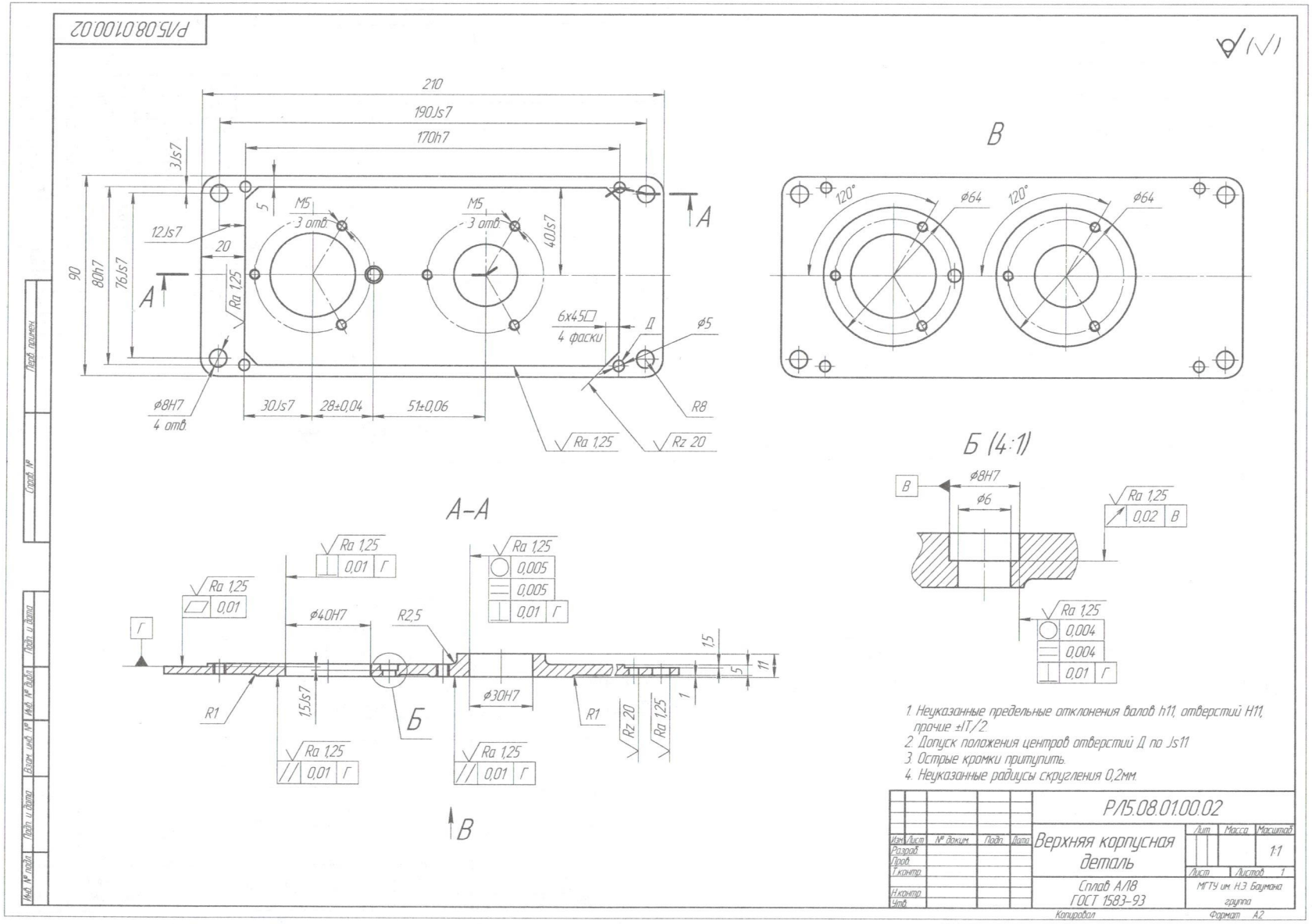

Р/15.08.01.00.02
210
190Js7
170h7
3Js7
90
80h7
76Js7
12Js7
20
5
M5
3 отв.
40Js7
Ra 1,25
6x45°
4 фаски
Д
ø5
ø8H7
4 отв.
30Js7
28±0,04
51±0,06
R8
Ra 1,25
Rz 20
А-А
Ra 1,25
0,01 Г
ø40H7
R2,5
0,005
0,01 Г
15
5
11
R1
15,5s7
ø30H7
Б
Rz 20
1
В
В
120°
ø64
Б (4:1)
ø8H7
ø6
0,02 В
0,004
0,01 Г
1. Неуказанные предельные отклонения валов h11, отверстий H11, прочие ±IT/2.
2. Допуск положения центров отверстий Д по Js11
3. Острые кромки притупить.
4. Неуказанные радиусы скругления 0,2мм.
Р/15.08.01.00.02
Верхняя корпусная деталь
Сплав АЛ8
ГОСТ 1583-93
МГТУ им. Н.Э. Баумана
группа
Масштаб 1:1
Копировал
Формат А2

Рис. П1.33

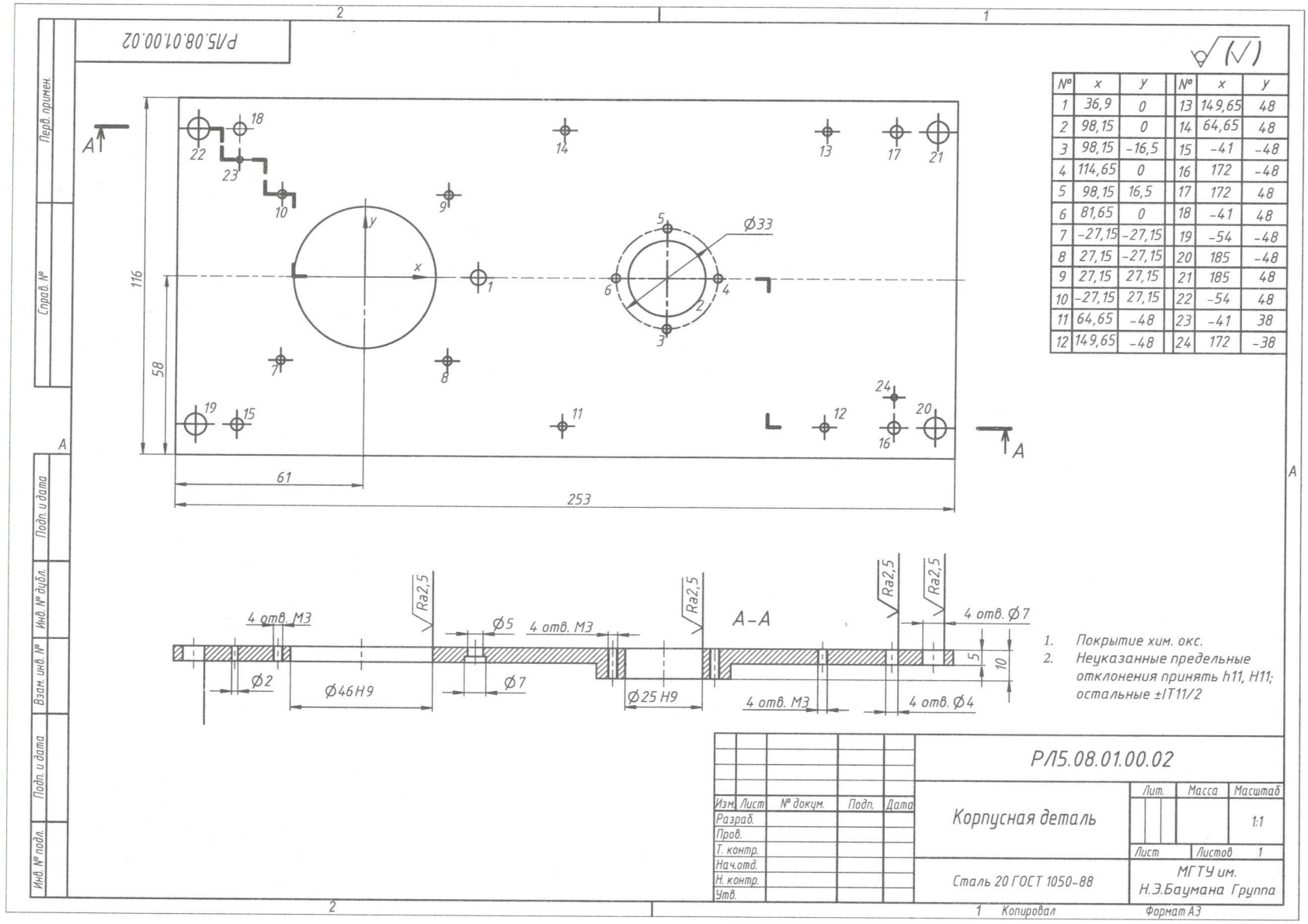

РЛ5.08.01.00.02
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
A
2
1
√(V)
№ x y № x y
1 36,9 0 13 149,65 48
2 98,15 0 14 64,65 48
3 98,15 -16,5 15 -41 -48
4 114,65 0 16 172 -48
5 98,15 16,5 17 172 48
6 81,65 0 18 -41 48
7 -27,15 -27,15 19 -54 -48
8 27,15 -27,15 20 185 -48
9 27,15 27,15 21 185 48
10 -27,15 27,15 22 -54 48
11 64,65 -48 23 -41 38
12 149,65 -48 24 172 -38
Ø33
116
58
61
253
4 отв. М3
Ra2,5
Ø5
Ø2
Ø46H9
Ø7
Ø25 H9
4 отв. Ø7
4 отв. Ø4
5
10
1. Покрытие хим. окс.
2. Неуказанные предельные отклонения принять h11, H11; остальные ±IT11/2
РЛ5.08.01.00.02
Корпусная деталь
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т. контр.
Нач.отд.
Н. контр.
Утв.
Лит. Масса Масштаб
1:1
Лист Листов 1
Сталь 20 ГОСТ 1050-88
МГТУ им. Н.Э.Баумана Группа
Копировал Формат А3

Рис. П1.34

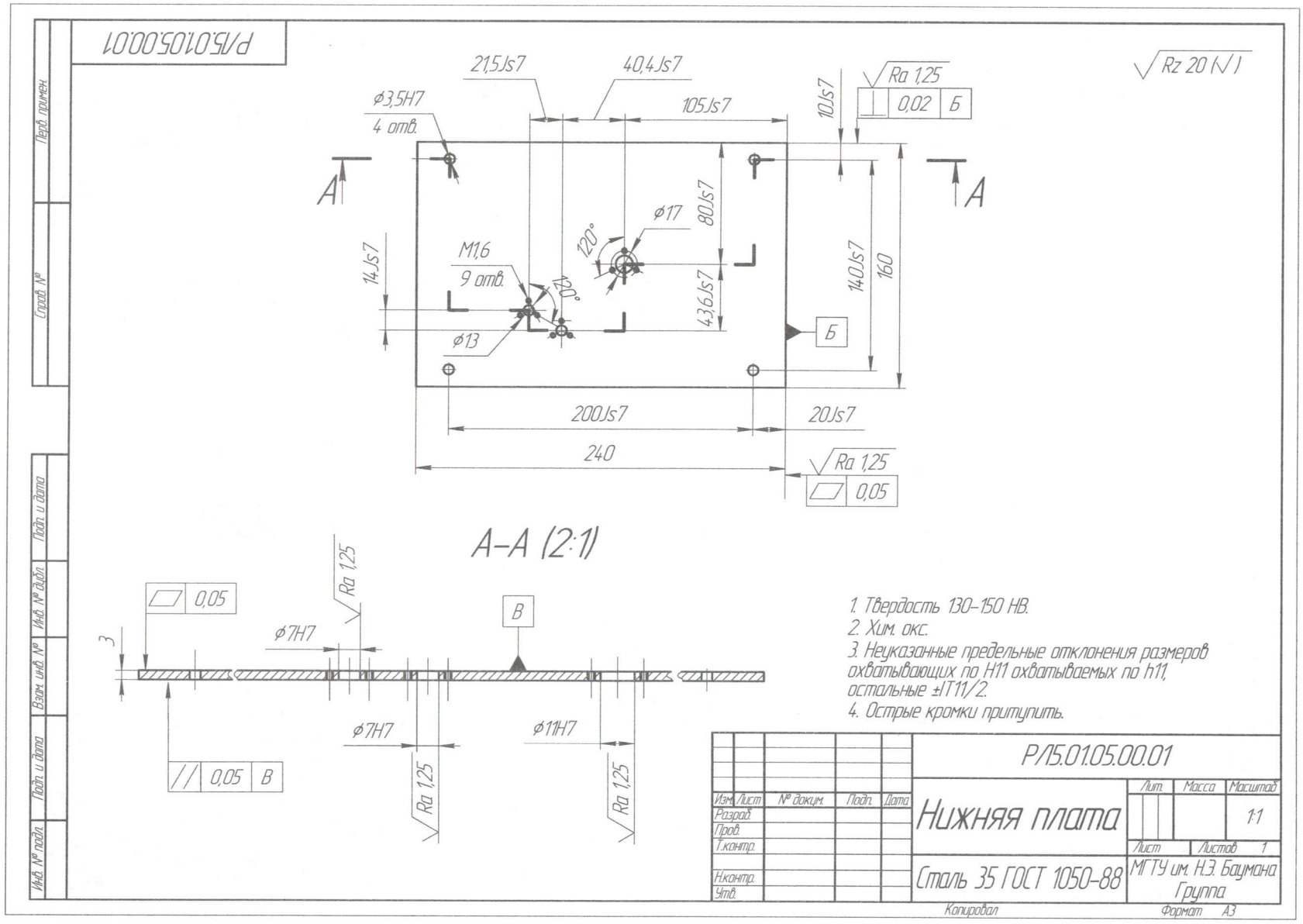
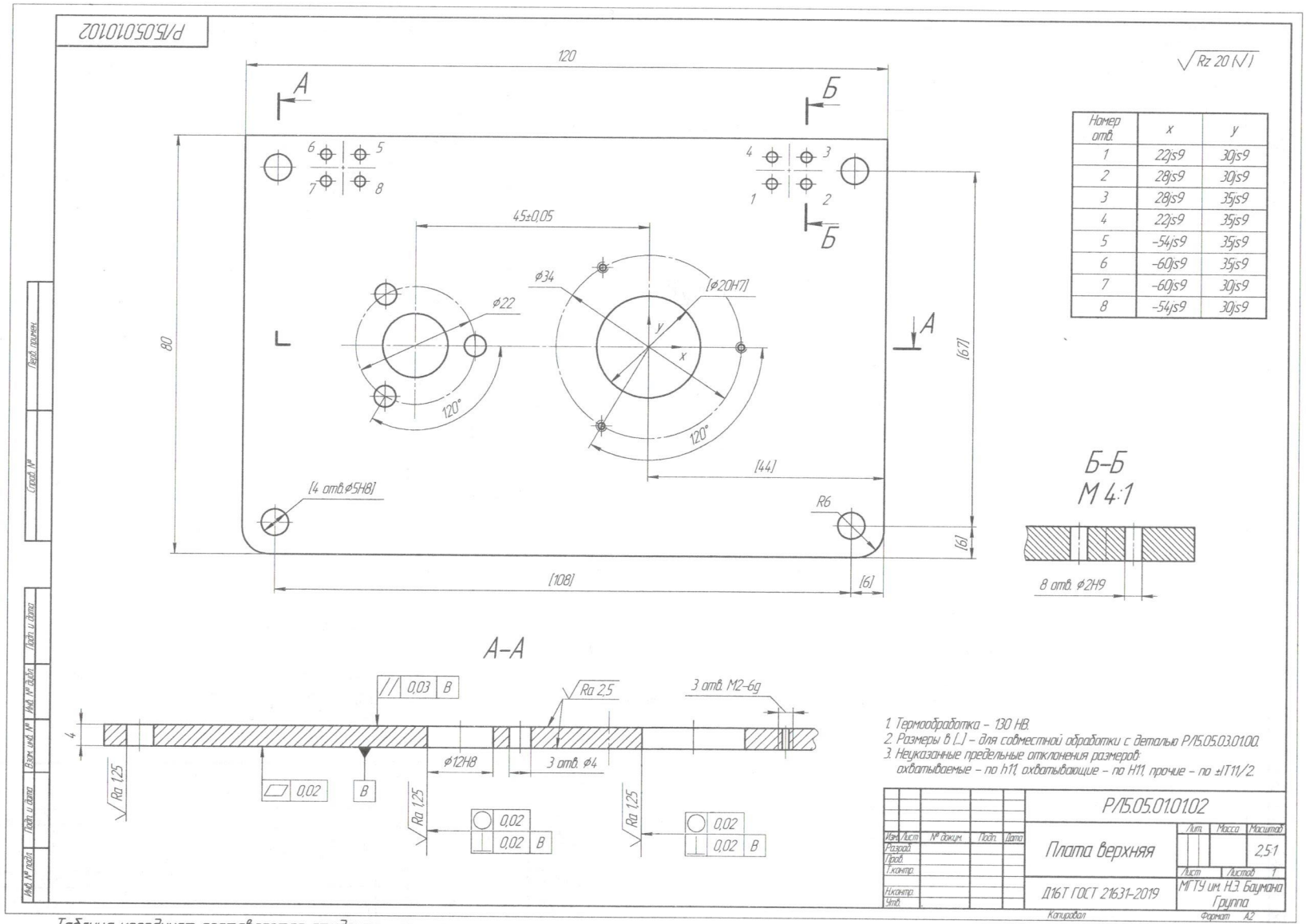

Р/15.01.05.00.01
Rz 20 (√)
21,5Js7
40,4Js7
105Js7
10Js7
Ra 1,25
0,02 Б
ø3,5H7
4 отв.
A
A
80Js7
ø17
120°
M1,6
9 отв.
120°
14,5Js7
ø13
43,6Js7
140Js7
160
Б
200Js7
20Js7
240
Ra 1,25
0,05
A–A (2:1)
0,05
Ra 1,25
B
3
ø7H7
ø7H7
ø11H7
0,05 B
Ra 1,25
Ra 1,25
1. Твердость 130–150 НВ.
2. Хим. окс.
3. Неуказанные предельные отклонения размеров охватывающих по H11 охватываемых по h11, остальные ±IT11/2.
4. Острые кромки притупить.
Р/15.01.05.00.01
Нижняя плата
Сталь 35 ГОСТ 1050-88
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Группа
Лит.
Масса
Масштаб
1:1
Лист
Листов 1
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Копировал
Формат А3

Рис. П1.35



Номер отв.	x	y
1	22js9	30js9
2	28js9	30js9
3	28js9	35js9
4	22js9	35js9
5	-54js9	35js9
6	-60js9	35js9
7	-60js9	30js9
8	-54js9	30js9

Таблица координат составляется студентом самостоятельно

Рис. П1.36

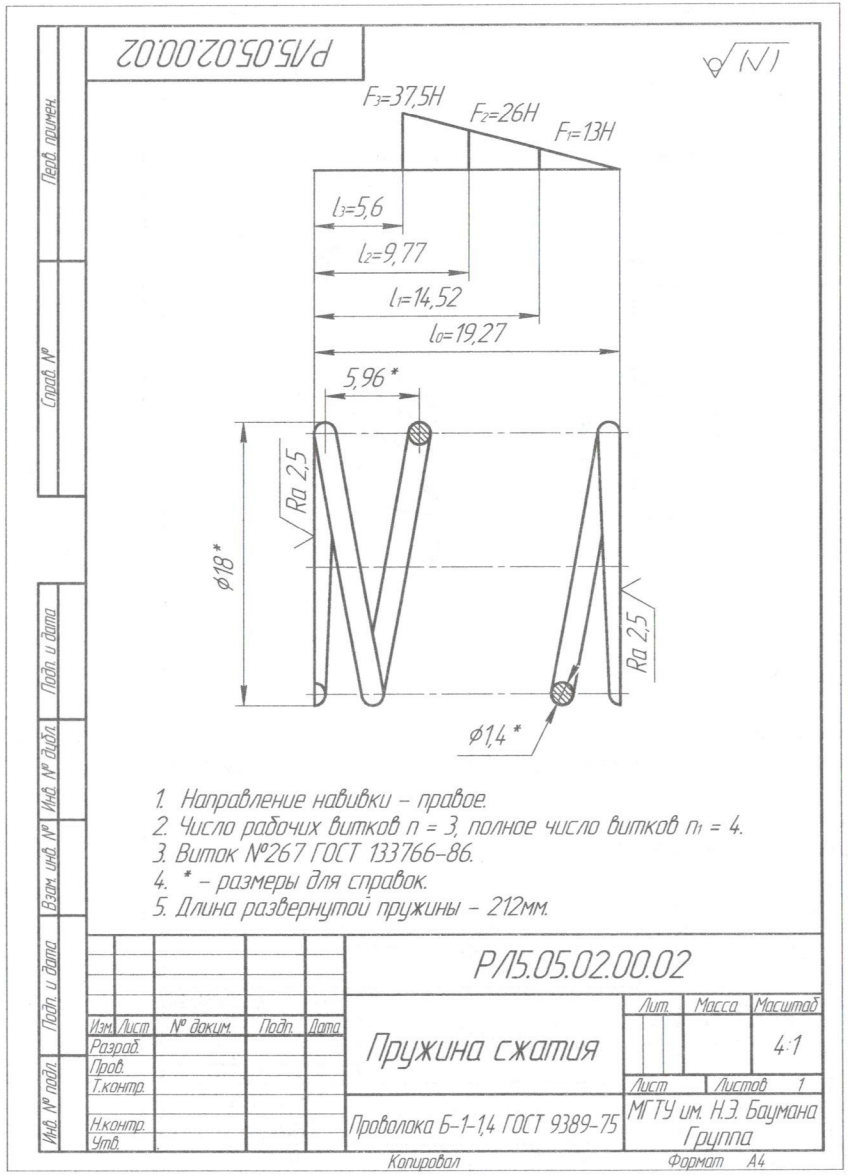


Рис. П1.37

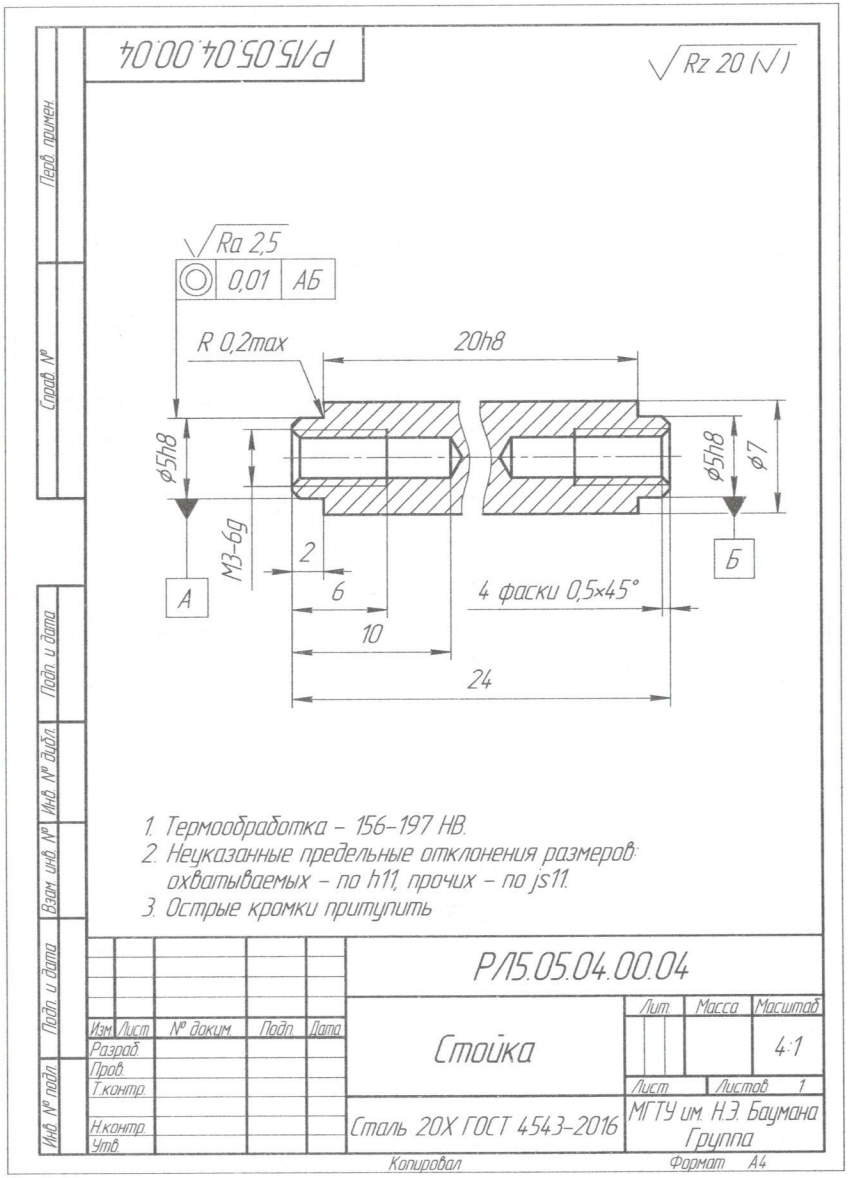


Рис. П1.38

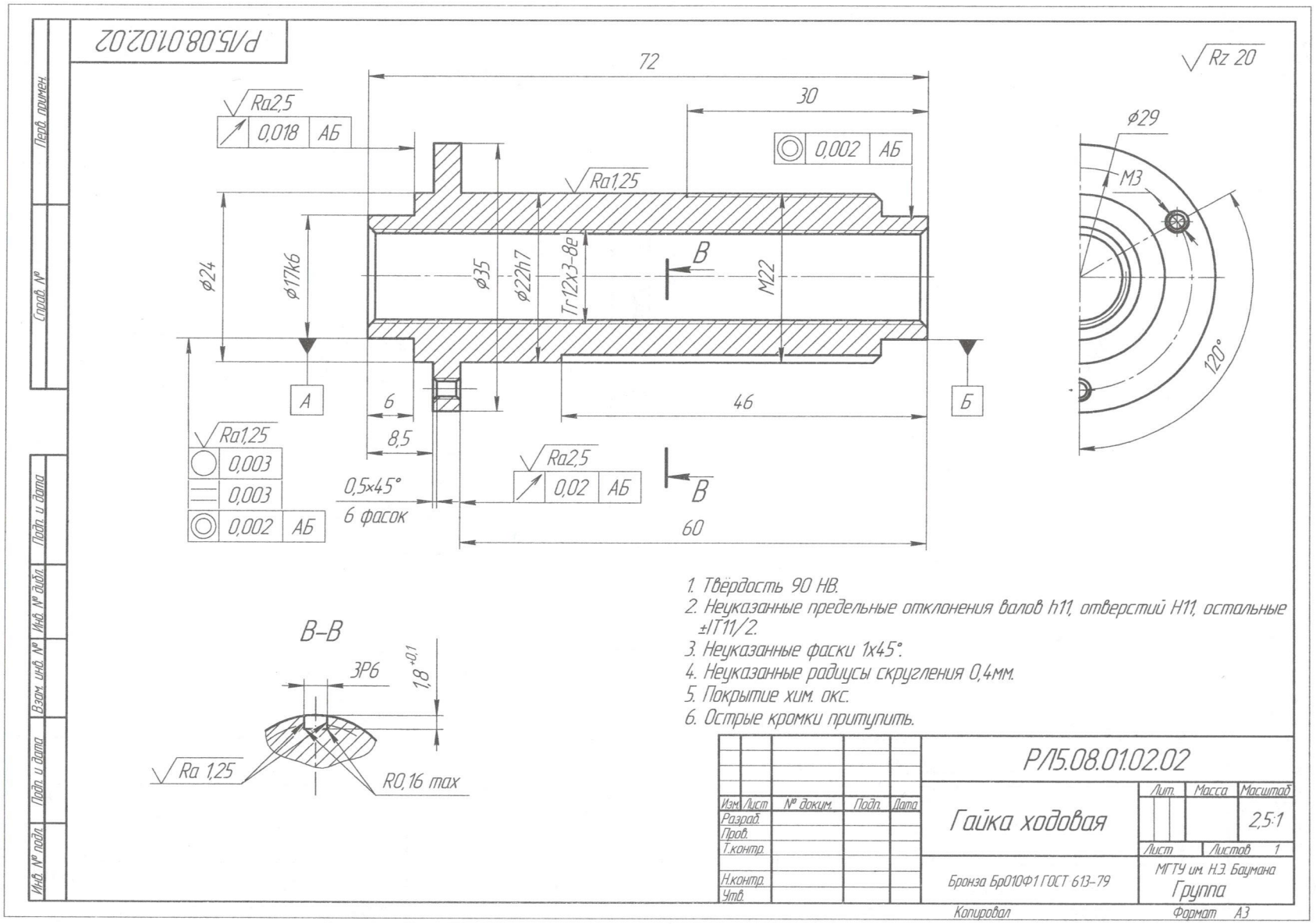

Р/15.08.01.02.02
Rz 20
72
30
Ra2,5
0,018 АБ
0,002 АБ
Ra1,25
ф24
ф17k6
ф35
ф22h7
Tr12x3-8e
M22
B
ф29
M3
120°
A
Б
6
46
8,5
Ra1,25
0,003
0,003
0,002 АБ
Ra2,5
0,02 АБ
0,5x45°
6 фасок
B
60
B–B
3P6
1,8 +0,1
Ra 1,25
R0,16 max
1. Твёрдость 90 НВ.
2. Неуказанные предельные отклонения валов h11, отверстий H11, остальные ±IT11/2.
3. Неуказанные фаски 1x45°.
4. Неуказанные радиусы скругления 0,4мм.
5. Покрытие хим. окс.
6. Острые кромки притупить.
Р/15.08.01.02.02
Гайка ходовая
Лит.
Масса
Масштаб
2,5:1
Лист
Листов 1
Бронза БрО10Ф1 ГОСТ 613-79
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Группа
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Копировал
Формат А3

Рис. П1.39

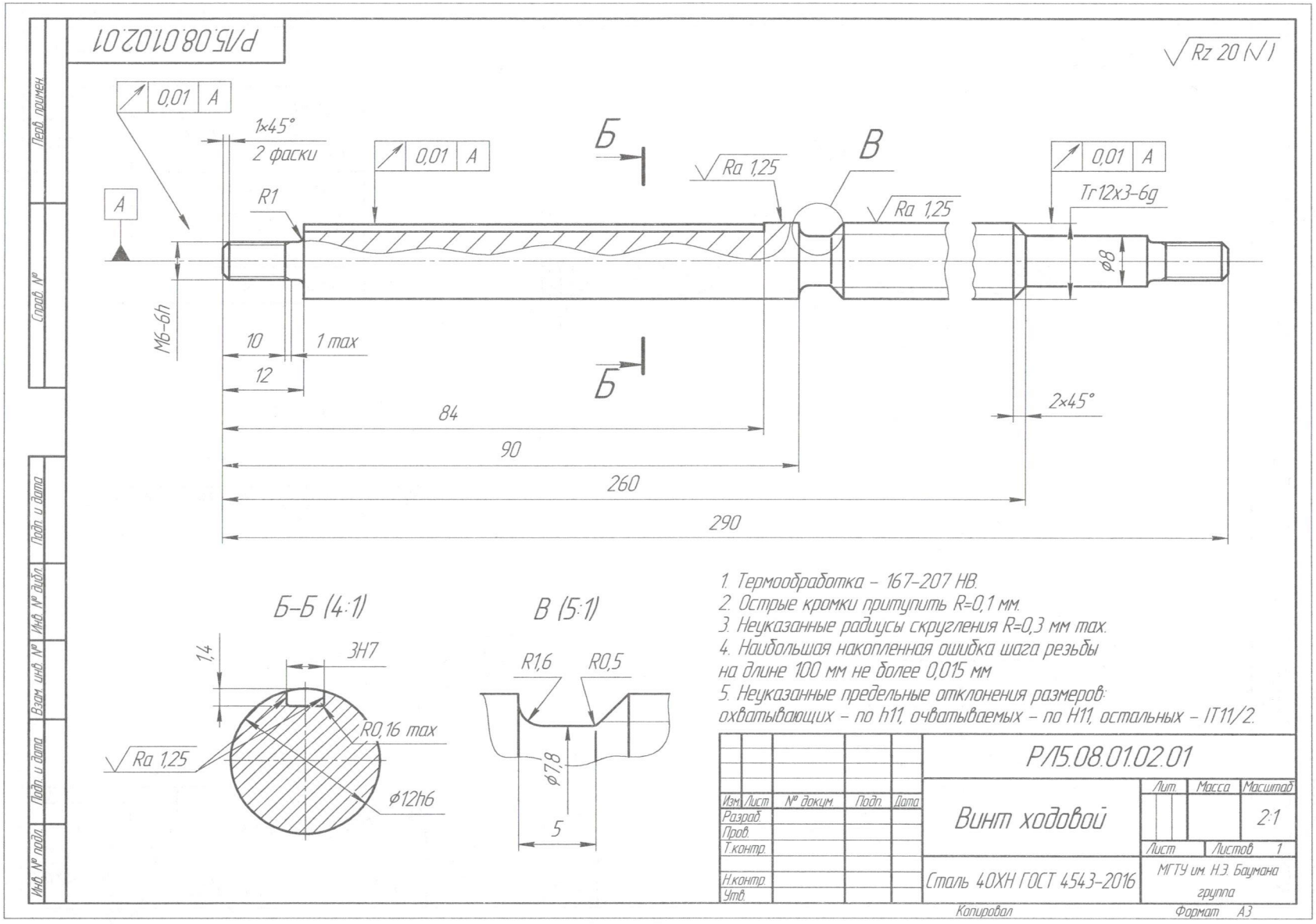

РЛ5.08.01.02.01
Rz 20
0,01 A
1×45°
2 фаски
Б
Ra 1,25
В
Tr12x3-6g
A
R1
M6-6h
10
1 max
12
84
90
260
290
2×45°
ø8
Б-Б (4:1)
В (5:1)
1,4
3H7
R0,16 max
ø12h6
R1,6
R0,5
ø7,8
5
1. Термообработка – 167–207 НВ.
2. Острые кромки притупить R=0,1 мм.
3. Неуказанные радиусы скругления R=0,3 мм max.
4. Наибольшая накопленная ошибка шага резьбы на длине 100 мм не более 0,015 мм
5. Неуказанные предельные отклонения размеров: охватывающих – по h11, охватываемых – по H11, остальных – IT11/2.
РЛ5.08.01.02.01
Винт ходовой
Сталь 40ХН ГОСТ 4543-2016
МГТУ им. Н.Э. Баумана группа
Лит.
Масса
Масштаб
2:1
Лист
Листов 1
Копировал
Формат А3

Рис. П1.40

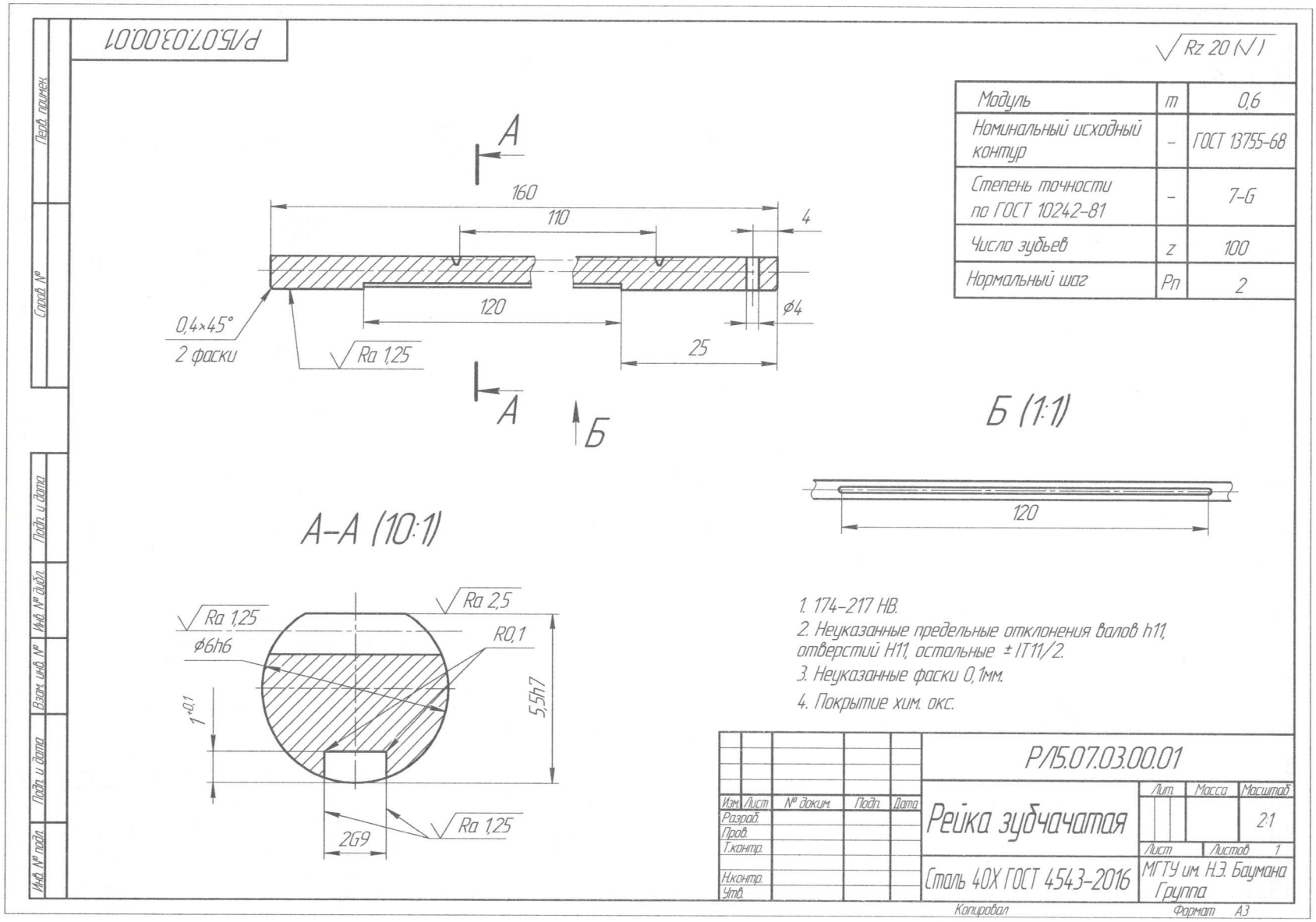

РЛ5.07.03.00.01
Rz 20 (√)
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Модуль m 0,6
Номинальный исходный контур – ГОСТ 13755-68
Степень точности по ГОСТ 1024.2-81 – 7-G
Число зубьев z 100
Нормальный шаг Pn 2
A
160
110
4
120
ф4
25
0,4×45°
2 фаски
Ra 1,25
A
Б
Б (1:1)
120
А–А (10:1)
Ra 2,5
Ra 1,25
ф6h6
R0,1
1+0,1
5,5h7
2G9
Ra 1,25
1. 174–217 НВ.
2. Неуказанные предельные отклонения валов h11, отверстий H11, остальные ± IT11/2.
3. Неуказанные фаски 0,1мм.
4. Покрытие хим. окс.
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
РЛ5.07.03.00.01
Рейка зубчатая
Лит. Масса Масштаб
2:1
Лист Листов 1
Сталь 40Х ГОСТ 4543-2016
МГТУ им. Н.Э. Баумана Группа
Копировал
Формат А3

Рис. П1.41

ВЫБОР ДОПУСКОВ И ПОСАДОК. ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ РАЗМЕРОВ

В РФ принята Единая система допусков и посадок (ЕСДП) по ГОСТ 25347–82 (табл. П2.1–П2.5). В основу стандартов положена международная система допусков и посадок ИСО. Номинальный размер деталей получают из кинематических, динамических и прочностных расчетов или выбирают из конструктивных, технологических, эстетических и других соображений. Полученный расчетом размер детали округляют и заменяют ближайшим стандартным значением. Например, диаметр вала округляют в бóльшую сторону до диаметра отверстия подшипника качения. Относительно номинального размера определяют предельные отклонения, необходимые для обеспечения заданной точности изготовления (табл. П2.6, П2.7). Для соединения деталей помимо указанной на рабочих чертежах точности их изготовления необходимо иметь сведения о характере соединения, т. е. о посадке.

В зависимости от взаимного расположения полей допусков вала и детали с отверстием различают посадки с зазором, с натягом и переходные. Посадки могут выполняться в системе вала или отверстия. Систему отверстия применяют преимущественно в случаях, когда можно получить экономию за счет сокращения ассортимента режущего инструмента для обработки отверстий. Систему вала широко применяют в случаях, если используется цельнотянутый прутковый материал, не требующий поверхностной обработки.

На выбор системы также влияет характер посадок и последовательность их расположения на одном валу. При использовании покупных изделий систему посадок выбирают в соответствии с применяемой покупной деталью или сборочной единицей. Например, посадку шарикоподшипника на вал всегда выполняют в системе отверстия, а в корпус — в системе вала.

При назначении квалитетов помимо эксплуатационных требований необходимо учитывать также производственные возможности и себестоимость изготовления деталей. Назначение высоких квалитетов требует особых обоснований.

Таблица П2.1

Допуски для размеров до 500 мм (по ГОСТ 25346–89, ГОСТ 25348–82 и ГОСТ 26175–84)

Номинальные размеры, мм	Квалитет																			
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14**	15**	16**	17**	18***	19***
	Обозначение допуска																				
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18	IT19
	Допуск, мкм													Допуск, мм							
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	5	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1,0	1,4	2,3
Свыше 3 до 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8	3,0
» 6 » 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2	3,6
» 10 » 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7	4,3
» 18 » 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3	5,2
» 30 » 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1,0	1,6	2,5	3,9	6,2
» 50 » 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3,0	4,6	7,4
» 80 » 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	100	160	250	0,4	0,63	1,0	1,6	2,5	4,0	6,3	10,0
» 120 » 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2	11,5
» 180 » 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1	13,0
» 250 » 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9	14,0
» 315 » 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4,0	6,3	9,7	15,5
» 400 » 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1,0	1,4	2,3

* Число единиц допуска указано для размеров свыше 500 мм. Для размеров до 500 мм допуски в квалитетах от 1-го до 4-го определены по следующим формулам: IT01 = $= 0{,}3 + 0{,}008D_и$; IT0 = $0{,}5 + 0{,}012D_и$; IT1 = $0{,}8 + 0{,}020D_и$; IT2 = $\sqrt{\text{IT1} \times \text{IT3}}$; IT3 = $\sqrt{\text{IT1} \times \text{IT5}}$; IT4 = $\sqrt{\text{IT3} \times \text{IT5}}$ (IT — в мкм; $D_и$ — в мм).

** Квалитеты 14 – 17 для размеров менее 1 мм не предусмотрены.

*** Допуски по 19-му квалитету приведены дополнительно.

Таблица П2.2

Основные ряды нормальных линейных размеров от 1 до 500 мм

R5	*R10*	*R20*	*R40*	*R5*	*R10*	*R20*	*R40*
1,0	1,0	1,0	1,0	4,0	4,0	4,0	4,0
			1,05				4,2
		1,1	1,1			4,5	4,5
			1,15				4,8
	1,2	1,2	1,2		5,0	5,0	5,0
			1,3				5,3
		1,4	1,4			5,6	5,6
			1,5				6,0
1,6	1,6	1,6	1,6	6,3	6,3	6,3	6,3
			1,7				6,7
		1,8	1,8			7,1	7,1
			1,9				7,5
	2,0	2,0	2,0		8,0	8,0	8,0
			2,1				8,5
		2,2	2,2			9,0	9,0
			2,4				9,5
2,5	2,5	2,5	2,5				
			2,6				
		2,8	2,8				
			3,0				
	3,2	3,2	3,2				
			3,4				
		3,6	3,6				
			3,8				

Примечание. Стандарт предусматривает основные ряды размеров в интервалах от 0,01 до 0,95 мм и свыше 500 до 2500 мм, а также дополнительные линейные размеры.

Таблица П2.3

Предельные отклонения предпочтительных полей допусков валов

Интервалы размеров, мм	Поля допусков													
	*g*6	*h*6	*j*$_s$6	*k*6	*n*6	*p*6	*r*6	*s*6	*f*7	*h*7	*e*8	*h*8	*d*9	*h*9
	Предельные отклонения, мкм													
От 1 до 3	–2 –8	0 –6	+3,0 –3,0	+6 0	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	–6 –16	0 –10	–14 –28	0 –14	–20 –45	0 –25
Свыше 3 до 6	–4 –12	0 –8	+4,0 –4,0	+9 +1	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	–10 –22	0 –12	–20 –38	0 –18	–30 –60	0 –30
» 6 » 10	–5 –14	0 –9	+4,5 –4,5	+10 +1	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	–13 –28	0 –15	–25 –47	0 –22	–40 –76	0 –36
» 10 » 18	–6 –17	0 –11	+5,5 –5,5	+12 +1	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28	–16 –34	0 –18	–32 –59	0 –27	–50 –93	0 –43
» 18 » 30	–7 –20	0 –13	+6,5 –6,5	+15 +2	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+48 +35	–20 –41	0 –21	–40 –73	0 –33	–65 –117	0 –52
» 30 » 50	–9 –25	0 –16	+8,0 –8,0	+18 +2	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43	–25 –50	0 –25	–50 –89	0 –39	–80 –142	0 –62
» 50 » 65	–10	0	+9,5	+21	+39	+51	+60 +41	+72 +53	–30	0	–60	0	–100	0
» 65 » 80	–29	–19	–9,5	+2	+20	+32	+62 +43	+78 +59	–60	–30	–106	–46	–174	–74
» 80 » 100	–12	0	+11	+25	+45	+59	+73 +51	+93 +71	–36	0	–72	0	–120	0

Таблица П2.4

Предельные натяги и зазоры в посадках деталей на вал

Интервалы диаметров, мм	Поле допуска вала														
	*f*6	*g*6	*h*5	*h*6	*j*$_s$5	*j*5	*j*$_s$6	*j*6	*k*5	*k*6	*m*5	*m*6	*n*5	*n*6	*p*6
	Предельные натяги и зазоры в посадке, мкм														
До 3	2 –12	6 –8	8 –4	8 –6	10 –2	10 –2	11 –3	12 –2	12 0	14 0	14 2	16 2	16 4	18 4	20 6
Свыше 3 до 6	–2 –18	4 –2	8 –5	8 –8	10,5 –2,5	11 –2	12 –4	14 –2	14 1	17 1	17 4	20 4	21 8	24 8	28 12
» 6 » 10	–5 –22	3 –14	8 –6	8 –9	11 –3	12 –2	12,5 –4,5	15 –2	15 1	18 1	20 6	23 6	24 10	27 10	32 15
» 10 » 18	–8 –27	2 –17	8 –8	8 –11	12 –4	13 –3	13,5 –5,5	16 –3	17 1	20 1	23 7	26 7	28 12	31 12	37 18
» 18 » 30	–10 –33	3 –20	10 –9	10 –13	14,5 –4,5	15 –4	16,5 –6,5	19 –4	21 2	25 2	27 8	34 8	34 15	38 15	45 22

Таблица П2.5

Предельные отклонения предпочтительных полей допусков отверстий

Интервалы размеров, мм	Поля допусков									
	H7	J_s7	*K7*	*N7*	*P7*	*F8*	*H8*	*E9*	*H9*	*H11*
	Предельные отклонения, мкм									
Свыше 1 до 3	+10 0	+5 –5	0 –10	–4 –14	–6 –16	+20 +6	+14 0	+30 +14	+25 0	+60 0
» 3 » 6	+12 0	+6 –6	+3 –9	–4 –16	–8 –20	+28 +10	+18 0	+50 +20	+30 0	+75 0
» 6 » 10	+15 0	+7 –7	+5 –10	–4 –19	–9 –24	+35 +13	+22 0	+61 +25	+36 0	+90 0
» 10 » 18	+18 0	+9 –9	+5 –12	–5 –23	–11 –29	+43 +16	+27 0	+75 +32	+43 0	+110 0
» 18 » 30	+21 0	+10 –10	+6 –15	–7 –28	–14 –35	+53 +20	+33 0	+92 +40	+52 0	+130 0
» 30 » 50	+25 0	+12 –12	+7 –18	–8 –38	–17 –42	+64 +25	+39 0	+112 +50	+62 0	+160 0
» 50 » 80	+30 0	+15 –15	+9 –21	–9 –39	–21 –51	+76 +30	+46 0	+134 +60	+74 0	+190 0
» 80 » 120	+35 0	+17 –17	+10 –25	–10 –45	–24 –59	+90 +36	+54 0	+159 +72	+87 0	+220 0

Таблица П2.6

Предельные натяги и зазоры в посадках деталей с отверстием

Интервалы диаметров, мм	Поле допуска отверстия в корпусе																	
	E6	*G7*	*H6*	*H7*	*H8*	*H9*	J_S6	*J6*	J_S7	*J7*	*K6*	*K7*	*M6*	*M7*	*N6*	*N7*	*P6*	*P7*
	Предельные натяги и зазоры в посадке, мкм																	
Свыше 3 до 6	–20 –46	–4 –24	0 –16	0 –20	0 –26	0 –38	4 –12	3 –13	6 –14	6 –14	6 –10	9 –11	9 –7	12 –8	13 –3	16 –4	17 1	20 0
» 6 » 10	–25 –55	–5 –28	0 –17	0 –23	0 –30	0 –44	4,5 –12,5	4 –13	7 –15	7 –16	7 –10	10 –13	12 –5	15 –8	16 –1	19 –4	21 4	24 1
» 10 » 16	–32 –67	–6 –32	0 –19	0 –26	0 –35	0 –51	5,5 –13,5	5 –14	9 –17	8 –18	9 –10	12 –14	15 –4	16 –8	20 1	23 –3	26 7	29 3
»16 » 30	–40 –82	–7 –37	0 –22	0 –30	0 –42	0 –61	6,5 –15,5	5 –17	10 –19	9 –21	11 –11	15 –15	17 –5	21 –9	24 2	28 –2	31 9	35 5
» 30 » 50	–50 –100	–9 –45	0 –27	0 –36	0 –50	0 –73	8 –19	6 –21	12 –23	11 –25	13 –14	18 –18	20 –7	25 –11	28 1	33 –3	37 10	42 6

Таблица П2.7

Рекомендуемые посадки в системе отверстия от 1 до 500 мм

Характер соединения	Система отверстия	Система вала
	С зазором	
Медленные перемещения и повороты деталей для установки, регулировки, центрирования и т. п.	$\boxed{\frac{H7}{h6}}$ $\boxed{\frac{H7}{g6}}$ $\boxed{\frac{H8}{h9}}$ $\frac{H7}{g6}$ $\boxed{\frac{H8}{h7}}$ $\boxed{\frac{H7}{g6}}$ $\frac{H12}{g12}$	$\boxed{\frac{H7}{h6}}$ $\boxed{\frac{H8}{h8}}$ $\frac{H9}{h9}$ $\boxed{\frac{H11}{h11}}$ $\frac{H12}{h12}$
Неподвижные соединения с применением фиксирующих устройств, разбираемых для осмотра, ремонта, замены деталей и т. п.	$\boxed{\frac{H7}{f7}}$ $\frac{H7}{e7}$ $\boxed{\frac{H8}{e8}}$ $\boxed{\frac{H8}{d9}}$ $\boxed{\frac{H9}{d9}}$ $\frac{H11}{c11}$ $\boxed{\frac{H11}{d11}}$ $\frac{H11}{b6}$ $\frac{H12}{b12}$ $\boxed{\frac{H7}{e8}}$	$\frac{F8}{h8}$ $\frac{F9}{h9}$ $\boxed{\frac{F8}{h6}}$ $\frac{F11}{h12}$ $\boxed{\frac{F9}{h8}}$
	Переходные	
Вращение валов в опорах скольжения со смазкой	$\frac{H6}{r5}$ $\frac{H6}{js5}$ $\frac{H6}{m5}$ $\frac{H6}{n5}$	$\frac{J_S6}{h6}$ $\frac{K6}{h6}$ $\frac{M6}{h5}$ $\frac{N5}{h5}$
Соединения, в которых требуется относительно большой зазор	$\boxed{\frac{H7}{js6}}$ $\boxed{\frac{H7}{k6}}$ $\frac{H7}{m6}$ $\boxed{\frac{H7}{n6}}$	$\boxed{\frac{J_S7}{h6}}$ $\boxed{\frac{K7}{h6}}$ $\frac{M7}{h6}$ $\boxed{\frac{N7}{h6}}$
Соединения для обеспечения хорошего центрирования деталей	$\frac{H8}{js7}$ $\frac{H8}{k7}$ $\frac{H8}{m7}$ $\frac{H8}{n7}$	$\frac{J_S8}{h7}$ $\frac{K8}{h7}$ $\frac{M8}{h7}$ $\frac{N8}{h7}$
	С натягом	
Неподвижные соединения, не подлежащие разъему	$\frac{H6}{p5}$ $\frac{H6}{r5}$ $\boxed{\frac{H7}{p6}}$ $\boxed{\frac{H7}{r6}}$ $\boxed{\frac{H7}{s6}}$ $\frac{H7}{u7}$ $\frac{H8}{u8}$ $\frac{H7}{s7}$	$\frac{P5}{h5}$ $\boxed{\frac{P7}{h7}}$ $\frac{R7}{h6}$ $\frac{S7}{h6}$ $\frac{T7}{h6}$ $\frac{U8}{h7}$

ОСОБЕННОСТИ НАЗНАЧЕНИЯ ДОПУСКОВ И ПОСАДОК ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ И СКОЛЬЖЕНИЯ

Подшипники качения

Присоединительными размерами подшипника качения являются внешний диаметр наружного кольца и диаметр отверстия внутреннего кольца. При вращающемся вале посадка внутреннего кольца на вал осуществляется с натягом, а наружного кольца в корпус — с зазором. Для обеспечения неподвижных соединений применяют переходные посадки, обеспечивающие легкий монтаж-демонтаж, необходимый для осмотра, промывки или замены подшипника. При выборе класса точности подшипников руководствуются следующими соображениями: если точность вращения вала с опорами на подшипниках качения не имеет большого значения, а нагрузка и скорости средние, то применяют подшипники нулевого класса точности; при высоких требованиях к точности вращения вала и средних скоростях — 6-го и 5-го классов точности; в точных приборах и при высоких скоростях вращения — 4-го и 2-го классов точности. Выбор посадок зависит от характера нагружения колец. Поля допусков валов и отверстий для соединения их с шарикоподшипниками в зависимости от классов (ГОСТ 520–71), а также предельные натяги и зазоры в посадках подшипников определенного класса точности приведены в табл. П3.1–П3.3.

Обозначение полей допусков внешнего кольца располагают внутри кольца подшипника и записывают как *l*0, *l*6, *l*5, *l*4, *l*2; обозначение полей допусков внутреннего кольца располагают внутри отверстия (тело вала) и записывают как *L*0, *L*6, *L*5, *L*4, *L*2 (цифры в обозначении соответствуют классу точности подшипника). Примеры простановки посадок на подшипниковый узел приведены в приложении 1.

Подшипники скольжения

Основные геометрические параметры некоторых подшипников скольжения и коэффициенты трения для наиболее употребляемых пар сочетания материалов приведены в табл. П3.4–П3.6.

Для сопряжения цапф с подшипниками скольжения посадки назначают обычно по системе отверстия: *H*7/*f*7, *H*7/*e*6, *H*9/*e*8, *H*9/*d*9 в зависимости от применяемой марки смазки, требований к точности и пр. (см. табл. П3.6).

Таблица П3.1

Примеры применения полей допусков валов и отверстий (корпусов) для посадок подшипников качения

Наименование узла, прибора	Посадка подшипника					
	внутреннего кольца на вал			наружного кольца в корпус		
	Вид нагружения кольца	Режим работы	Поле допуска вала	Вид нагружения кольца	Режим работы	Поле допуска отверстия в корпусе
Ролики ленто-протяжных механизмов	Местное	Легкий	*g*6	Циркуляционное	Нормальный	*J*7
		Нормальный	*h*6		Тяжелый	*M*7, *J*6, *P*7
Электроприборы	Циркуляционное	Легкий и нормальный	*j*6, *j*5	Местное	Нормальный	*J*7, *J*6
Приводы, зубчатые колеса, червячные передачи	Циркуляционное		*j*6		Легкий и нормальный	*J*7, *J*6
	Местное		*j*6, *h*6	Циркуляционное		*K*7, *M*7

Таблица П3.2

Рекомендуемые поля допусков валов и отверстий (корпусов) для соединения с подшипниками качения

Вид нагружения кольца	Поля допусков	
	валов	отверстий
	при нагружении	
	внутреннего кольца	наружного кольца
Местное	*h*6, *j*6, *j*5	*H*7, *H*8, *J*7, *J*6
Циркуляционное	*k*6, *m*6, *n*6, *k*5, *m*5, *n*5	*K*7, *M*7, *N*7, *K*6, *M*6, *N*6, *P*7
Колебательное	*j*6, *j*5	*J*7, *J*6

Таблица П3.3

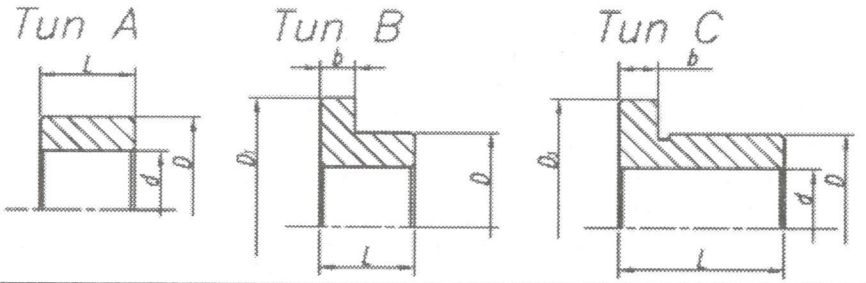
Для допусков валов и отверстий для соединения с подшипниками

Посадки	Поля допусков и отверстий к подшипникам классов точности	
	*P*5, *P*4 и *P*2	*p*0 и *p*6
С натягом*	—	*p*7
Переходные	*n*5, *N*6 *m*5, *M*6 *k*5, *K*6 *j*5, *J*6	*n*6, *N*7 *m*6, *M*7 *k*6, *K*7 *j*6, *J*7
С зазором	*h*5, *H*6 *g*5, *G*6 —	*h*6, *H*7 *h*8, *H*8 *g*6, *G*7 *f*7, *F*8

* Для тонкостенных корпусов.

Таблица П3.4

Размеры втулок подшипников скольжения из спекаемых материалов (ГОСТ 24833 — 81*), мм



d	*D*	D_1	D_s	*L*			*b*	*l*
				Тип *A*	Тип *B*	Тип *C*		
1	3	5	3	1	2	2	1	0,6
1,5	4	6	4,5	1	2	3	1	0,9
2	5	8	5	2	3	3	1,5	0,9
2,5	6	9	6	2	3	4	1,5	1
3	6	9	8	3	4	6	1,5	2
4	8	12	10	3	3	8	2	2
5	9	13	12	4	4	9	2	3
6	10	14	14	4	4	10	2	3,5
7	11	15	16	5	5	11	2	4
8	12	16	16	6	6	11	2	4
9	14	19	18	6	6	12	2,5	4
10	16	22	22	8	8	14	3	5

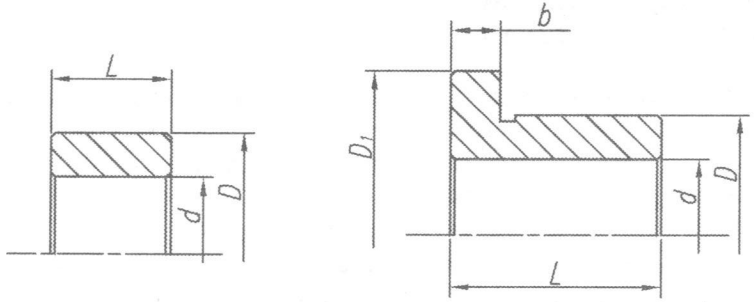
Примечания: 1. Даны значения *D* и *L* только первого наиболее предпочтительного ряда.

2. Предельные отклонения диаметра *d* по *H*7, *D* по *r*7, D_s по *h*11, длины *L* — по *h*13.

3. Условное обозначение втулки типа *A* с размерами *d* = 2,5 мм, *D* = 6 мм, *L* = 2 мм; втулка *A* 2,5/6×2 ГОСТ 24833–81.

Таблица П3.5

Размеры металлических втулок (ГОСТ 1978–81), мм



d	D	D_1	L	b	c
3	5	8	3	2	0,2
4	7	10	4		
5	8	12	5		
6	10	14	6	3	0,3
8	12	18	6		
10	14	20	6		
12	16	22	10		0,5
14	18	25	10		

Примечания: 1. Условное обозначение втулки типа *B* с размерами d = = 4 мм, D = 7 мм, L = 4 мм — *Втулка B 4/7 × 4 ГОСТ 1978–81.*

2. Предельные отклонения диаметра d по $F7$, D — по $r6$, D_1 — по $d11$, длины L — по $h13$.

Таблица П3.6

Коэффициенты трения скольжения наиболее употребляемых пар «сталь — пластмасса»

Пара трения	Отсутствие смазочного материала	Смазывание водой	Смазывание вазелиновое (подшипниковое масло)	Несущая способность, МПа
Капрон — сталь 40Х	0,46	0,3	0,22–0,08	0,05–0,07
Нейлон — сталь 40Х	0,43	0,21	0,18	0,7
Полиэтилен — сталь	0,137	0,137	0,115	—
Фторопласт-4 — сталь	0,049	—	0,027	0,28–0,35

Таблица П3.7

Значение параметров f, $[p]$, $[pv]$

Материалы пар трения	Параметр		
	Удельный коэффициент трения скольжения f	$[p]$, МПа	$[pv]$, МПа·м/с
Сталь — закаленная сталь	0,16–0,18	15	—
Сталь — бронза оловянистая	0,15–0,16	4–6	2
Сталь — латунь	0,14–0,19	3–5	1,5
Сталь — фторопласт	0,20–0,25	3–6	2–4
Сталь — нейлон	0,20–0,25	4–5	0,2–0,3
Сталь — бакелиты	0,20–0,25	4–7	3–5
Сталь — дюралюминий	0,17–0,19	—	—
Сталь — агат, рубин, корунд	0,13–0,15	1,5	—

Примечание. $[p]$ — допустимое контактное давление; $[pv]$ — произведение допустимого контактного давления и допустимой скорости скольжения.

ОБОЗНАЧЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ, ОТКЛОНЕНИЕ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ЧЕРТЕЖАХ

Параметры и характеристики шероховатости поверхности определены ГОСТ 2789–73, обозначения шероховатости — ГОСТ 2.309–73 (рис. П4.1). Наиболее распространенными параметрами шероховатости являются среднее арифметическое отклонение профиля *Ra* и высота неровностей профиля по десяти точкам *Rz*. Для этих параметров установлены диапазоны значений в 14 классах шероховатости поверхности. Шероховатость поверхностей деталей из металлов, пластмасс и других материалов указывается числовыми значениями под одним из графических знаков (ГОСТ 2.309–73) (рис. П4.2).

Если для всех поверхностей детали установлены одни и те же требования к шероховатости, то общий знак шероховатости ставят в правом верхнем углу чертежа. Там же указывают преобладающую (по числу поверхностей) шероховатость поверхности (см. приложение 1, рис. П1.21–П1.34).

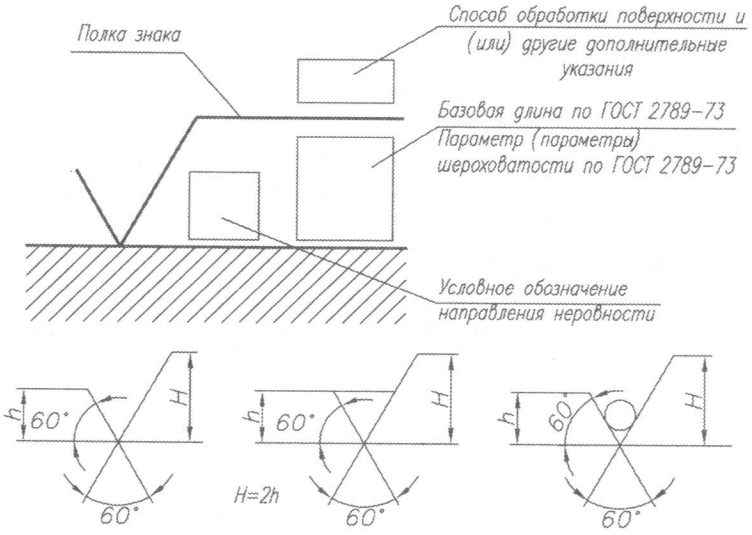


Рис. П4.1

Параметры шероховатости выбираются в соответствии с функциональным назначением сопряжения и технологическими возможностями. С учетом себестоимости изготовления прибора следует применять более низкие классы шероховатости, допускаемые конструктивными требованиями. При обработке со снятием стружки весьма важным показателем является твердость поверхности. Так, для деталей из сталей высокие классы шероховатости можно получить при твердости не ниже 30…35 HRC. Так как обработать отверстие труднее, чем вал, то назначают различные классы шероховатости сопрягаемых поверхностей: у отверстия на один-два класса ниже.

Степень точности определяется не только отклонениями их размеров, но и отклонениями формы и расположением их поверхностей по ГОСТ 24642–81. Эти отклонения должны быть установлены для всех размеров (табл. П4.1–П4.15). Если предельные отклонения формы и расположения поверхностей допустимы в пределах всего поля допуска на размер, то они на чертежах не оговариваются. Во всех других случаях предельные отклонения формы и расположения поверхностей должны быть оговорены на чертежах (см. приложение 1, рис. П1.21–П1.34).

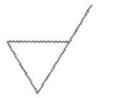
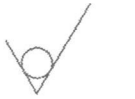
Знак (ГОСТ 2.309–73)	Назначение
	Обозначают шероховатость поверхности, которая должна быть образована удалением материала, например, – точением, фрезерованием и т.д.
	Используют для указания шероховатости поверхности, подлежащей образованию без удаления материала, – литьем, ковкой, прессованием, волочением и т.д.
	Обозначают шероховатость поверхности, метод образования которой конструктором не указывается

Рис. П4.2

Отклонения формы. К комплексным отклонениям формы плоских поверхностей относятся отклонения от прямолинейности и плоскостности. Частными показателями неплоскостности и непрямолинейности поверхностей являются выпуклость и вогнутость. К комплексным отклонениям формы цилиндрических поверхностей относятся отклонение от цилиндричности, круглости и отклонение профиля продольного сечения.

Отклонение расположения поверхностей. Различают следующие виды отклонений расположения поверхностей: отклонение от параллельности (непараллельность); отклонение от перпендикулярности (неперпендикулярность); отклонение от наклона (плоскости, оси, линии), отклонение от соосности (несоосность); отклонение от симметричности (несимметричность); позиционное отклонение (смещение от номинального расположения элемента, точки, линии, плоскости); отклонение от пересечения осей (непересечение). Суммарным отклонением формы и расположения поверхности являются радиальное и торцевое биения.

Допуски расположения охватывающих и охватываемых поверхностей могут быть зависимыми и независимыми. Предельные отклонения формы и расположения поверхностей указывают на чертежах в виде условных обозначений или текстовых записей в соответствии с ГОСТ 2.308–79 (см. табл. П4.14).

При условном обозначении данные о допусках формы и расположения поверхностей указывают в прямоугольной рамке, разделенной на две и более части, в которых помещают:

– в первой — знак допуска;

– во второй — числовое значение допуска в миллиметрах;

– в третьей и последующих — буквенное обозначение базы (баз) или буквенное обозначение поверхностей, с которыми связан допуск.

Рамку соединяют с линией контура нормируемой поверхности или с ее продолжением тонкой линией со стрелкой. Направление отрезка линии со стрелкой должно соответствовать направлению линии измерения отклонения. Если базовый элемент неудобно соединить с рамкой, то базу обозначают прописной буквой и вместо зачерненного треугольника ставят стрелку. Значение предельного отклонения, указанное в рамке, относится ко всей длине поверхности. Если допускаемое отклонение относится к ограниченному участку длины или поверхности, то этот участок указывают после величины отклонения через разделительную наклонную линию.

Примеры обозначения на чертежах допусков отклонений формы и расположения поверхностей деталей приведены в табл. П4.15.

Таблица П4.1

Числовые значения диапазонов *Ra* и *Rz* в 14 классах шероховатости поверхности (по ГОСТ 2789–73)

Классы шероховатости	*Ra*	*Rz*	Базовая длина *l*, мм
	мкм		
1 2 3	—	От 320 до 160 » 160 » 80 » 80 » 40	8
4 5	—	От 40 до 20 » 20 » 10	2,5
6 7 8	От 2,5 до 1,25 » 1,25 » 0,63 » 0,63 » 0,32	—	0,85
9 10 11 12	От 0,320 до 0,160 » 0,160 » 0,080 » 0,080 » 0,040 » 0,040 » 0,020	—	0,25
13 14	—	От 0,100 до 0,050 » 0,050 » 0,025	0,08

Таблица П4.2

Шероховатость элементов зубьев колес и витков червяков

Элементы поверхности зубьев (витков)	Степень точности по нормам плавности работы передачи			
	6	7	8	9
	Класс шероховатости поверхности			
Профили зубьев цилиндрических и червячных колес	8	7, 8	6, 7	5
Профили зубьев конических колес	8	8	7	5, 6
Профили витков червяков	8	8	7	6

Таблица П4.3

Шероховатость поверхностей под подшипники качения

Класс точности подшипника	Степень шероховатости поверхности (не ниже)							
	вала		торцев заплечиков вала		отверстия корпуса		торцев заплечиков корпуса	
	Номинальные диаметры, мм							
	До 80	Свыше 80 до 500	До 80	Свыше 80 до 500	До 80	Свыше 80 до 500	До 80	Свыше 80 до 500
P0	7	6	6	6	7	6	6	6
P6, P5	8	7	7	6	8	7	7	6
P4	9	8	7	6	8	7	7	6

Таблица П4.4

Посадочные поверхности направляющих подшипников скольжения (квалитет: вал — 8–10, отверстие — 7–9)

Поверхность	Скорость, м/с	Класс шероховатости при неплоскостности, мкм на 100 мм				
		До 6	До 10	До 30	До 50	Свыше 50
Скольжения	До 0,5	9	8	7	6	5
	Свыше 0,5	10	9	8	7	6
Качения	До 0,5	10	9	8	7	6
	Свыше 0,5	11	10	9	8	7

Таблица П4.5

Шероховатость поверхностей разъема корпусов

Соединение	Класс шероховатости соединения	
	с прокладкой	без прокладки
Герметичное	5, 6	7, 8
Негерметичное	4, 5	4, 5

Таблица П4.6

Шероховатость соединений с призматическими и сегментными шпонками

Соединение	Поверхность	Класс шероховатости для		
		шпонки	паза вала	паза втулки
Неподвижное	Рабочая	6	5, 6	5, 6
	Нерабочая	4	4	4
С направляющей шпонкой	Рабочая	6, 7	5, 6	6, 7
	Нерабочая	4	4	4, 3

Таблица П4.7

Шероховатость поверхностей элементов деталей

Элемент детали	Класс шероховатости
Нерабочие торцевые поверхности зубчатых и червячных колес	4–6
Нерабочие поверхности валов и осей	4, 5
Канавки, фаски, выточки, зенковки, закругления и т. п.	4–6
Проходные отверстия под болты, винты, заклепки и т. п.	3
Опорные поверхности пружин сжатия	3, 4
Шкалы, лимбы	7, 8
Концы валов и т. п.	5–7
Рукоятки, кнопки, стержни и т. п.	7–9

Таблица П4.8

Взаимосвязь параметров точности обработки и шероховатости обработанной поверхности

Способ обработки	Квалитет	*Ra*, мкм
Чистовое обтачивание и растачивание	10,9	6,3–1,6
Тонкое растачивание	7, 6	3,2–0,8
Фрезерование:		
чистовое	10–8	5,0–1,6
прецизионное	7	1,6–0,4
Окончательное развертывание	7	3,2–0,8
Протягивание отверстий	8, 7	5,0–1,6
Шлифование:		
чистовое	8, 6	3,2–0,4
прецизионное	6, 5	0,4–0,1
Хонингование, суперфиниширование	6, 5	0,1–0,05

Таблица П4.9

Минимальные требования к шероховатости поверхности в зависимости от допусков размера и формы

Допуск размера по квалитетам	Допуск формы, % от допуска размера	Номинальные размеры, мм			
		До 18	Свыше 18 до 50	Свыше 50 до 120	Свыше 120 до 500
		Значения *Ra*, мкм, не более			
IT5	100	0,4	0,8	1,6	1,6
	60	0,2	0,4	0,8	0,8
	40	0,1	0,2	0,4	0,4
IT6	100	0,8	1,6	1,6	3,2
	40	0,4	0,8	0,8	1,6
	60	0,2	0,4	0,4	0,8
IT7	100	1,6	3,2	3,2	3,2
	60	0,8	1,6	1,6	3,2
	40	0,4	0,8	0,8	1,6
IT8	100	1,6	3,2	3,2	3,2
	60	0,8	1,6	3,2	3,2
	40	0,4	0,8	1,6	1,6
IT9	100 и 60	3,2	3,2	6,3	6,3
	40	1,6	3,2	3,2	6,3
	25	0,8	1,6	1,6	3,2
IT10	100 и 60	3,2	6,3	6,3	6,3
	40	1,6	3,2	3,2	6,3
	25	0,8	1,6	1,6	3,2
IT11	100 и 60	6,3	6,3	12,5	12,5
	40	3,2	3,2	6,3	6,3
	25	1,6	1,6	3,2	3,2
IT12 и IT13	100 и 60	12,5	12,5	25	25
	40	6,3	6,3	12,5	12,5

Таблица П4.10

Шероховатость поверхности и квалитеты (классы точности) литых заготовок деталей

Вид литья	Материал	Размеры заготовок, мм	Значение параметра *Ra*, мкм, не более		Квалитеты, классы точности		
			возможные	оптимальные	Высокая точность	Нормальная точность	Низкая точность
В оболочковые формы	Черные металлы: углеродистая сталь серый чугун	—	12,5–5 6,3–2,5	12,5	1-й класс точности по ГОСТ 2009–55 и ГОСТ 1855–55; 12–14-й квалитеты для мелких деталей		
	Цветные сплавы	От 1 до 260 Свыше 260 до 1000	(1,6)–12,5		(11)–13 12–14	14 14, 15	15 15, 16
Под давлением	Цинковые, магниевые и алюминиевые сплавы	—	(0,8)–6,3	6,3	(9)–11	12	14, 15
	Медные сплавы	—			11–13	12–4	15
По выплавляемым моделям	Черные металлы	—	(1,6)–12,5	6,3	4–10-й классы точности по ГОСТ 26645–88; для мелких деталей допустимы 11–13-й квалитеты		
	Цветные металлы	От 1 до 30 Свыше 30 до 260 » 260 » 500	1,6–12,5		(10), 11 11–13 12–14	12, 13 12–14 14, 15	14 14, 15 15
Центробежное литье	—	—	3,2–25	12,5	(11)–13	14	15

Таблица П4.11

Допуски цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения

Интервал номинальных размеров, мм	Степень точности															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	мкм												мм			
До 3	0,3	0,5	0,8	1,	2	3	5	8	12	20	30	50	0,08	0,12	0,2	0,3
Свыше 3 до 10	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	0,1	0,16	0,25	0,4
»10 » 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	0,12	1,2	0,3	0,5
»18 » 30	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	0,16	0,25	0,4	0,6
»30 » 50	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	0,2	0,3	0,5	0,8
» 50 » 120	1	1,6	2,5	4	6	10	15	25	40	60	100	160	0,25	0,4	0,6	1
» 120 » 250	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	0,3	0,5	0,8	1,2
» 250 » 400	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	0,4	0,6	1	1,6

Примечание. Под номинальным размером понимается номинальный диаметр поверхности.

Таблица П4.12

Допуски плоскостности и прямолинейности

Интервал номинальных размеров, мм	Степень точности															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	мкм												мм			
До 10	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	0,06	0,1	0,16	0,25
Свыше 10 до 16	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	0,08	0,12	0,2	0,3
» 16 » 25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	0,1	0,16	0,25	0,4
» 25 » 40	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	0,12	0,2	0,3	0,5
» 40 » 63	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	0,16	0,25	0,4	0,4
» 63 » 100	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	0,2	0,3	0,5	0,8
» 100 » 160	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	0,25	0,4	0,6	1
» 160 » 250	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	0,3	0,5	0,8	1,2
» 250 » 400	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	0,4	0,6	1	1,6

Примечание. Под номинальным размером понимается номинальная длина нормируемого участка. Если нормируемый участок не задан, то под номинальным размером понимается номинальная длина большей стороны поверхности или номинальный больший диаметр торцевой поверхности.

Таблица П4.13

Допуски параллельности, перпендикулярности, торцевого биения

Интервал номинальных размеров, мм	Степень точности															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	мкм												мм			
До 10	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	0,1	0,16	0,25	0,4
Свыше 10 до 16	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	0,12	0,2	0,3	0,5
»16 » 25	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	0,16	0,25	0,4	0,6
» 25 » 40	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	0,2	0,3	0,5	0,8
» 40 » 63	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	0,25	0,4	0,6	1
» 63 » 100	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	0,3	0,5	0,8	1,2
» 100 » 160	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	0,4	0,6	1	1,6
» 160 » 250	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	0,5	0,8	1,2	2
» 250 » 400	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	0,6	1	1,6	2,5

Примечание. При назначении допусков параллельности и перпендикулярности под номинальным размером понимается номинальная длина нормируемого участка или номинальная длина всей рассматриваемой поверхности, если нормируемый участок не задан. При назначении допусков торцевого биения под номинальным размером понимается заданный номинальный диаметр или номинальный больший диаметр торцевой поверхности.

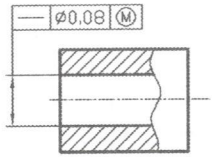
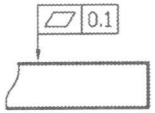
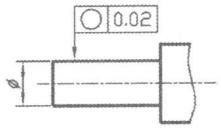
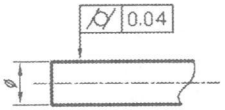
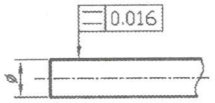
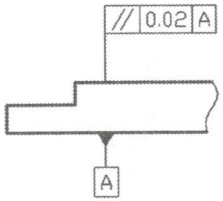
Таблица П4.14

Знаки условного обозначения на чертежах допуска формы и расположения поверхностей по ГОСТ 2.308–79

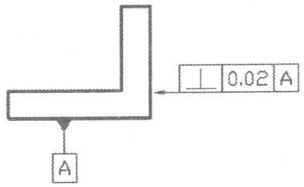
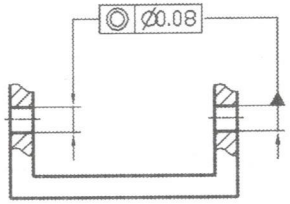
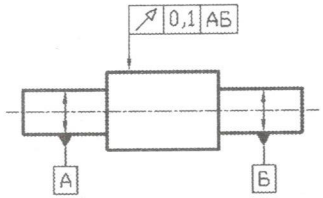
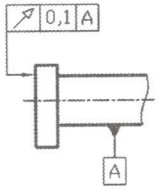
Наименование нормируемого параметра	Условный знак допуска	Наименование нормируемого параметра	Условный знак допуска
Допуск прямолинейности		Допуск профиля продольного сечения	
Допуск плоскостности		Допуск радиального биения, допуск торцевого биения, допуск биения в заданном направлении	
Допуск круглости		Допуск полного радиального биения	
Допуск цилиндричности		Позиционный допуск	
Допуск параллельности		Допуск пересечения осей	
Допуск перпендикулярности		Допуск формы заданного профиля	
Допуск наклона		Допуск формы заданной поверхности	
Допуск соосности			

Таблица П4.15

Примеры указания на чертежах допусков формы и расположения поверхностей

Вид допуска	Указание допусков формы и расположения условными обозначениями	Рекомендуемая степень точности по ГОСТ 24643–61
Допуск прямолинейности		5, 6 — направляющие точных приборов; 7, 8 — разъемы корпусов редукторов
Допуск плоскостности		
Допуск круглости		5, 6 — посадочные поверхности подшипников качения классов *P*0; *P*6; *P*5
Допуск цилиндричности		
Допуск профиля продольного сечения		
Допуск параллельности		5, 6 — трущиеся поверхности; 7, 8 — поверхности деталей, обеспечивающих нормальную точность перемещения

Окончание табл. П4.15

Вид допуска	Указание допусков формы и расположения условными обозначениями	Рекомендуемая степень точности по ГОСТ 24643–61
Допуск перпендикулярности		5 — детали приборов средней точности
Допуск соосности		3, 4 — измерительные приборы; 5 — детали приборов средней точности
Допуск радиального биения		3, 4 — измерительные приборы; 5, 6 — детали, изготовляемые по 6–7-му квалитетам
Допуск торцевого биения		7 — опорные и трущиеся поверхности

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕМЕНТОВ ЗУБЧАТЫХ И ЧЕРВЯЧНЫХ ПЕРЕДАЧ

Основные параметры и размеры прямозубых и косозубых колес для передач внешнего эвольвентного зацепления с модулем 0,15...0,8 мм назначают по ГОСТ 13733–77. Предусмотрено три типа колес: дисковые (тип 1), с односторонней (тип 2) и двусторонней (тип 3) ступицами.

Диаметры посадочных отверстий d, диаметры ступиц D_1, длина ступицы L, ширина зубчатого венца b, выступ ступицы l_1, число зубьев z, а также размеры конструктивных элементов соединения зубчатых колес с валиком приведены в табл. П5.1.

Размеры конструктивных элементов винтового соединения колеса со втулкой приведены в табл. П5.2.

Стандартные числа зубьев колес приведены в табл. П5.3.

Модули зубчатых колес, червяков и колес червячных прямозубых цилиндрических передач приведены в табл. П5.4.

Размеры червячных колес в зависимости от диаметра вала d указаны в табл. П5.5.

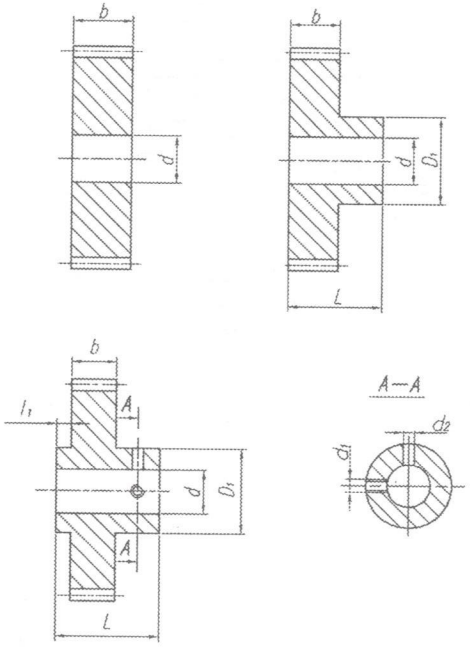


Таблица П5.1

Размеры ступиц мелкомодульных зубчатых колес

d		D_1	L	
1-й ряд	2-й ряд		прямозубых	косозубых
0,8	—	2,5 – 3,0	2 – 4	—
1,0	—	2,5 – 3,0	2 – 4	—
1,2	—	3,0 – 3,5	2 – 4	6 – 8
—	1,4	3,5 – 4,7	2 – 4	6 – 8
1,6		4,0 – 4,5	2 – 6	6 – 8
—	1,8	4,5 – 5,0	2 – 6	8 – 12
2,0	—	4,5 – 5,0	2 – 6	8 – 12
—	2.2	5,0 – 6,0	2 – 6	8 – 12
2,5	—	5,0 – 60	2 – 6	8 – 12
—	2,8	5,0 – 6,0	3 – 6	8 – 12
3,0		5,0 – 6,0	3 – 6	8 – 12
—	3,5	6,0 – 7,0	3 – 10	8 – 12
3,6	—	7,0 – 8,0	3 – 10	8 – 12
4,0	—	7,0 – 8,0	3 – 10	8 – 12
—	4.5	7,0 – 10,0	3 – 10	8 – 12
5,0	—	7,0 – 10,0	6 – 25	8 – 12
—	5,5	8,0 – 10,0	6 – 25	10 – 25
6,0	—	9,0 – 12,0	6 – 25	10 – 25
	7,0	12,0 – 16,0	6 – 25	10 – 25
—	7,5	12,0 – 16,0	6 – 25	10 – 25
8,0	—	12,0 – 18,0	6 – 25	10 – 25
—	9,0	14,0 – 21,0	6 – 25	10 – 40
10,0	—	15,0 – 21,0	6 – 25	10 – 40
12,0	—	20,0 – 25,0	6 – 25	10 – 40
—	13,0	20,0 – 25,0	6 – 25	10 – 40
—	14,0	20,0 – 25,0	6 – 25	10 – 40
—	15,0	20,0 – 30,0	8 – 40	10 – 40

Окончание табл. П5.1

d		D_1	L	
1-й ряд	2-й ряд		прямозубых	косозубых
16,0	—	20,0 – 30,0	8 – 40	10 – 40
—	18,0	25,0 – 30,0	8 – 40	10 – 40
20,0	—	28,0 – 32,0	8 – 40	10 – 40
25,0	—	32,0 – 40,0	8 – 40	10 – 40
—	28,0	36,0 – 40,0	8 – 40	10 – 40

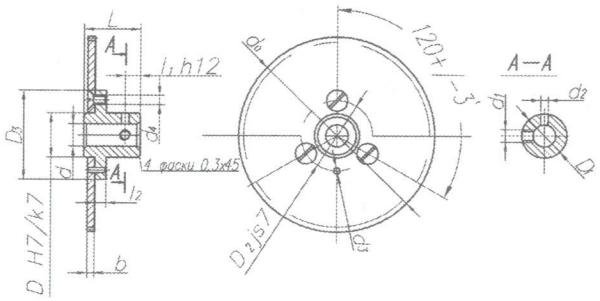


Таблица П5.2

Размеры конструктивных элементов винтового соединения колеса со втулкой, мм

d	D	D_1	D_2	D_3	d_1	$d_2 = d_4$	d_3	l_2	l_1	b	l	L
2,5	6	5	8	12	0,6	M1,6	1,0	1,5	2,5	0,8–1,5	1,5	10
3	7	6	10	14	0,8	M2	1,0	2	2,5	1	2	12
4	8	7	12	16	0,8	M2	1,4	2	3	2	2	12
5	9	8	14	18	1,0	M2	1,4	2	3	2	2	12
0	10	9	18	24	1,4	M3	1,4	2	3	2	3	15
7	12	10	20	26	1,8	M3	1,8	3	4	2	3	15
8	14	12	22	28	1,8	M3	1,8	3	4	2	3	15
9	15	12	24	30	1,8	M3	1,8	3	4	3	3	15
10	16	14	24	30	2,8	M3	1,8	3	5	3	3	15
12	20	18	26	32	2,8	M3	1,8	3	5	3	4	18
14	22	18	26	32	3,8	M4	1,8	3	5	3	4	18
15	25	22	32	40	3,8	M4	1,8	3	6	4	4	18

Окончание табл. П5.2

d	D	D_1	D_2	D_3	d_1	$d_2 = d_4$	d_3	l_2	l_1	b	l	L
16	25	22	32	40	3,8	M4	1,8	3	6	4	4	18
17	28	25	36	44	3,8	M4	2,8	4	6	4	5	24
18	28	25	36	44	3,8	M4	2,8	4	6	4	5	24
20	30	28	42	50	4,8	M5	2,8	4	6	5	5	28

Таблица П5.3

Стандартные числа зубьев колес по ГОСТ 13773–77

1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд
1	2	1	4	5	6	7	8
—	8	34	—	—	61	—	92
—	9	—	35	—	62	95	—
—	10	36		63	—	—	96
—	11	—	37	—	64	—	98
—	12	38		—	65	100	—
—	13	—	39	—	66	—	102
14	—	40	—	67	—	—	103
15	—	—	41	—	68	—	104
16	—	42	—	—	69	—	105
17	—	—	43	70	—	106	—
18	—	—	44	71	—	—	108
19	—	45	—	—	72	—	109
20	—	—	46	—	73	—	110
21	—	48	—	—	74	112	—
22	—	—	49	75	—	—	114
—	23	50	—	—	78	—	115
24	—	_	51	80		—	116
25	—	—	52	—	81	—	117
26	—	53		—	82	118	—
—	27	—	54	—	83	—	120
28	—	—	55	—	84		122

Окончание табл. П5.3

1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд
—	29	56		85		125	—
30	—	—	58	—	87	—	126
	31	—	59	—	88	—	128
32	—	60	—	90	—	—	130
30	—	—	58	—	87	—	126
—	33	—	—	—	—	—	—

Таблица П5.4

Модули зубчатых колес, червяков и колес червячных цилиндрических передач, мм (по ГОСТ 9563–60 и ГОСТ 19672–74)

Модуль для ряда		Модуль для ряда		Модуль для ряда	
1	2	1	2	1	2
0,05	0,055	[0,315]	0,35	[2,5]	2,75
0,06	0,07	0,35	0,45	3	[3]*
0,08	0,09	[0,4]	0,55	[3,15]*	[3,5]
[0,1]	0,11	[0,5]	[0,6]*	[4]	4,5
0,12	0,14	0,6	[0,7]	[5]	5,5
[0,125]*	[0,15]*	[0,63]*	0,9	6	[6]*
0,15	0,18	[0,8]	1,125	[6,3]*	[7]
[0,16]*	0,22	[1]	1,375	[8]	9
[0,2]	0,28	[1,25]	[1,5]*	[11]	11
[0,2]	0,28	1,5	[1,75]	12	[12]*
[0,25]	[0,3]*	[1,6]*	2,25	[12,5]*	14
0,3	[0,28]	[2]		[16]	18

Примечания: 1. Модули для червячных цилиндрических передач указаны в квадратных скобках. Те же модули, кроме отмеченных звездочкой (например, [0,63]*), используются для зубчатых цилиндрических и конических колес. Размеры, обозначенные звездочкой (*), применяются только для червяков и колес червячных цилиндрических передач.

2. Для прямозубых колес из данной таблицы назначается окружной модуль.

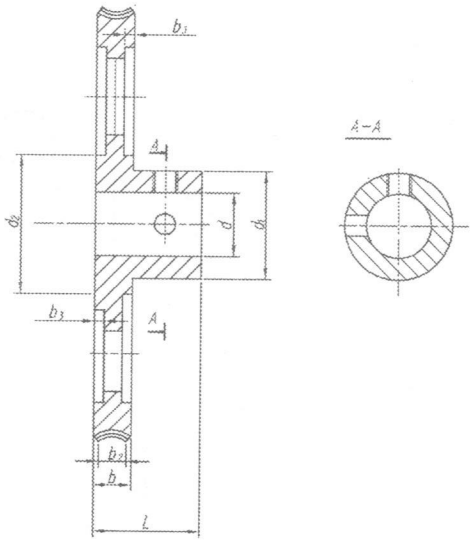


Таблица П5.5

Размеры червячных колес в зависимости от диаметра вала *d*, мм

d	d_1	d_2	*b*		b_2		b_3		*L*	
			при *m*							
			До 0,5	0,6–1	До 0,5	0,6–1	До 0,5	0,6–1	До 0,5	0,6–1
4	8	7	6	8	5,5	7	1,5	2	10	13
5	9	8								
6	10	9							11	
8	13	11							12	14
10	16	14							13	15

ШПОНОЧНЫЕ И ШТИФТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Шпоночные соединения обеспечивают передачу крутящего момента с помощью дополнительного конструктивного элемента — шпонки. В приборостроении преимущественно применяются призматические шпонки по ГОСТ 23360–78 (табл. П6.1) и сегментные шпонки по ГОСТ 24070–80 (табл. П6.2).

Предельные отклонения высоты шпонки: при $h \le 6$ мм — по $h9$; при $h > 6$ мм — по $h11$. Последние можно использовать в качестве направляющих прямолинейного движения. В этом случае допустимо длинную шпонку во избежание ее коробления прикрепить винтами с потайной головкой.

ГОСТ 23360–78 устанавливает следующие поля допусков: на ширину пазов валов и направляющих $H9$, $N9$ и $P9$; на ширину пазов втулок — $D10$, J_s9 и $P9$; на ширину шпонки — $h9$ (табл. П6.3).

Примеры обозначения:

Шпонка 8×7×40 ГОСТ 23360–78 — шпонка призматическая исполнения 1, размер сечения 8×7 мм, длина 40 мм.

Шпонка 2 — 8×7×40 ГОСТ 23360–78 — шпонка призматическая, исполнения 2.

Штифтовое соединение. Размеры и расположение штифтов в соединяемых деталях приведены в табл. П6.4. Конструкции цилиндрических штифтов представлены на рис. П6.4. Размеры цилиндрических штифтов приведены в табл. П6.5. Поля допусков диаметров цилиндрических штифтов d приведены в табл. П6.6. Посадки в штифтовых соединениях с цилиндрическими штифтами приведены в табл. П6.7. Размеры конических штифтов приведены в табл. П6.8.

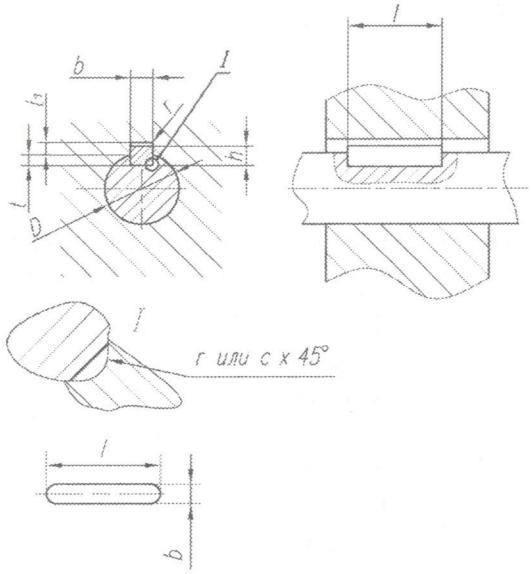


Таблица П6.1

Размеры призматических шпонок и пазов (ГОСТ 23360–78), мм

Диаметр вала D	$b \times h$	t_1	t	c_1 или r_1	c	l
Свыше 6 до 8	2×2	$1{,}2^{+0{,}1}$	$1{,}0^{+0{,}1}$	0,08–0,16	0,16–0,25	6–20
» 8 » 10	3×3	$1{,}8^{+0{,}1}$	$1{,}4^{+0{,}1}$	—	—	6–36
» 10 » 12	4×4	$2{,}5^{+0{,}1}$	$1{,}8^{+0{,}2}$	—	—	8–45
» 12 » 17	5×5	$3{,}0^{+0{,}1}$	$2{,}3^{+0{,}1}$	—	—	10–56
» 17 » 22	6×6	$3{,}5^{+0{,}1}$	$2{,}8^{+0{,}1}$	0,16–0,25	0,25–0,40	14–70
» 22 » 30	8×7	$4{,}0^{+0{,}1}$	$3{,}3^{+0{,}1}$	—	—	18–90

Примечание. Ряд стандартных длин шпонок: 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 30, 40, 45, … мм.

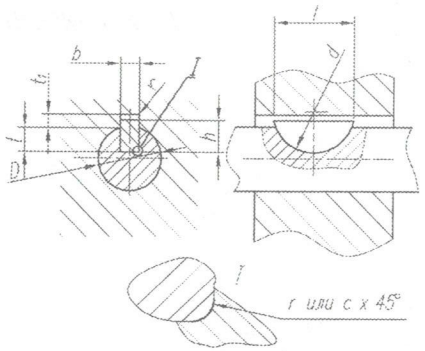


Таблица П6.2

Размеры сегментных шпонок и пазов (ГОСТ 24071–80), мм

D	*b* × *h* × *d*	*t*	t_1
Свыше 3 до 4	1×1,4×3	$1,0^{+0,1}$	$0,6^{+0,1}$
» 4 » 5	1,5×2,6×7	$1,2^{+0,1}$	$0,8^{+0,1}$
» 5 » 6	2×2,6×7	$1,8^{+0,1}$	$1,0^{+0,1}$
» 6 » 7	2×3,7×10	$2,0^{+0,1}$	$1,0^{+0,1}$
» 7 » 8	2,5×3,7×10	$2,7^{+0,1}$	$1,2^{+0,1}$
» 8 » 10	3×5,0×13	$3,8^{+0,2}$	$1,4^{+0,1}$
» 10 » 12	3×6,5×16	$4,3^{+0,2}$	$1,4^{+0,1}$
» 12 » 14	4×6,5 16	$5,0^{+0,2}$	$1,8^{+0,1}$
» 14 » 16	4×7,5×19	$5,3^{+0,2}$	$1,8^{+0,1}$
» 16 » 18	5×6,5×19	$5,5^{+0,2}$	$2,3^{+0,1}$
» 18 » 20	5×7,5×19	$6,0^{+0,3}$	$2,3^{+0,1}$
» 20 » 22	5×10×22	$6,5^{+0,3}$	$2,3^{+0,1}$
» 22 » 25	6×10×22	$7,0^{+0,3}$	$2,8^{+0,1}$
» 25 » 28	6×10×25	$7,5^{+0,3}$	$2,8^{+0,1}$

Примечания: 1. Для валов диаметром D = 3...12 мм $c \geq 0,16$ мм, $c = 0,08$ мм, $r \leq 0,25$ мм, $r_1 \leq 0,16$ мм.

2. Для валов диаметром $D > 12$ мм $c \geq 0,25$ мм, $c_1 = 0,16$ мм, $r \leq 0,40$ мм, $r_1 \leq 0,25$ мм.

3. Предельные отклонения: ширины шпонки b по $h9$, высоты h по $h11$, диаметра d по $h12$.

Примеры обозначения:

Шпонка 1,5×2,6 ГОСТ 24071–80 — шпонка сегментная исполнения 1 (не указывается) сечением $b \times h = 1,5 \times 2,6$.

Шпонка 2–1,5×2,6 ГОСТ 24071–80 — то же, исполнения 2.

Таблица П6.3

Предельные отклонения ширины паза и шпонки

Деталь	Вид соединения		
	свободное	нормальное	плотное
	Поле допуска ширины паза и шпонки		
Вал	*H*9	*N*9	*P*9
Ступица	*D*10	*JS*9	*P*9
Шпонка	*h*9	*h*9	*h*9

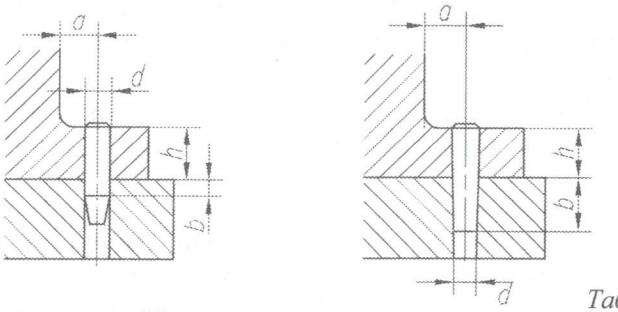


Таблица П6.4

Размеры и расположение штифтов в соединяемых деталях, мм

d	*a*	*h*	*b*	*l*
1	3	2	1	—
1,6	4	3	1	—
2	5	4–6	1	—
2,5	6	6–8	2	3
3	6	10–12	3	3
4	7	14–16	4	4
5	7	16–20	6	5
6	10	20–25	8	6

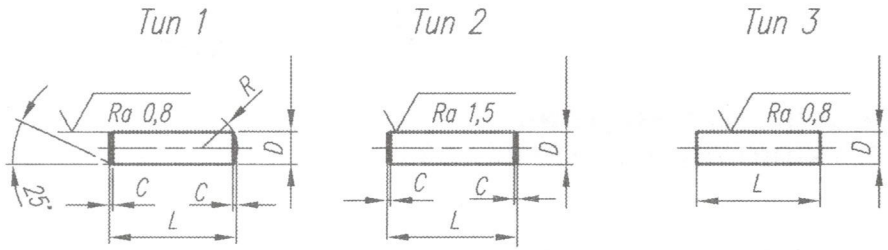


Таблица П6.5

Размеры цилиндрических штифтов (ГОСТ 3128–70), мм

D	*L*	*D*	*L*	*D*	*L*	*D*	*L*
0,6	2,5–8	1,2	2,5–25	2,5	5–50	5	10–55
0,8	2,5–14	1,6	3,0–30	3	6–55	6	12–55
1,0	2,5–16	2	4–40	4	8–55		

Примечания: 1. $R = d$.

2. Длина штифтов L по ряду: 2, 5, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 30, 36, 40, … мм.

3. При d = 0,6…0,8 мм C = 0,1 мм; при d = 1,0…1,2 мм C = 0,2 мм; при d = = 1,6...2 мм C = 0,3 мм; при d = 2,5…3 мм C = 0,5 мм; при d = 4 мм C = 0,6 мм; при d = 5 мм C = 0,8 мм; при d = 6 мм C= 1,0 мм.

Таблица П6.6

Поле допусков диаметра цилиндрических штифтов *d*, мм

Стандарт	Класс точности		
	A	B	C
	Поле допуска диаметра		
ГОСТ 3128–70	*m*6	*h*8	*h*11
ГОСТ 24296–80	*m*6	—	—
ГОСТ 12850–80 ГОСТ 10773–80	—	—	*h*11
ГОСТ 3129–70	*h*10	*h*11	—

Таблица П6.7

Посадки в штифтовых соединениях с цилиндрическими штифтами (ГОСТ 3128–70)

Исполнение (класс точности)	Посадки		
	С зазором	Переходная	С натягом
1 (A)	*F*7/*m*6	*H*7/*m*6	*K*7/*m*6 *N*7/*m*6
2 (B)	—	*H*9/*h*8 *R*8/*h*8	—
3 (C)	—	*H*12/*h*11	—

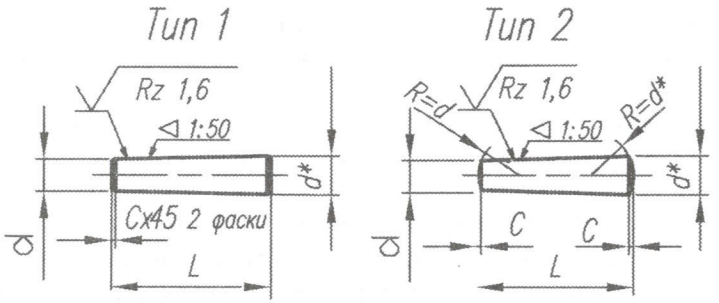


Таблица П6.8

Размеры конических штифтов (ГОСТ 3129–70), мм

d	*c*	*L*	*d*	*c*	*L*
0,6	0,1	4–12	2,5	0,5	10–45
0,8	0,1	4–14	3	0,5	12–15
1,0	0,2	5–16	4	0,6	16–15
1,2	0,2	6–20	5	0,8	20–45
1,6	0,3	6–25	6	1,0	25–45
2	0,3	8–0	—	—	—

Примечания: 1. Длина штифтов L по ряду: 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 30, 35, 40, … мм.

2. $d^* = d + L/50$.

МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ НЕКОТОРЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Механические характеристики материалов зависят от химического состава, технологических процессов изготовления заготовки и специальных технологических методов, регулирующих механические характеристики. Применяют следующие основные виды технологических процессов изготовления заготовок и деталей: обработка давлением (холодная и горячая), литье, сварка, обработка резанием, шлифование, термическая обработка. К специальным методам относятся термическая, химико-термическая и механическая упрочняющая обработки.

В табл. П7.1 сведены условные обозначения и единицы измерения физических и общетехнических величин, характеризующих свойства материалов.

Наиболее часто при изготовлении деталей, входящих в конструкции точных приборов, применяют конструкционные стали, так как они обладают высокими механическими свойствами, технологичностью и низкой стоимостью. Механические характеристики сталей могут в значительной степени меняться при использовании специальных методов обработки. Для изготовления самых ответственных деталей приборных конструкций применяют легированные стали, обладающие более высокими механическими и технологическими характеристиками. Механические характеристики конструкционных сталей и рекомендации по их применению приведены в табл. П7.2.

Для изготовления упругих элементов применяют углеродистые и легированные стали. Они имеют высокие пределы упругости и текучести, а также высокую релаксационную стойкость. Пружины, работающие при тяжелых динамических нагрузках, изготовляют из сталей с высокими пределами усталости. Механические характеристики материалов для изготовления упругих элементов и рекомендации по их применению приведены в табл. П7.3.

Сплавы, обладающие особыми свойствами, имеют повышенную прочность, вязкость и прокаливаемость. Улучшаемые хромоникелевые конструкционные стали с пониженным содержанием никеля обладают высокой пластичностью и вязкостью. Механические характеристики сплавов с особыми свойства и рекомендации по их применению приведены в табл. П7.4.

Применение алюминиевых сплавов в приборостроении определяется главным образом их малой плотностью и хорошей коррозийной стойкостью в воздушной атмосфере, в пресной и морской воде. Самые высокопрочные алюминиевые сплавы уступают по прочности сталям, однако по удельной прочности они находятся на уровне самых высокопрочных сталей. Поэтому использование алюминиевых сплавов позволяет при равной прочности уменьшить массу приборов. Эти сплавы неферромагнитны. Химический состав алюминиевых сплавов (марки) устанавливается стандартом: деформируемые сплавы — по ГОСТ 4784–74, литейные сплавы — по ГОСТ 2685–75.

Механические характеристики деформируемых и литейных сплавов, обрабатываемых резанием и давлением, и рекомендации по их применению приведены в табл. П7.5, П7.6.

Конструкционные сплавы на основе меди имеют высокую теплопроводность, коррозионную стойкость, полируемость, свариваемость и паяемость. Среди них есть сплавы с высокой обрабатываемостью давлением в холодном и горячем состоянии и сплавы с хорошими литейными свойствами. Многие медные сплавы имеют высокие антифрикционные свойства.

Двойные латуни, обрабатываемые давлением (содержащие медь и цинк), относятся к наиболее пластичным конструкционным материалам. Их выпускают в виде полос, проволоки, труб и прутков и используют для изготовления деталей всеми видами холодной обработки давлением, включая вытяжку. Но в то же время эти латуни плохо обрабатываются резанием. Сложные многокомпонентные деформируемые латуни имеют большую коррозионную стойкость и лучшую обрабатываемость.

Таблица П7.1

Условные обозначения и единицы измерения физических и общетехнических величин

Величина	Условное обозначение	Единица измерения
Временное сопротивление (предел прочности при растяжении)	$\sigma_в$	МПа
Предел текучести (физический)	$\sigma_т$	МПа
Предел текучести (условный) при допуске на величину остаточной деформации 0,2 %	$\sigma_{0,2}$	МПа
Предел выносливости при симметричной циклической нагрузке	σ_{-1}	МПа
Предельное напряжение сжатия	$\sigma_{сж}$	МПа
Относительное удлинение после разрыва на стандартных образцах	δ	%
Относительное сужение после разрыва	ψ	%
Твердость по Бринеллю	HB	МПа
Твердость по Роквеллу, шкала С	HRC	—
Твердость по Роквеллу, шкала А	HRA	—
Твердость по Виккерсу	HV	МПа
Ударная вязкость	KC	кДж/см^2
Ударная вязкость, определяемая на образце с концентратором напряжения вида U (V) при комнатной температуре	KCU (KCV)	Дж/см^2
Плотность	γ	кг/м^3
Модуль нормальной упругости	E	МПа
Модуль упругости при сдвиге	G	МПа
Допустимая скорость скольжения	$[v]$	м/с
Температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР)	α	К$^{-1}$
Температурный коэффициент модуля упругости (ТКМУ)	α_E	К$^{-1}$

Окончание табл. П7.1

Величина	Условное обозначение	Единица измерения
Коэрцитивная сила	H_c	А/м
Максимальная относительная магнитная проницаемость	μ_{max}	Тл/А
Магнитная проницаемость вакуума	μ_0	Тл/А
Удельное электрическое сопротивление	ρ	Ом·м
Удельное электрическое сопротивление магнитного материала	$\rho_э$	Ом·м
Удельные потери при магнитной индукции 1,5 Тл и частоте 50 Гц	$P_{1,5/50}$	Вт/кг
Остаточная индукция	B_r	Тл
Индукция при напряженности 50 А/м	B_{50}	Тл
Удельный прогиб биметалла	A	К$^{-1}$
Коэффициент чувствительности биметалла	M	К$^{-1}$

Литейные латуни имеют хорошую жидкотекучесть, они способны обеспечивать плотное литье и однородность химического состава. К недостаткам литейных латуней относится плохая обрабатываемость резанием. Механические характеристики латуней и рекомендации по их применению приведены в табл. П7.7.

В приборостроении чаще используют оловянистые и безоловянистые бронзы. Оловянистые бронзы имеют высокие антифрикционные и литейные свойства. Недостатки бронз — это дефицитность и высокая стоимость. Кремнистые и бериллиевые бронзы имеют высокий предел упругости, износостойкость и циклическую прочность. Механические характеристики бронз и рекомендации по их применению приведены в табл. П7.8.

Механические характеристики органических материалов (пластмасс) и рекомендации по их применению приведены в табл. П7.9.

Таблица П7.2

Конструкционные стали

Марка	Механические характеристики и свойства	Область применения
Сталь 15 (ГОСТ 1050–74)	Малоуглеродистая качественная сталь. Свариваемость и пластичность высокие. Обрабатываемость резанием умеренная. Подвергается цементации. В нормализованном состоянии $\sigma_в$ = 380 МПа, δ = 27 %, ψ = 55 %, твердость не более 163 НВ. После жидкостной цементации и термообработки твердость поверхности 57 – 63 HRC	Слабонагруженные детали, изготовляемые холодной высадкой, гибкой; колпачки, полумуфты, валики с фланцами, накладки, рычаги, крестовины, скобы, стойки
Сталь 45 (ГОСТ 1050–74)	Среднеуглеродистая качественная сталь. Свариваемость и пластичность умеренные. Обрабатываемость резанием хорошая. Хорошо закаливается. В улучшенном состоянии $\sigma_в$ = 750 МПа, $\sigma_т$ = 450 МПа, δ = 13 %, ψ = 35 %, KCU = 0,5 МДж/м^2, твердость 192 – 285 НВ. После закалки в масле и отпуска $\sigma_в$ = 900 МПа, $\sigma_т$ = 650 МПа, δ = 15 %, ψ = 40 %, 30 – 40 HRC. После закалки в щелочном растворе и отпуска $\sigma_в$ = 1200 МПа, $\sigma_т$ = 950 МПа, δ = 8 %, 36 – 42 HRC. После закалки токами высокой частоты на глубину до 1,6 – 2 мм $\sigma_в$ = 900 – 1200 МПа, $\sigma_т$ = 700 – 900 МПа, 40 – 48 или 50 – 60 HRC	Средненагруженные детали: валы, втулки, вилки, эксцентрики, рычаги, кулачки, зубчатые колеса, червяки. Мелкие тонкостенные детали сложной конфигурации: втулки, рычаги, толкатели, гребенки, стопоры, фиксаторы, храповые колеса, собачки, упоры
Сталь 40Х (ГОСТ 4543–71)	Среднеуглеродистая хромистая сталь. Свариваемость и пластичность умеренные. Хорошо закаливается. Наличие хрома обеспечивает мелкозернистую структуру поверхности с высоким сопротивлением усталости. В улучшенном состоянии $\sigma_в$ = 800...900 МПа, $\sigma_т$ = 600 – 750 МПа, δ = = 10 %, ψ = 40 – 50 %, KCU = 0,6 МДж/м^2, σ_{-1} = 360 МПа, 280 – 300 НВ. После закалки в масле и отпуска $\sigma_в$= 1500 – 1600 МПа, $\sigma_т$ = 1300 – – 1400 МПа, δ = 7 %, ψ = 20 %, KCU = 0,3 МДж/м^2, 45 – 50 HRC, σ_{-1} = 560 МПа. После закалки токами высокой частоты на глубину 1,8 – 2,2 мм $\sigma_в$ = 950 – 1200 МПа	Детали при повышенных требованиях к износостойкости и выносливости: зубчатые колеса, червяки, высокоскоростные шпиндели, роторы гироскопов. Детали, работающие при вибрациях и ударных нагрузках, детали при повышенных требованиях к износостойкости: зубчатые колеса и рейки, червяки, в том числе крупные, валы, шпиндели, цилиндрические направляющие
Сталь 38Х2МЮА (ГОСТ 4543–71)	Среднеуглеродистая хромомолибденоалюминиевая высококачественная сталь азотируемая (нитроцементируемая). Наличие алюминия обеспечивает повышенную глубину азотированного слоя. После азотирования 870 – 1020 HV (поверхностный слой) $\sigma_в$ = 950 МПа, $\sigma_т$ = 800 МПа, δ = 12 %, ψ = 50 %, KCU = 0,8 МДж/м^2 (сердцевина)	Детали при повышенных требованиях контактной прочности поверхности и малого коробления после термообработки, а также работающие с ударными нагрузками: копиры, сравнительно крупные кулачки, зубчатые колеса и червяки, плунжеры
Сталь У10А (ГОСТ 1435–74)	Инструментальная углеродистая высококачественная сталь. Повышенная твердость. Обрабатываемость резанием удовлетворительная, хорошо шлифуется. Свариваемость и пластичность пониженные	Мелкие детали, получаемые резанием: оси с трибками, оси и валики, пальцы, ходовые винты при требованиях повышенной прочности. Мелкие детали, получаемые методом вырубки: рычаги, кулачки, накладки

Окончание табл. П7.2

Марка	Механические характеристики и свойства	Область применения
Сталь А12 (ГОСТ 1414–75)	Малоуглеродистая конструкционная сталь высокой обрабатываемости резанием (автоматная). Свариваемость пониженная, пластичность высокая. Обладает красноломкостью, чувствительна к ударным нагрузкам. Может быть подвергнута цементации или нитроцементации. Горячекатаная: $\sigma_в < 420$ МПа, $\sigma_т \le 22$ МПа, 160 НВ. Нагартованная: $\sigma_в = 500$ МПа, $\delta = 7$ %, 217 НВ. После цементации твердость поверхности до 56 – 60 HRC	Мелкие малонагруженные детали, обрабатываемые резанием, при требовании обеспечения малой шероховатости поверхности: винты, гайки, оси, валики, втулки, кольца, планки, распорки, рукоятки, мелкие кронштейны и корпуса подшипников, оправы оптических деталей
Сталь 40ХЕ (ГОСТ 1414–75)	Среднеуглеродистая хромистая сернисто-селенистая сталь повышенной обрабатываемости резанием. Свариваемость и пластичность умеренные. Хорошо подвергается закалке. После улучшения (закалка в масле 860 °С, отпуск 500 °С) $\sigma_в =$ $= 1000$ МПа, $\sigma_т = 800$ МПа, $\delta = 10$ %, $\psi = 45$ %, KCU = 0,6 МДж/м^2	Детали, обрабатываемые резанием, при повышенных требованиях к износостойкости и прочности: зубчатые колеса, червяки, ходовые винты, кулачки
Сталь ШХ15 (ГОСТ 801–78)	Высокоуглеродистая хромистая подшипниковая сталь. Пластичность и свариваемость пониженные. Обрабатываемость резанием умеренная, хорошо закаливается. После закалки в масле или токами высокой частоты $\sigma_в = 2200$ МПа, $\sigma_т = 1700$ МПа, $\sigma_{-1} = 660$ МПа, 58 – 65 HRC	Тонкостенные детали при требовании высоких износостойкости и сопротивления усталости поверхности: кольца подшипников качения и планки направляющих качения и скольжения, гайки и винты шарико-винтовых передач, диски и ролики фрикционных передач, пальцы и ролики, кулачки и копиры
Сталь 12Х1 (ГОСТ 5950–73)	Высокоуглеродистая хромистая сталь. Пластичность и свариваемость пониженные. После закалки и отпуска $\sigma_в = 2000$ МПа, 63 – 65 HRC	Детали при требованиях высокой износостойкости поверхности: шаблоны, калибры, копиры, кулачки, направляющие качения и скольжения

Таблица П7.3

Материалы для упругих элементов

Марка	Механические и физические свойства							
	$\sigma_в$, МПа	$E \cdot 10^3$, МПа	$G \cdot 10^3$, МПа	HV	$\alpha \cdot 10^{-6}$, К$^{-1}$	$\alpha_E \cdot 10^6$, К$^{-1}$	ρ, нОм·м	$\gamma \cdot 10^{-3}$, кг/м^3
Токоведущие материалы								
БрОФ6,5-0,15	650–745	93–122	40	190–220	17,7	—	150–176	8,8
БрОЦ4-3 (ГОСТ5017–74)	765–883	93–122	47	210	18,0	400	47	8,8

Окончание табл. П7.3

Марка	Механические и физические свойства							
	$\sigma_в$, МПа	$E \cdot 10^3$, МПа	$G \cdot 10^3$, МПа	НВ	$\alpha \cdot 10^{-6}$, $К^{-1}$	$\alpha_E \cdot 10^6$, $К^{-1}$	ρ, нОм·м	$\gamma \cdot 10^{-3}$, кг/м^3
Нетоковедущие материалы								
60Г, 65Г	980	204	80	241–285	11,1	—	—	7,81
60С2А	1570	196	85,3	269–302	—	—	—	7,68
60С2ХФА	1668	190	—	285–321	—	—	—	—
40КХНМ	2650	196–215	73,6	650–700	12–15	200	90–110	8.3
36НХТЮ	1570	176–196	73,6–78,5	330–350	12–14	300	90–100	7,9

Таблица П7.4

Сплавы с особыми свойствами

Марка	Механические характеристики и свойства	Область применения
Сталь 20Х13Л (ГОСТ 2176–67)	Литейная сталь мартенситного класса, стойка в среде водяного пара и атмосферных осадков, растворов солей. Литейные свойства и обрабатываемость резанием удовлетворительные, свариваемость хорошая. Нормализованная; $\sigma_в$ = 660 МПа, $\sigma_т$ = 450 МПа, δ = 16 %, KCU = 0,8 МДж/м^2, 270 НВ	Детали сложной конфигурации, работающие под нагрузкой при требовании коррозионной стойкости: кронштейны, рычаги, крестовины, муфты, зубчатые колеса, литые валики, кривошипы
Сталь 3422 (ГОСТ 214270–75)	Магнитомягкая повышенно легированная кремнистая сталь, холоднокатаная, текстурованная, с нормальными потерями на перемагничивание и нормальной магнитной проницаемостью. Свариваемость умеренная, эластичность и обрабатываемость резанием пониженные; $\mu_{max} = 8{,}8 \cdot 10^{-3}$ Тл/А, $\mu_0 = 0{,}079$ Тл/А, $B_{50} = 1{,}8$ Тл, $H_c = 39{,}8$ А/м, $P_{1{,}5/50} = 3$ Вт/кг, $\rho_э = 0{,}5 \cdot 10^{-6}$ Ом·м, $\sigma_в = 300$ МПа, $\sigma_т = 200$ МПа, δ = 5 %	Детали магнитопроводов, сердечники импульсных трансформаторов, магнитных усилителей, дросселей, силовых трансформаторов и тому подобные детали, изготовляемые вырубкой из ленты
Сплав ЮНДК35Т5АА (ГОСТ17809–73)	Магнитотвердый литой дисперсионно-твердеющий железоникель-алюминиево-кобальтовый сплав с монокристаллической структурой. Весьма высокое значение магнитной энергии. Литейные свойства невысокие. Хрупкий, склонен к трещинообразованию и намагничиванию с нормальной магнитной проницаемостью. Свариваемость умеренная, пластичность и обрабатываемость резанием пониженные; $\mu_{max} = 8{,}8 \cdot 10^{-3}$ Тл/А, $\mu_0 = 0{,}079$ Тл/А, $B_{50} = 1{,}8$ Тл, $H_c = 39{,}8$ А/м, $P_{1{,}5/50} = 3$ Вт/кг, $\rho_э = 0{,}5 \cdot 10^{-6}$ Ом·м, $\sigma_в = 300$ МПа, $\sigma_т = 200$ МПа, δ = 5 %	Детали магнитопроводов, сердечники импульсных трансформаторов, магнитных усилителей, дросселей, силовых трансформаторов и тому подобные детали, изготовляемые вырубкой из ленты

Окончание табл. П7.4

Марка	Механические характеристики и свойства	Область применения
Сплав 80НХС (ГОСТ 10160–75)	Магнитомягкий железоникелевый сплав с наивысшей магнитной проницаемостью в слабых полях (типа пермаллоя). Характеризуется высокой коэрцитивной силой и сравнительно высоким электросопротивлением. Пластичен, хорошо сваривается. Обрабатываемость резанием пониженная. При резании и деформации магнитные свойства ухудшаются. При толщине ленты 0,02...1 мм $\mu_{max} = (113-188)\cdot10^{-3}$ Тл/А, $\mu_o = (22{,}6-56{,}6)\cdot10^{-3}$ Тл/А, $B_r = 0{,}75$ Тл, $H_c = 6{,}4-31{,}4$ А/м, $\rho_э = 0{,}9\cdot10^{-6}$ Ом·м, $\sigma_в = 50$ МПа, $\sigma_т = 180$ МПа, $\delta = 25$ %	Сердечники малогабаритных трансформаторов и дросселей, импульсных трансформаторов, бесконтактных реле, звукозаписывающих головок, магнитов сцепных муфт и стопоров
Сплав 35НКТ (ГОСТ 10994–74)	Железоникелькобальтовый сплав с минимальным температурным расширением (типа суперинвара). Пластичен, хорошо обрабатывается резанием, сваривается; $\alpha = (0{,}5-0{,}8)\cdot10^{-6}$ К$^{-1}$, $E = 1{,}44\cdot10^5$ МПа, $\sigma_в = 400-480$ МПа, $\delta = 38-45$ %	Температурные компенсаторы в механизмах, терморегуляторы, чувствительные элементы термометров
Сплав Х27Ю5Т (ГОСТ 10994–74)	Железохромалюминиевый сплав ферритного класса с высоким омическим сопротивлением, жаростойкий. Пластичность удовлетворительная, сваривается; $T_р = 950-1300$ °С (∅ 0,2–3 мм), $\rho_э = (1{,}36-1{,}47)\cdot10^{-6}$ Ом·м, живучесть 60 ч при 1300 °С	Нагревательные элементы приборов, изготовляемые из проволоки или ленты
Сплав ТБ2013 (ГОСТ 10533–63)	Термобиметалл на основе материалов 75ГНД (активный слой) и 36Н (пассивный слой) с наивысшим значением удельного прогиба. Пластичен, сваривается. Удельный прогиб $A = 0{,}20$ К$^{-1}$, коэффициент чувствительности $M = (30...36)\cdot10^{-6}$ К$^{-1}$, $\rho_э = 1{,}08…1{,}18$ мкОм·м, $T_р = -60…+200$ °С	Температурные компенсаторы в механизмах, терморегуляторы, чувствительные элементы термометров

Таблица П7.5

Алюминиевые литейные сплавы

Марка	Режим термической обработки	Механические характеристики, МПа				Область применения
		$\sigma_в$	$\sigma_{0,2}$	σ_{-1}	НВ	
АЛ2 (ГОСТ 1222–99)	Т2	180	90	42	50	Средненагруженные детали различных размеров, изготовляемые различными способами литья
АК12 (ГОСТ 1583–93)	Т2, Т5	147–157	—	—	50	Детали сложной формы для работы без значительных нагрузок, изготовляемые литьем в кокиль и под давлением
АЛ7 (ГОСТ 1222–99)	Т4, Т5	240–260	160–200	40–45	650–850	Небольшие детали несложной конфигурации, изготовляемые литьем (галтели должны быть плавные, без резких перепадов толщины)
АЛ19 (ГОСТ 1222–99)	Т4, Т5	320–360	180–250	70	800–1000	Высоконагруженные детали различных размеров, изготовляемые различными способами литья

Окончание табл. П7.5

Марка	Режим термической обработки*	Механические характеристики, МПа				Область применения
		$\sigma_в$	$\sigma_{0,2}$	σ_{-1}	НВ	
АЛ27	Т4	360	180	70	900	Деталей летательных аппаратов, судов и пр.
ВАЛ1	Т5	300	250	75	1000	Ответственные детали
АЛЧМ	Т6	360	300	90	1000	Ответственные детали

Примечание. Т1 — искусственное старение без предварительной закалки, улучшающее обрабатываемость резанием и повышающее механическую прочность; Т2 — отжиг, резко уменьшающий остаточные напряжения и наклеп; Т3, Т4 — повышение прочностных характеристик; Т5 — получение достаточно высокой прочности и сохранение повышенной пластичности; Т6 — обработка для получения максимальной прочности при некотором снижении пластичности; Т7 — закалка и стабилизация свойств; Т8 — повышение пластичности и стабильности за счет понижения прочностных характеристик. Режимы Т1, Т3, Т7, Т8 для обработки указанных материалов не используются.

Таблица П7.6

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

Марка	Механические характеристики, МПа					Область применения	Примечание
	$\sigma_в$	$\sigma_{0,2}$	σ_{-1}	$E/G \cdot 10^4$	НВ		
АДН	150	100	55	7,1/2,7	320	Детали не несущих конструкций	Обладает высокой пластичностью и электропроводностью, хорошо сваривается
АД31Т	240	210	90	7,1/2,7	800	Клеевые и клепаные конструкции	Пластичен
АМг3М	190	90	—	7,1/2,7	—	Малонагруженные сварные и гнутые детали	Обладает высокой коррозионной стойкостью
АМг6М	300	150	—	7,1/2,7	—	Средненагруженные сварные и гнутые детали	То же
Д16П	430	230	140	7,1/2,7	1310	Детали средней и повышенной прочности, получаемые обработкой резанием	Обладает низкой коррозионной стойкостью
АК8	480	380	125	7,2/2,7	1350	Высоконагруженные штампованные и кованые детали	—
В96	670	630	—	7,2/2,7	1900	То же	—
Д23	600	540	85	7,6/2,9	—	Высоконагруженные штампованные и кованые детали, работающие при температуре до 160…180 °С	—

Таблица П7.7

Латуни

Марка	Состояние сплава	$\sigma_в$ МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_{-1}, МПа	$(E/G)\cdot10^{-4}$, МПа	Область применения	Примечание
Л68 (ГОСТ 15527–70)	Мягкое	330	100	120	11/3,9	Упругие элементы, токоведущие детали, получаемые обработкой давлением и резанием	—
	Твердое	660–740	520	150	11,5		
Л80 (ГОСТ 15527–70)	Мягкое	310	120	105	10/4,2	То же	—
	Твердое	610–680	520	154	11,2		
Л90 (ГОСТ 15527–70)	Мягкое	260	130	85	9,15	»	—
	Твердое	440–520	400	126	10,5		
ЛС59-1 (ГОСТ 15527–70)	Мягкое	420	140	—	9,5	Детали опор трения скольжения, получаемые обработкой резанием	Коэффициент трения со смазкой $f = 0{,}0135$, без смазки $f = 0{,}17$
	Твердое	550	400	—	10,5		
ЛА67-2,5 (ГОСТ 1019–47)	Мягкое	300	150	—	8,4	Мелкие детали, получаемые литьем, обработкой резанием	—
	Твердое	400	350	—	9,8		
ЛКС80-3-3 (ГОСТ 1019–47)	Мягкое	350	250	—	—	Детали опор трения скольжения, получаемые обработкой резанием	Коэффициент трения со смазкой $f = 0{,}009$, без смазки $f = 0{,}15$
	Твердое	550	300	—	—		

Таблица П7.8

Бронзы

Марка	Состояние сплава	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_{-1}, МПа	$(E/G)\cdot10^{-4}$, МПа	Область применения	Примечание
БрКМЦ3-1 (ГОСТ 18175–78)	Мягкое	400	160	100	10,5/3,9	Упругие элементы, токоведущие детали, получаемые обработкой давлением и резанием	—
	Твердое	700	420	210	11,5		
БрОФ4-0,25 (ГОСТ 5017–74)	Мягкое	340	—	154	—	То же	—
	Твердое	600	540	248	10		
БрОЦ4-3 (ГОСТ 5221–77)	Мягкое	350	—	—	—	»	—
	Твердое	550	—	—	—		
БрБ2 (ГОСТ 15834–77)	Мягкое	500	250	—	13,2	»	—
	Твердое	1250	1150	—	11,7/5,0		
БрОФ10-1 (нестандартная)	Мягкое	250	140	—	7,5	Детали опор трения скольжения, получаемые литьем и обработкой резанием	Коэффициент трения со смазкой $f = 0{,}08$, без смазки $f = 0{,}1$; $[p] = 15$ МПа, $[pv] = 15$ МПа·м/с, $[v] = 10$ м/с
	Твердое	300	200	—	10,3		
БрОЦС5-5-5 (нестандартная)	Мягкое	350	140	125	10	Детали опор трения скольжения, получаемые литьем и обработкой резанием	Коэффициент трения со смазкой $f = 0{,}09$, без смазки $f = 0{,}15$; $[p] = 8$ МПа, $[pv] = 12$ МПа·м/с, $[v] = 12$ м/с
	Твердое	350	150	170	10		

Таблица П7.9

Органические материалы (пластмассы)

Марка	Механические характеристики и свойства	Область применения
ПЭНД 203-05 (ГОСТ 16338–77)	Полиэтилен низкого давления с добавками (термостабилизатор и антикоррозионная добавка). Жидкотекучесть и механическая прочность средние; $\sigma_в$ = 20…25 МПа, δ = 500 %, КС = 75 кДж/м^2, $T_р \le 100$ °С	Детали, получаемые литьем под давлением, не требующие высокой прочности, окрашенные и неокрашенные: кожухи, корпуса, коробки, крышки подшипников, армированные ручки и маховички, шайбы, ролики
МОПЕНД 222-03 (ТУ 6-05 1721–75)	Полиэтилен низкого давления высокомолекулярный с добавками (термостабилизатор и антикоррозионная добавка). Жидкотекучесть повышенная; $\sigma_в$ = 44 МПа, δ = 500 %, KCU = 80 кДж/м^2, $T_р \le 110$ °С, 5 – 6 НВ	Детали при требованиях прочности, износостойкости и достаточной ударной вязкости: зубчатые колеса, в том числе вибрационно-нагруженные, мальтийские кресты, объемно-регулируемые гайки винтовых передач
Сополимер УПС-0704Л (ОСТ 6-05-406–80)	Сополимер стирола с каучуком литейный, ударопрочный, повышенные прочность и ударная вязкость. Хорошая обрабатываемость резанием; $\sigma_в$ = 26 МПа, δ = 35 %, KCU = 30 кДж/м^2, 6 – 10 НВ, $T_р \le 70$ °С	Детали, нагруженные динамически, в том числе крупногабаритные: панели, корпуса, крышки, корпусные детали переносных приборов
Фторопласт 42-ЛД-1 (ГОСТ 25428–82)	Фторопласт (политетрафторэтилен) для литья под давлением, высокие эластичность, износостойкость, низкий коэффициент трения, удовлетворительная термостойкость. Возможен любой вид механической обработки; $\sigma_в$ = 0,2 МПа, σ_F = 29 МПа, δ = 460 %, КС = 140 кДж/м^2, 4 – 5 НВ, $T_р$ = –60… +120 °С, коэффициент трения по стали 0,04	Антифрикционные детали повышенной износо- и маслостойкости: уплотнения пневмо- и гидросистем, вкладыши опор скольжения, в том числе беззазорных (с натягом) опор, объемно-регулируемые гайки винтовых передач
Резина III- Зв-12.3825с (ТУ 38.105 1082–76)	Резина на основе нитрильного каучука СКН-40, повышенная маслобензостойкость, повышенная твердость; $\sigma_в$ = 7,8 МПа, δ = 120 %	Детали подвижных и неподвижных уплотнений, в том числе армированных, работающих в среде с наличием масел
Текстолит ПТК (ГОСТ 5–78)	Слоистый материал на основе хлопчатобумажной ткани и фенольных смол. Химическая стойкость и влагостойкость сравнительно невысокие. Обрабатывается резанием, допустима небольшая гибка в нагретом состоянии; $\sigma_в$ = 34…100 МПа, $\sigma_{сж}$=120…250 МПа, δ = 1 %, КС = 14,5…36 кДж/м^2, 25 – 35 НВ, $T_р \le 130$…140 °С	Детали типа плат, крупномодульные зубчатые и червячные колеса, ролики, втулки подшипников, ползуны, детали муфт
Стекло органическое СОЛ (ГОСТ 15809–70)	Полиметилметакрилат листовой. Высокие химическая и влагостойкость. Прозрачен. Хорошо обрабатывается резанием, сваривается, в нагретом состоянии пластичен, допустимы гибка и формовка; $\sigma_в$ = 63 – 110 МПа, $\sigma_{сж}$ = 100…105 МПа, δ = 2,5…20 %, КС = 8…18 кДж/м^2, 6,3 – 10 НВ, $T_р$ < 80 °С	Детали типа плат, прозрачных крышек, защитных стекол

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНСТРУКЦИЙ ПРИБОРОВ

Климатические требования

В ГОСТ 15150–69 установлены следующие климатические исполнения (классы исполнения) изделий по условиям их эксплуатации в макроклиматических районах (табл. П8.1).

Таблица П8.1

Климатическое исполнение приборов

Климатическое исполнение	Русское обозначение	Латинское обозначение	Цифровое обозначение
Изделия, предназначенные для эксплуатации на суше, реках, озерах: умеренный климат умеренный и холодный влажный и тропичский сухой тропический сухой и влажный тропический	 У УХЛ ТВ ТС Т	 N NF NH TA T	 0 1 2 3 4
Для всех климатических районов	О	U	–
Для морского климата: умеренно-холодный морской тропический морской умеренно-холодный	 М ТМ ОМ	 M MT MU	 6 7 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. П8.2).

Таблица П8.2

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

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

Например, для изделий исполнения УХЛ4 рабочий диапазон температуры +1...+35 °С, средняя рабочая температура — 20 °С, предельные 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 4АМ63В2У3, 50 Гц, 220 В, 16–510,814–83 — электродвигатель марки 4АМ63В2 климатического исполнения У3 (для эксплуатации в условиях умеренного климата в закрытых помещениях без искусственного регулирования температуры при отсутствии прямого солнечного излучения, действия осадков, ветра).

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. П8.3). 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. П8.4.

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. П8.5.

Таблица П8.3

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

Буквы IP в начале обозначения степени защиты (сокращение от англ. *International Protection* — защита от касания и внедрения посторонних предметов). 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 П8.4

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 П8.5

Обозначение защиты от воды

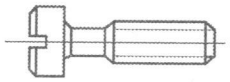
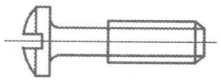
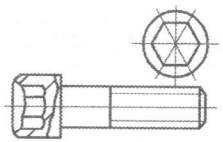
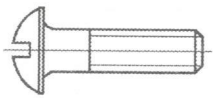
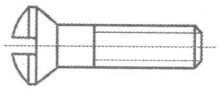
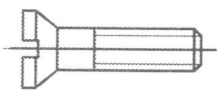
Вторая цифра обозначения	Вид защиты
0	Не предусмотрена
1	От вертикально падающих капель воды при горизонтальном рабочем положении изделия
2	От вертикально падающих капель воды даже при наклоне изделия на 2 ± 15°в двух взаимно перпендикулярных плоскостях из горизонтального рабочего положения
3	От воды, 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
Примечание. Если к защите от проникновения воды никакие требования не предъявляют, то вторая цифра в обозначении заменяется буквой X.	

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. П9.1), винты для ручного стопорения и затяжки (табл. П9.2), установочные винты (табл. П9.3) и гайки (табл. П9.4).

Таблица П9.1

Крепежные винты

Вид головки	Конструкция	Стандарт	Предельные размеры резьбы	Вид шлица на головке	Область применения
Общего назначения					
С цилиндрической головкой, классы точности А и В		ГОСТ 1491–80	М1…М20	Прямой	При больших силах 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 силах 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. П9.1

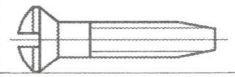
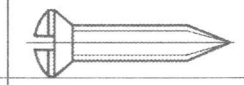
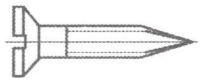
Вид головки	Конструкция	Стандарт	Предельные размеры резьбы	Вид шлица на головке	Область применения
Самонарезающие для металла и пластмассы, класс точности В					
С потайной головкой		ГОСТ 10619–80	М2,5...М8	Прямой или крестообразный	Для соединения деталей из материалов менее прочных, чем материал винта, 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 П9.2

Винты для ручного стопорения и затяжки классов точности А и В

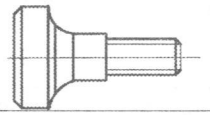
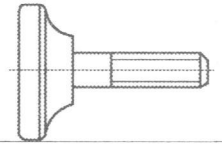
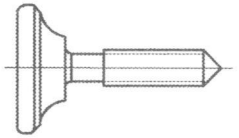
Вид головки	Конструкция	Стандарт	Предельные размеры резьбы	Область применения
С высокой головкой		ГОСТ 21331–75	М1...М12	Для стопорения деталей, при частом завинчивании вручную
С низкой головкой		ГОСТ 21332–75	М1...М12	То же
С низкой головкой и коническим концом		ГОСТ 21333–75	М1...М12	»

Таблица П9.3

Установочные винты классов точности А и В

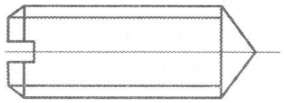
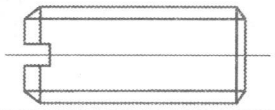
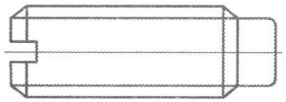
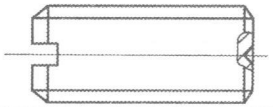
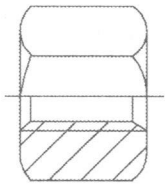
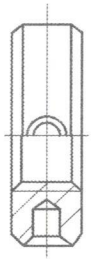
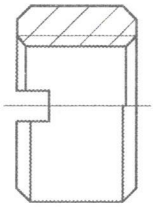
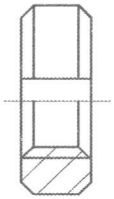
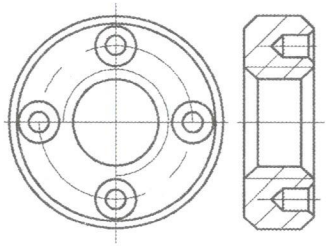
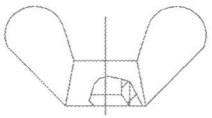
Вид конца винта	Конструкция	Стандарт	Предельные размеры резьбы	Область применения
С коническим концом		ГОСТ 1476–84	М1...М12	Для стопорения вращающихся деталей при небольших боковых силах
С плоским концом		ГОСТ 1477–84	М1...М12	То же
С цилиндрическим концом		ГОСТ 1478–84	М2...М12	То же, при значительных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

Таблица П9.4

Гайки

Класс точности и особенности конструкции	Конструкция	Стандарт	Предельные размеры резьбы	Область применения
Шестигранные				
Класс точности В Класс точности А		ГОСТ 5915–70 ГОСТ 5927–70	М6…М8 М1…М8	Для всех видов резьбовых соединений

Окончание табл. П9.4

Класс точностии особенности конструкции	Конструкция	Стандарт	Предельные размеры резьбы	Область применения
		Круглые		
С радиально расположенными отверстиями		ГОСТ 8381–73	М2…М20	При малых силах и для регулировки
Со шлицом на торце, класс точности В		ГОСТ 10657–80	М1…М20	При малых силах 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 силах 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. П9.1, табл. П9.5).

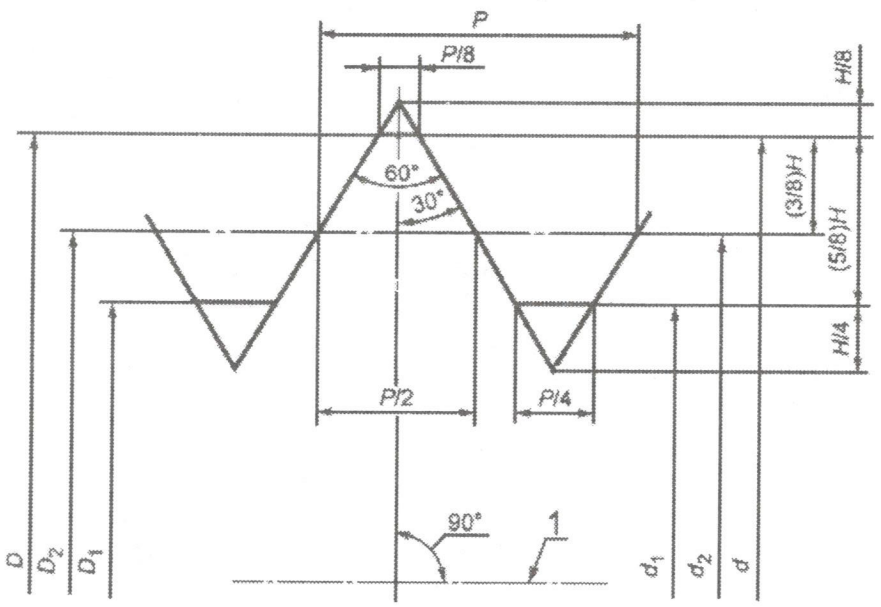


Рис. П9.1. Профиль метрической резьбы

Таблица П9.5

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. П9.5

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. П9.6.

Таблица П9.6

Допускаемые статические нагрузки и моменты затяжки для болтов (шпилек)

Резьба, мм		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	
		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

Примечания: 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. П10.1).

Для защиты от коррозии, повышения электропроводности, а в некоторых случаях — для облегчения пайки на многие упругие эле- менты 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. П10.2). 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. П10.3); по точности изготовления: нормальная точность; повышенная точность. Проволоку классов 1, 2, 3 изготовляют нормальной и повышенной точности, класса 2А — повышенной точности.

Таблица П10.1

Материалы для изготовленияупругих элементов приборов

Марка	Свойства	Область применения
Бронзы БрБ2, БрБНТ1,9; БрБНТ1,7; Бр70Ф6,5-0,15, БрОФ4-0,25, БрКМц3-1, 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 П10.2

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	2700…3040	2260…2700	1770…2260	300	300	340	440	490
0,22	2700…3040	2260…2700	1770…2260	300	300	340	440	490
0,25	2700…3040	2260..2700	1770…2260	300	300	340	440	490
0,28	2700…3040	2260…2700	1770…2260	290	290	340	440	490
0,30	2700…3040	2260…2700	1770…2260	280	280	340	440	490
0,32	2650…2990	2210…2650	1720…2210	270	280	340	440	490
0,36	2650…2990	2210…2650	1720…2210	260	280	340	440	490
0,40	2600…2940	2160…2600	1670…2160	250	280	340	440	490
0,45	2600…2940	2160…2600	1670…2160	240	260	340	440	490
0,50	2600…2940	2160…2600	1670…2160	230	260	340	440	490
0,56	2600…2940	2160…2600	1670…2160	210	260	340	440	490
0,60	2600…2940	2160…2600	1670…2160	200	240	340	440	490
0,63	2550…2890	2160…2550	1670…2160	190	240	340	390	490
0,70	2550…2890	2160…2550	1670…2160	180	240	340	390	490
0,80	2550…2890	2110…2550	1670…2110	170	230	340	440	440
0,90	2500…2790	2110…2500	1620…2110	160	230	290	390	490
1,00	2450…2740	2060…2450	1570…2060	150	220	290	390	490
1,10	2400…2700	2010…2400	1520…2010	150	220	290	390	490
1,20	2350…2650	1960…2350	1520…1960	150	210	290	390	440
1,30	2300…2600	1960…2300	1520…1960	150	210	290	340	440
1,40	2260…2550	1960…2260	1470…1960	150	200	290	340	440
1,50	2210…2500	1860…2210	1420…1860	150	200	290	340	440
1,60	2160…2450	1860…2160	1420…1860	150	200	290	290	440
1,70	2060…2350	1770…2060	1370…1770	150	200	290	290	390
1,80	2060…2350	1770…2060	1370…1770	150	200	290	290	390
1,90	2010…2300	1770…2010	1370…1770	150	200	290	250	390
2,00	2010…2260	1770…2010	1370…1770	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. П10.3.

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 марок 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 П10.3

Разряды пружин класса 1 (ГОСТ 13764–86, ГОСТ Р 50567–93, ИСО 8458-2–89)

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], 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 13767
	22,4…800	1,2…5,0	51ХФА-Ш (ГОСТ 14959)	Проволока		0,32 R_m	
3	140…6000	3,0…12,0	60С2А, 65С2ВА, 70С3А	Проволока	47,5...53,5	560	ГОСТ 13768
			51ХФА	Проволока	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, класса 1 для пружин холодной навивки, диаметром 1,80 мм — проволока 51ХФА-А-П-1-ХН-1,80 ГОСТ 14963–78.

Пружинная проволока из кремнемарганцевой 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 кремнемарганцевой 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. П10.1, П10.2). 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.

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.

В зависимости от назначения и условий эксплуатации пружины подразделяют на классы (табл. П10.4).

Таблица П10.4

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	$5 \cdot 10^6$	Отсутствует
II	Сжатия, растяжения	Циклическое и статистическое	$1 \cdot 10^5$	Отсутствует
III	Сжатия	Циклическое	$2 \cdot 10^3$	Наблюдается

На производственных чертежах обозначают размеры винтовых пружин растяжения и сжатия и строят их характеристики (см. рис. П10.1, П10.2).

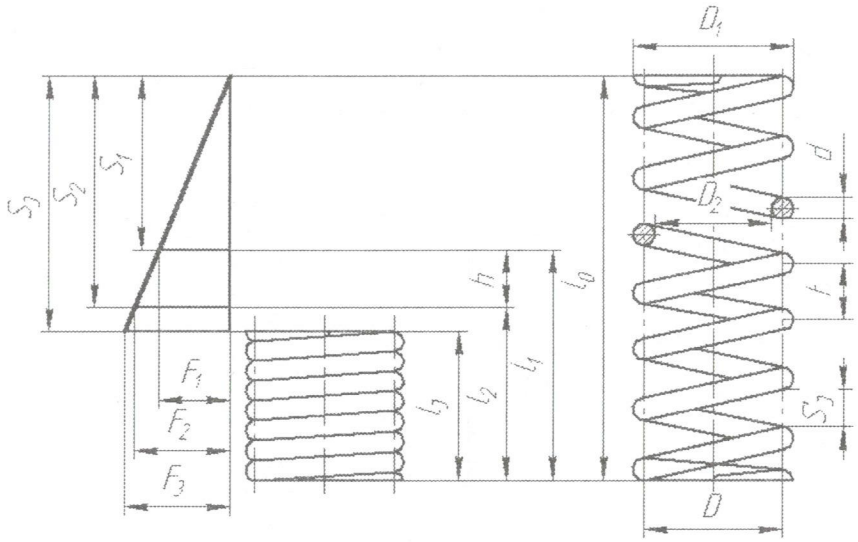


Рис. П10.1. Пример обозначения размеров и характеристики винтовой пружин сжатия

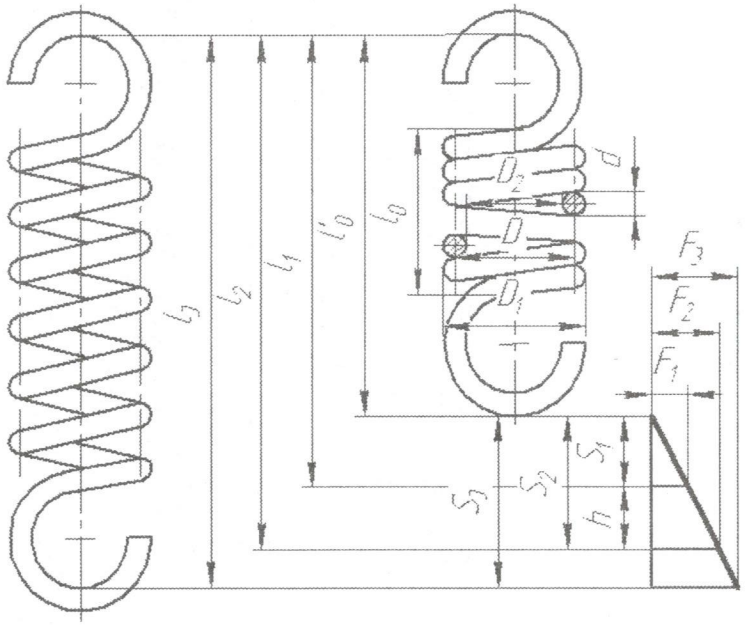


Рис. П10.2. Пример обозначения размеров и характеристики винтовой пружин растяжения

Примеры изображения пружин сжатия и растяжения с обозначением размеров на чертежах по ГОСТ 13765–86 представлены на рис. П10.1 и П10.2. 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_1, 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;

s_3 — максимальная деформация пружины, мм;

h — рабочий ход пружины (в ранних изданиях стандартов обозначен λ).

Расчет винтовых пружин на прочность

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_1. 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_1 назначают предварительно с учетом конструкции узла и уточняют в процессе расчета.

Жесткость пружины, Н/мм:

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

где G — модуль сдвига, для стали $7{,}85 \cdot 10^4$, МПа; n — число рабочих витков пружины.

Для пружин с предварительным поджатием

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

Число рабочих витков пружины:

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

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

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):

$$l \cong 3{,}2Dn_1,$$

где n_1 — полное число витков пружины.

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.

Характеристики витков винтовых цилиндрических пружин сжатия и растяжения из стали круглого сечения приведены в табл. П10.5.

Таблица П10.5

Основные параметры витков 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. П10.5

Номер пружины	F_3, Н	d, мм	D_1, мм	c_1, Н/мм	s'_3, мм
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. П10.5

Номер пружины	F_3, Н	d, мм	D_1, мм	c_1, Н/мм	s'_3, мм
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. П10.5

Номер пружины	F_3, Н	d, мм	D_1, мм	c_1, Н/мм	s'_3, мм
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. П10.5

Номер пружины	F_3, Н	d, мм	D_1, мм	c_1, Н/мм	s'_3, мм
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. П10.5

Номер пружины	F_3, Н	d, мм	D_1, мм	c_1, Н/мм	s'_3, мм
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. П10.5

Номер пружины	F_3, Н	d, мм	D_1, мм	c_1, Н/мм	s'_3, мм
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. П10.5

Номер пружины	F_3, Н	d, мм	D_1, мм	c_1, Н/мм	s'_3, мм
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. П10.5

Номер пружины	F_3, Н	d, мм	D_1, мм	c_1, Н/мм	s'_3, мм
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. П10.5

Номер пружины	F_3, Н	d, мм	D_1, мм	c_1, Н/мм	s'_3, мм
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 определяется по формуле

$$\tau_{max} = \tau_3 = \frac{8F_3D}{\pi d^3}k \le [\tau]. \qquad (П10.1)$$

где $k = \frac{4i-1}{4i-4} + \frac{0,615}{i}$ — коэффициент, учитывающий кривизну витка пружины; $[\tau]$ — допускаемое касательное напряжение, назначают по ГОСТ 13764–86, МПа; $i = D/d$ — индекс пружины.

Для пружин I класса 1 разряда

$$[\tau] = 0,3R_m,$$

где R_m — временное сопротивление разрыву по ГОСТ 9389–75.

Из неравенства (П10.1) можно выразить диаметр проволоки:

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

Примеры расчетов пружин

Пример 1. Пружина сжатия с параметрами F_1 = 50 Н; F_2 = 75 Н; h = 1 мм; D_1 = 10…20 мм.

По функциональному признаку пружина относится к классу I разряда 1.

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

$$F_3 = F_2/(1 - 0,05) \ldots F_2/(1 - 0,25) = 75/(1 - 0,05) \ldots 75/(1 - 0,25) = 78,9\ldots100 \text{ Н}.$$

В диапазоне 80…100 Н (ГОСТ 13766–86) пружины класса I разряда 1 имеют следующие значения сил: 80; 85; 90; 95; 100 Н. Из данного ряда можно выбрать виток пружины № 350: F_3 = 100 Н; d = 1,8 мм; D_1 = 13,0 мм; c_1 = 73,31 Н/мм; s'_3 = 1,364 мм.

Жесткость пружины вычисляем по формуле

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

Число рабочих витков пружины рассчитываем по формуле

$$n = c_1/c = 73,31/25 = 2,93;$$

предварительно назначаем n = 3. Проверяем, что $n \ge n_{min}$, где n_{min} = 3.

Уточненная жесткость

$$c = c_1/n = 73,31 / 3 = 24,45 \text{ Н/мм}.$$

Выбираем крайний виток пружины сжатия, полностью поджатый, зашлифованный на 3/4 дуги окружности.

С учетом нерабочих витков полное число витков определяем по формуле

$$n_1 = n + n_2 = 3 + 2 = 5.$$

Выполняем проверочный расчет пружины. Выбираем материал — проволока стальная углеродистая пружинная класса I, ГОСТ 9389–75.

Для d = 1,8 временное сопротивление разрыву $R_m = 2350$ МПа, допускаемое касательное напряжение

$$[\tau] = 0{,}3R_m = 0{,}3 \cdot 2350 = 705 \text{ МПа}.$$

Расчетное значение максимального касательного напряжения составляет

$$\tau_3 = \frac{8F_3D}{\pi d^3}k = \frac{8 \cdot 100 \cdot 13}{\pi \cdot 1{,}8^3}\left(\frac{4 \cdot (13/1{,}8) - 1}{4 \cdot (13/1{,}8) - 4} + \frac{0{,}615}{13/1{,}8}\right) = 684 \text{ МПа}.$$

Это значение не превышает допускаемого.

Рассчитаем остальные геометрические параметры пружины:

$$s_1 = \frac{F_1}{c} = \frac{50}{24{,}45} = 2{,}0 \text{ мм};$$

$$s_2 = \frac{F_2}{c} = \frac{75}{24{,}45} = 3{,}1 \text{ мм};$$

$$s_3 = \frac{F_3}{c} = \frac{100}{24{,}45} = 4{,}1 \text{ мм};$$

$$l_3 = (n_1 + 1 - n_3)d = (5 + 1 - 2 \cdot 3/4)1{,}8 = 8{,}1 \text{ мм};$$

$$l_0 = l_3 + s_3 = 8{,}1 + 4{,}1 = 12{,}2 \text{ мм};$$

$$l_1 = l_0 - s_1 = 12{,}2 - 2{,}0 = 10{,}2 \text{ мм};$$

$$l_2 = l_0 - s_2 = 12{,}2 - 3{,}1 = 9{,}1 \text{ мм};$$

$$t = s_3' + d = 1{,}364 + 1{,}8 = 3{,}164 \text{ мм}.$$

Пример 2. Пружина сжатия с параметрами F_1 = 3,5 Н; F_2 = 5 Н; h = 3 мм; D_1 = 8…12 мм.

По функциональному признаку пружина относится к классу I разряда 1.

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

$F_3 = F_2/(1 - 0{,}05) \ldots F_2/(1 - 0{,}25) = 5 / (1 - 0{,}05) \ldots 5 / (1 - 0{,}25) =$
$= 5{,}26 \ldots 6{,}67$ Н.

В диапазоне 5,26…6,67 Н (ГОСТ 13766–86) пружины класса I разряда 1 имеют следующие значения сил: 5,3; 5,6; 6,0; 6,3 Н. Из данного ряда максимальным наружным диаметром D_1 обладает виток пружины № 119: F_3= 6,3 Н; d = 0,5 мм; D_1 = 6,0 мм. Данный виток подходит по F_3, но не подходит по D_1. Выбираем виток пружины № 139: F_3 = 8,0 Н; d = 0,6 мм; D_1 = 8,0 мм; c_1 = 3,139 Н/мм; $s_3' = 2{,}551$ мм.

Жесткость пружины вычисляем по формуле

$$c = (F_2 - F_1)/h = (5 - 3{,}5)/3 = 0{,}5 \text{ Н/мм}.$$

Число рабочих витков пружины рассчитываем по формуле

$$n = c_1/c = 3{,}139/0{,}5 = 6{,}28;$$

предварительно назначаем n = 6. Проверяем, что $n \geq n_{\min}$, где $n_{\min} = 3$.

Уточненная жесткость

$$c = c_1/n = 3{,}139 / 7 = 0{,}52 \text{ Н/мм}.$$

Выбираем крайний виток пружины сжатия, полностью поджатый, зашлифованный на 3/4 дуги окружности.

С учетом нерабочих витков полное число витков определяем по формуле

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

Выполняем проверочный расчет пружины. Выбираем материал — проволока стальная углеродистая пружинная класса I, ГОСТ 9389–75. Для d = 0,5 временное сопротивление разрыву $R_m = 2940$ МПа, допускаемое касательное напряжение

$$[\tau] = 0{,}3R_m = 0{,}3 \cdot 2940 = 882 \text{ МПа}.$$

Расчетное значение максимального касательного напряжения составляет

$$\tau_3 = \frac{8F_3D}{\pi d^3}k = \frac{8 \cdot 6{,}67 \cdot 8}{\pi \cdot 0{,}6^3}\left(\frac{4 \cdot (8/0{,}6) - 1}{4 \cdot (8/0{,}6) - 4} + \frac{0{,}615}{8/0{,}6}\right) = 696 \text{ МПа}.$$

Это значение не превышает допускаемого.

Рассчитаем остальные геометрические параметры пружины:

$$s_1 = \frac{F_1}{c} = \frac{3,5}{0,52} = 6,7 \text{ мм};$$

$$s_2 = \frac{F_2}{c} = \frac{5}{0,52} = 9,6 \text{ мм};$$

$$s_3 = \frac{F_3}{c} = \frac{6,67}{0,52} = 12,8 \text{ мм};$$

$$l_3 = (n_1 + 1 - n_3)d = (8 + 1 - 2 \cdot 3/4) = 4,5 \text{ мм};$$

$$l_0 = l_3 + s_3 = 4,5 + 12,8 = 17,3 \text{ мм};$$

$$l_1 = l_0 - s_1 = 17,3 - 6,7 = 10,6 \text{ мм};$$

$$l_2 = l_0 - s_2 = 17,3 - 9,6 = 7,7 \text{ мм};$$

$$t = s_3' + d = 2,551 + 0,6 = 3,151 \text{ мм}.$$

Пример 3. Пружина растяжения с начальным натяжением, параметры пружины $F_1 = 20$ Н; $F_2 = 25$ Н; $h = 2,5$ мм; $D_1 = 6,5 \ldots 8,0$ мм.

По функциональному признаку пружина относится к классу I разряда 1.

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

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

В диапазоне 26,3…27,7 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 виток пружины № 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 вычисляем по формуле

$$c = (F_2 - F_1)/h = (25 - 20)/2,5 = 2,0 \text{ Н/мм}.$$

Число рабочих витков пружины рассчитываем по формуле

$$n = c_1/c = 22,39/2,0 = 11,2;$$

предварительно назначаем $n = 11$. Проверяем, что $n \geq n_{\min}$, где $n_{\min} = 3$.

Уточненная жесткость

$$c = c_1/n = 22,39/11 = 2,035 \text{ Н/мм}.$$

Выбираем крайний виток пружины растяжения крючок на 3/4 дуги окружности.

С учетом нерабочих витков полное число витков определяем по формуле

$$n_1 = n + n_2 = 11 + 2 \cdot 3/4 = 12,5.$$

Выполняем проверочный расчет пружины. Выбираем материал — проволока стальная углеродистая пружинная класса I, ГОСТ 9389–75. Для $d = 0,9$ временное сопротивление разрыву $R_m = 2790$ МПа, допускаемое касательное напряжение

$$[\tau] = 0,3R_m = 0,3 \cdot 2940 = 837 \text{ МПа}.$$

Расчетное значение максимального касательного напряжения составляет

$$\tau_3 = \frac{8F_3D}{\pi d^3}k = \frac{8 \cdot 26,5 \cdot 7,5}{\pi \cdot 0,9^3}\left(\frac{4 \cdot (7,5/0,9) - 1}{4 \cdot (7,5/0,9) - 4} + \frac{0,615}{7,5/0,9}\right) = 816 \text{ МПа}.$$

Это значение не превышает допускаемого.

Рассчитаем остальные геометрические параметры пружины:

$$s_1 = \frac{F_1}{c} = \frac{20}{2,035} = 9,8 \text{ мм};$$

$$s_2 = \frac{F_2}{c} = \frac{25}{2,035} = 12,3 \text{ мм};$$

$$s_3 = \frac{F_3}{c} = \frac{26,5}{2,035} = 13,0 \text{ мм};$$

$$l_0 = (n + 1)d = (3 + 1)0,9 = 3,6 \text{ мм};$$

$$l_0' = l_0 + 2D_2 = 3,6 + 2 \cdot (7,5 - 0,9) = 16,8 \text{ мм};$$

$$l_3 = l_0' + s_3 = 16,8 + 13,0 = 29,8 \text{ мм};$$

$$l_1 = l_0' + s_1 = 16,8 + 9,8 = 26,6 \text{ мм};$$

$$l_2 = l_0' + s_2 = 16,8 + 12,3 = 29,1 \text{ мм};$$

$$t = d = 0,9 \text{ мм}.$$

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. П11.1.

Таблица П11.1

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, мкм	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

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. П11.2 и П11.3.

Таблица П11.2

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 П11.3

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. П11.1. Параметры резьбы приведены в табл. П11.4. Длину свинчивания выбирают по табл. П11.5.

Диаметры, шаги и поля допусков резьб применительно к винтовым передачам приборостроения даны в табл. П11.6, П11.7.

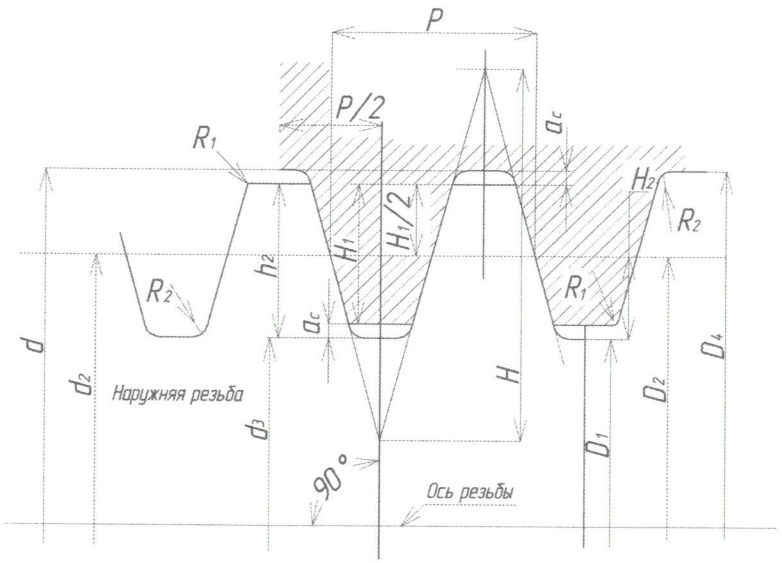


Рис. П11.1. Резьба трапецеидальная для винтовых передач

Таблица П11.4

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 П11.5

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 П11.6

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 П11.7

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 диаметров 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, особоширокие — 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. П12.1). На этом рисунке приняты следующие обозначения:

d — номинальный диаметр отверстия внутреннего кольца;

D — номинальный наружный диаметр наружного кольца;

B — номинальная ширина внутреннего кольца;

C_1 — номинальная ширина упорного борта;

r — номинальная координата монтажной фаски.

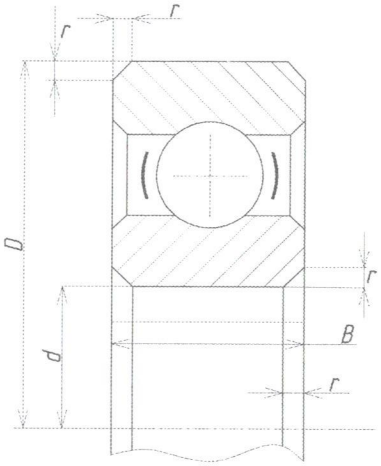


Рис. П12.1. Конструкция подшипника шарикового радиального однорядного

Типы и конструктивные разновидности подшипников качения

Типы и конструктивные разновидности подшипников качения установлены ГОСТ 3595–74 (табл. П12.1–П12.3).

Таблица П12.1

Условное обозначение	Основные размеры, мм					z	*C*, Н	C_0, Н	$n_{пр}$, тыс. об/мин для СМ		Масса, г
	d	*D*	*B*	*r*	D_w				п	ж	
Серия диаметров 8											
1000084	4	9	2,5	0,2	1,300	9	420	190	31,5	40	0,7
1000085	5	11	3	0,3	1,588	9	635	280	40	48	1,2
1000088	8	16	4	0,4	2,000	10	980	500	25	31,5	3,4
Серия диаметров 9											
1000091	1	4	1,6	0,2	0,680	6	200	30	31,5	40	0,1
1000092	2	6	2,3	0,2	1,000	7	220	90	31,5	40	0,4
1000093	3	8	3	0,2	1,588	6	440	200	31,5	40	0,7
1000094	4	11	4	0,3	2,000	7	750	350	31,5	40	2,0
1000095	5	13	4	0,4	2,000	8	850	400	31,5	40	2,5
1000096	6	15	5	0,4	2,381	8	1160	570	31,5	40	4,0
1000097	7	17	5	0,5	3,000	7	1580	790	25	31,5	5,0
1000098	8	19	6	0,5	3,000	8	1750	900	25	31,5	8,0
1000099	9	20	6	0,5	3,500	7	2100	1070	25	31,5	8,0
1000900	10	22	6	0,5	3,969	7	2620	1380	25	31,5	9,0
Серия диаметров 8											
2000154	1,5	4	1,7	0,1	0,680	7	140	39	36	43	0,1
2000083	3	7	2,5	0,3	1,300	7	450	147	36	43	0,4
2000087	7	14	4	0,3	2,000	9	1170	440	36	43	2,6

Окончание табл. П12.1

Условное обозначение	Основные размеры, мм					z	C, Н	C_0, Н	$n_{пр}$, тыс. об/мин для СМ		Масса, г
	d	D	B	r	D_w				п	ж	
Серия диаметров 1											
13	3	9	3	0,3	1,588	6	410	190	36	43	1,0
17	7	19	6	0,5	3,969	6	2240	1180	25	31,5	7,0
18	8	22	7	0,5	3,969	7	2600	1380	25	31,5	12,0
100	10	26	8	0,5	4,763	7	3000	2000	25	31,5	19,0
Серия диаметров 2											
23	3	10	4	0,3	1,588	7	500	220	31,5	40	1,6
24	4	13	5	0,4	2,381	6	920	430	31,5	40	3,0
25	5	16	5	0,5	3,175	6	I500	760	31,5	40	5,0
26	6	19	6	0,5	3,969	6	2210	1180	25	31,5	8,0
27	7	22	7	0,5	3,969	7	2560	1380	25	31,5	13,0
28	8	24	7	0,5	3,969	7	2620	—	25	31,5	19,0
29	9	26	8	1,0	4,763	7	3570	2000	25	31,5	19,0
Серия диаметров 3											
34	4	16	5	0,5	1,588	7	1 450	740	36	43	5,0
35	5	19	6		3,969	6	21 700	11 800	25	31,5	8,0

Примечание. z — число шариков; D_w — диаметр шариков; п — пластическая смазка; ж — жидкостная смазка.

Таблица П12.2

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 П12.3

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 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 уставлены размеры, мм: 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.

Подшипники шариковые радиальные однорядные с упорным буртом или фланцем (ГОСТ 10058–75) представлены в табл. П12.4 и на рис. П12.2, где D_1 — номинальный наружный диаметр упорного борта; C — номинальная ширина наружного кольца.

Технические данные подшипников шариковых однорядных радиально-упорных (ГОСТ 831–75) приведены в табл. П12.5.

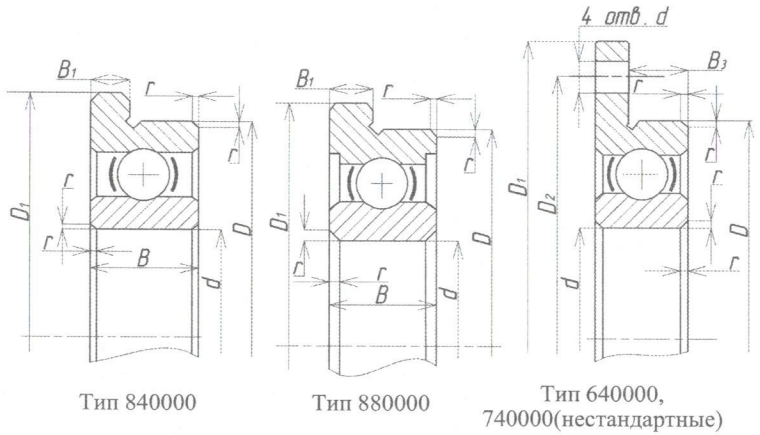


Рис. П12.2. Подшипники шариковые радиальные однорядные с упорным буртом или фланцем (ГОСТ 10058–75)

Таблица П12.4

Размеры шариковых радиальных однорядных подшипников с упорным буртиком или фланцем

Обозначение	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
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
2840083	3	7	2,5	8,1	0,6	—	—	0,3	295	98
3880084Ю	4	9	4	10,3	1	—	—	0,3	—	—
1840094	4	11	4	12,5	1	—	—	0,3	900	343
1840095	5	13	4	15	1	—	—	0,3	1 000	392
840025К	5	16	5	18	1,5	—	—	0,5	1 800	745
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
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	—	—
640095	5	13	5	21	4	17	2,2	0,3	—	—
640025	5	16	6	20	5	18	2,2	0,3	—	—
640065	5	20	6	32	5	26	3,2	0,3	—	—
640096	6	15	6	25	5	20	2,7	0,8	—	—

Конструкция подшипников шариковых однорядных радиально-упорных показана на рис. П12.3.

Таблица П12.5

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
2076083ЮТ	3	7	2,5	0,2	0,2	—	—
6023	3	10	4	0,3	0,3	590	216
6003	3	16	5	0,3	0,3	—	—
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
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
1006095ЮТ	5	13	4	0,4	0,5	895	335
6025	5	16	5	0,5	0,5	2 200	970
6005К	5	16	5	0,5	0,5	—	—
1006096	6	15	5	0,4	0,3	1 400	545
1006096Е	6	15	5	0,4	0,3	1 400	545
6026	6	19	6	0,5	0,5	2 690	1 140
6006	6	21	7	0,5	0,5	—	—
1076097ЮТ	7	17	5	0,4	0,3	—	—
6017К	7	19	6	0,5	0,3	3 000	1 910
6027	7	22	7	0,5	0,5	3 840	1 630
6008	8	24	7	0,5	0,5	—	—
6028	8	24	7	0,5	0,5	4 390	1 900
6100Л	10	26	8	0,5	0,8	4 950	2 180
6010	10	28	8	0,5	0,3	—	—
6101Е1	12	28	8	0,5	0,3	5 450	2 450
6012	12	82	7	0,5	0,3	—	—
6012Х	12	32	7	0,5	0,3	—	—
6301	12	37	12	1,5	1,5	9 680	4 550
6102Е	15	32	9	0,5	0,3	6 440	3 000
6015	15	35	8	0,5	0,3	—	—
6703	17	44	10	1	1	—	—
6104	20	42	12	1	1	9 360	4 500
6020	20	47	12	1,5	1,5	—	—
6204	20	47	14	1,5	1,5	15 600	8 300
36018Е	8	22	7	0,5	0,3	—	—
36100Е	10	26	8	0,5	0,3	5 030	2 180
36101Е4	12	28	8	0,5	0,3	5 450	2 450
36101К	12	28	8	0,5	0,3	5 450	2 450

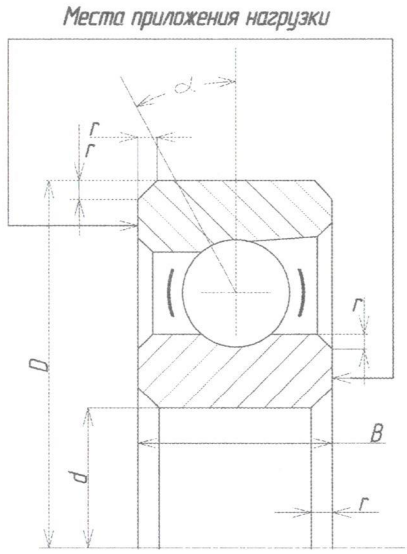


Рис. П12.3. Конструкция подшипников шариковых однорядныхрадиально-упорных, тип 6000, 36000, 46000 (ГОСТ 831–75)

Окончание табл. П12.5

Обозначение	d, мм	D, мм	B, мм	r, мм	r_1, мм	C, Н	C_0, Н
36201Е	12	32	10	1	0,3	7 150	3 340
3690IE	13	30	8	0,5	0,3	—	—
36102Е	15	32	9	0,5	0,3	6 290	2 990
36102К	15	32	9	0,5	0,3	6 290	2 990
36202К	15	35	11	1	0,3	8 150	3 830
36302Е	15	42	13	1,5	0,5	13 600	6 800
36103Е	17	35	10	0,5	0,3	7 280	3 510
36203Е	17	40	12	1	0,3	12 000	6 120
36303Л	17	477	14	1,5	0,5	17 200	8 700
36104Е	20	42	12	1	0,5	10 600	5 320
36204К1	20	47	14	1,5	0,5	15700	8310
36204	20	47	14	1,5	0,5	15700	8310

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. П13.1) приведены в сводной табл. П13.1.

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.

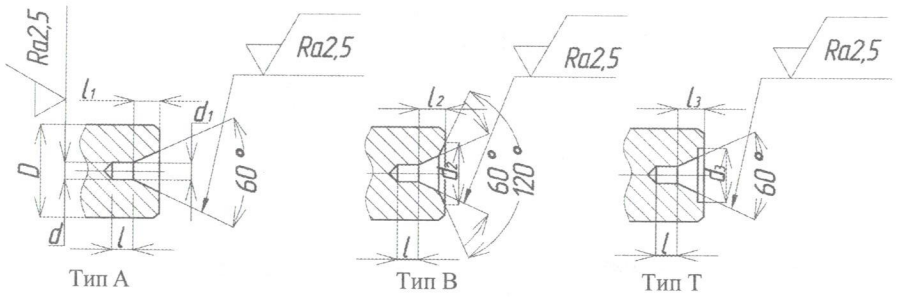


Рис. П13.1. Типы центровых отверстий (ГОСТ 14034–74)

Таблица П13.1

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 торцевых 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.). Стандарт ГОСТ 9178–81 распространяется 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.

Расположение полей допусков видов сопряжений зубчатых колес показано на рис. П14.1. 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.

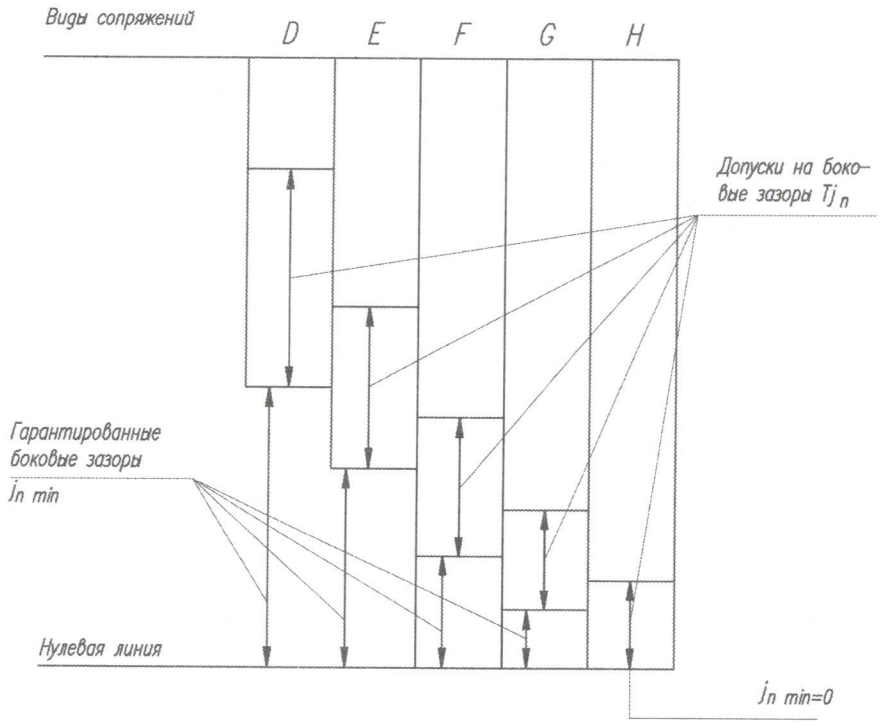


Рис. П14.1. Расположение полей допусков видов сопряжений зубчатых колес

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. П14.1.

Показатели кинематической точности устанавливают по табл. П14.2.

Рекомендации по выбору полей допусков и отклонений межцентровых расстояний зубчатых передач приведены в табл. П14.3.

Выбор коэффициентов $C_1 - C_5$ для определения дополнительного смещения исходного контура E_{Hs} осуществляют согласно табл. П14.4. 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 П14.1

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 отклонениймежосевого 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 П14.2

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

Вид сопряжения	Класс отклонения межцентрового расстояния*	Обозначение	Межосевое расстояние a_w, мм									
			До 12	Свыше 12 до 20	Свыше 20 до 32	Свыше 32 до 50	Свыше 50 до 80	Свыше 80 до 125	Свыше 125 до 180	Свыше 180 до 250	Свыше 250 до 315	Свыше 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	$\pm f_a$	±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 П14.3

Зависимости отклонений и допусков межцентрового расстояния от норм боковых зазоров

Параметр	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*3	*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.

Таблица П14.4

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

МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ С ОСОБЫМИ СВОЙСТВАМИИ. 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. П15.1).

Таблица П15.1

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

Марка	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 ненесущих 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. П15.2.

Таблица П15.2

Полуфабрикаты из деформируемых магниевых сплавов (ГОСТ 14957–76)

Марка	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. П15.3.

Металлокерамические и порошковые материалы

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

Таблица П15.3

Термически упроченные титановые сплавы

Марка	Диаметр прутка, мм	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. П15.4.

Пример обозначения:

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

Таблица П15.4

Сплавы твердые спеченные (ГОСТ 3882–74) — материалы на основе карбидов вольфрама, титана и тантала

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 на кобальтовой связке (3...25%): 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

Для изготовления деталей, к которым предъявляют требования по уменьшению потерь на трение, применяют антифрикционные порошковые материалы (табл. П15.5).

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. П15.6).

Таблица П15.5

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 °С	Для деталей, работающих в узлах трения при скоростях скольжения до 2...3 м/с
Примечание. Ж — железо; Гр — графит; К — кобальт; Д — медь;, Zr — цирконий; MoS_2 — сульфид молибдена; числа означают среднее содержание компонента, %.		

Таблица П15.6

Порошковые материалы на основе алюминиевых сплавов

Марка	Содержание Al_2O_3	Механические свойства, МПа									Виды полуфабрикатов
		При температуре 20 °С		δ_R, %	При температуре 350 °С		δ_R, %	При температуре 500 °С		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

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В качестве вспомогательных материалов для уменьшения износа пар трения применяют смазки (табл. П16.1).

Для изготовления прокладок, компенсирующих изменения геометрических параметров соединений, применяют прокладочный картон, для дополнительного крепления электрорадиоэлементов, обмоток трансформаторов, портов ввода-вывода используют капроновую нить (табл. П16.2).

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 П16.1

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 П16.2

Марки, свойства и применение прокладочных материалов

Марка	Свойства	Область применения
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 А; 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, без нее — А, высшего, 1-го и 2-го сортов.

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 делят на высыхающие, в состав которых вводят перед нанесением на деталь вулканизатор или катализатор, и невысыхающие, т. е. нетвердеющие сравнительно долгое время (табл. П17.1).

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. П17.2).

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 П17.1

Марки и характеристики наиболее употребляемых в приборостроении герметиков

Марка	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 П17.2

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

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

Приведенные в табл. П17.3–П17.9 покрытия являются защитными.

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

Таблица П17.3

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. – Ц1	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.

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 П17.4

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 никеля 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 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 П17.5

Оловянное покрытие (катодное по отношению к стали в атмосферных условиях, анодное во многих органиче

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 П17.6

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 П17.7

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 П17.8

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. П17.8

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 П17.9

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. 17.10).

Таблица П17.10

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. П17.11). 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. П17.12).

Таблица П17.11

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 трех. 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. П17.13).

Таблица П17.12

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 П17.13

Марки и характеристики лакокрасочных покрытий

Марка	Свойства	Область применения	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

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
Основные термины и определения 3
Техническое задание на курсовой проект 4
Перечень конструкторской документации, необходимой для выполнения учебного курсового проекта 4
Виды конструкторских документов 5
Содержание конструкторской документации курсового проекта и требования к ней 6
Эскизно-компоновочный чертеж общего вида приборного устройства 6
Примерный порядок расчета и проектирования привода 8
Оформление основных надписей в соответствии с требованиями ЕСКД 8
Кинематическая схема разрабатываемой конструкции приборного устройства 8
Чертеж общего вида технического проекта 9
Структурная схема сборки 10
Общий сборочный чертеж 10
Габаритный чертеж 11
Спецификация 11
Простановка номеров позиций на сборочном чертеже 12
Чертежи сборочных единиц 12
Чертежи деталей 12
Расчетно-пояснительная записка курсового проекта 13
Литература 13
Приложение 1. Примеры рабочих чертежей курсового проекта 15
Приложение 2. Выбор допусков и посадок. Предельные отклонения размеров 57
Приложение 3. Особенности назначения допусков и посадок подшипников качения и скольжения 63
Приложение 4. Обозначения шероховатости поверхности, отклонение формы и расположения поверхностей на чертежах 66
Приложение 5. Основные параметры элементов зубчатых и червячных передач 74

Приложение 6. Шпоночные, штифтовые соединения 77
Приложение 7. Механические характеристики и рекомендации по применению некоторых конструкционных материалов 80
Приложение 8. Общие требования к выполнению конструкций приборов 89
Приложение 9. Рекомендации по применению крепежных деталей резьбовых соединений в приборных устройствах 92
Приложение 10. Основные параметры стержневых упругих элементов и рекомендации по их применению 99
Приложение 11. Основные параметры и характеристики элементов передачи «винт–гайка» с трением скольжения.....112
Приложение 12. Геометрические параметры различных конструкций подшипников качения 115
Приложение 13. Центровые отверстия 121
Приложение 14. Рекомендации по назначению предельных отклонений межосевого расстояния 122
Приложение 15. Механические характеристики материалов с особыми свойствами. Рекомендации по их применению 125
Приложение 16. Вспомогательные материалы 128
Приложение 17. Герметики и покрытия 130

BAUMANPRESS
ИЗДАТЕЛЬСТВО
МГТУ им. Н.Э. БАУМАНА

ЭЛЕКТРОННО-БИБЛИОТЕЧНАЯ СИСТЕМА ИЗДАТЕЛЬСТВА МГТУ им. Н.Э. БАУМАНА

Сайт Издательства МГТУ им. Н.Э. Баумана **(https://bmstu.press)** обеспечивает оперативный доступ студентов к учебной литературе в электронной форме. На сайте в настоящее время размещаются все издания, выпускаемые в Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Студентам:

- полнотекстовый поиск требуемых материалов как по каталогу, так и внутри самого документа
- рубрикаторы по областям знаний, ключевым словам, фамилиям авторов
- доступ к размещенным в каталоге изданиям путем просмотра на стационарном, мобильном или планшетном компьютере и смартфоне

Авторам:

- возможность оперативно вносить изменения и дополнения в текст учебных изданий
- использование в учебном процессе материалов сайта вне зависимости от выхода их печатной версии
- подготовка к публикации и печати монографий для повышения индекса научного цитирования автора и рейтинга Университета

bmstu.press

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»**

Факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
Кафедра «Элементы приборных устройств»

Представлены материалы, необходимые для оформления конструкторской документации на типовые конструкции приборных устройств в объеме задания курсового проекта.

«Политехнический молодежный журнал» МГТУ им. Н.Э. Баумана приглашает студентов, магистрантов, аспирантов и молодых преподавателей (специалистов)опубликовать свои статьи.

- **Все публикации бесплатные**
- **Статьи индексируются в РИНЦ**
- **Каждой статье присваивается DOI**

Полная информация о журнале, а также выпуски текущих номеров представлены на сайте **www.ptsj.ru**

МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Главный учебный корпус,
ауд. 298

+7 (499) 265-37-97
vk.com/ptsjournal
ptsj@bmstu.ru

ISBN 978-5-7038-5920-9



ptsj.ru



bmstu.ru



bmstu.press

