

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

**Кафедра «Графика»**

**В. А. ЛОДНЯ, О. В. НИКИТИН**

# **СОЕДИНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ**

**Учебно-методическое пособие**

**Гомель 2018**

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Графика»

В. А. ЛОДНЯ, О. В. НИКИТИН

# СОЕДИНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ

*Одобрено научно-методическим советом механического факультета  
в качестве учебно-методического пособия*

Гомель 2018

УДК 624.078.4 (075.8)  
ББК 34.441  
Л70

Р е ц е н з е н т – заведующий кафедрой «Техническая физика и теоретическая механика»  
д-р техн. наук, профессор *А. О. Шимановский* (БелГУТ)

**Лодня, В. А.**

Л70 Соединение деталей : учеб.-метод. пособие / В. А. Лодня, О. В. Никитин ;  
М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. –  
Гомель : БелГУТ, 2018. – 74 с.  
ISBN 978-985-554-701-4

В краткой форме изложены необходимые сведения для выполнения расчетно-графической работы по машиностроительному черчению. Рассмотрены разделы по соединению деталей, приведены варианты заданий расчетно-графической работы по данному курсу, объем и последовательность выполнения работы. Даны примеры оформления основных заданий.

Предназначено для студентов механических специальностей.

**УДК 624.078.4 (075.8)**  
**ББК 34.441**

**ISBN 978-985-554-701-4**

© Лодня В. А., Никитин О. В., 2018  
© Оформление. БелГУТ, 2018

## **ВВЕДЕНИЕ**

Инженерная графика составляет основу подготовки инженеров по инженерно-техническим специальностям. Знания, умения и навыки, приобретенные в курсе инженерной графики, необходимы для изучения общеинженерных дисциплин, а также в последующей инженерной деятельности. Овладение чертежом как средством выражения технической мысли и как производственным документом происходит на протяжении всего процесса обучения в вузе.

Основная задача курса инженерной графики – выработка знаний и навыков, необходимых студентам для выполнения и чтения технических чертежей, выполнения эскизов и рабочих чертежей деталей, сборочных чертежей различных изделий машиностроения, составления конструкторской и технической документации, научить студентов пользоваться стандартами и справочными материалами.

Данное пособие разработано в соответствии с программой по курсу инженерной графики и знакомит студентов с видами соединений составных частей изделия, их изображением и обозначением.

## **1 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ**

Цель работы – научить студентов пользоваться стандартами и справочными материалами, выполнять необходимые расчеты и уметь правильно оформлять конструкторскую документацию с соблюдением требований стандартов.

Все чертежи и текстовые документы выполняют на листах чертежной бумаги карандашом. Поле графических документов чертежей текстовых документов ограничивается рамкой, внутри которой помещают основную надпись. Форма и размеры основных надписей, используемых при оформлении работы, должны быть выполнены по ГОСТ 2.104–68. Необходимо обратить внимание, что форма и размеры основной надписи для чертежей и текстовых документов различны.

Толщина линий на чертежах принимается согласно ГОСТ 2.303–68. Надписи и текст должны быть выполнены чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304–81. На всех чертежах должны быть проставлены необходимые размеры изображаемых соединений деталей.

Все чертежи работы складывают в соответствии с требованиями ГОСТ 2.501–88 до формата А4, сшивают и оформляют с титульным листом.

Данная работа в соответствии с рабочей программой включает в себя:

- 1 Чертеж соединения болтом, шпилькой, винтом – 1 лист формата А4.
  - 2 Расчет соединения болтом, шпилькой, винтом (текстовый документ) – 1-2 листа формата А4.
  - 3 Чертеж зубчатого колеса – 1 лист формата А4.
  - 4 Расчет зубчатой передачи (текстовый документ) – 1 лист формата А4.
  - 5 Чертеж сборочной единицы – 1 лист формата А3.
  - 6 Чертеж соединения труб фитингом – 1 лист формата А4.
  - 7 Чертеж заклепочного соединения – 1 лист формата А4.
  - 8 Расчет заклепочного соединения (текстовый документ) – 1 лист формата А4.
  - 9 Чертеж сварного соединения – 1 лист формата А3.
- Образец выполнения работы приведен в приложении А.

## 2 ВИДЫ СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Соединения деталей могут быть разъемными и неразъемными. Разъемными соединениями называются такие, которые можно разобрать без повреждений на отдельные детали и вновь собрать их. К ним относятся соединения, которые осуществляются с помощью резьбовых крепежных деталей (болтов, шпилек, винтов), деталей без резьбы (штифтов, шплинтов, шпонок), а также резьбовые соединения труб с помощью фитингов и т. п. Разъемные соединения могут быть подвижными, когда возможны взаимные перемещения деталей (винты домкратов, прессов, станков, шпоночные и т. п.), и неподвижными (соединения с помощью болтов, фитингов и т. п.).

Неразъемными соединениями деталей называют такие, в которых детали нельзя разъединить без повреждения одной из них или связующего элемента. К ним относятся сварные и заклепочные соединения, которые широко применяют в строительных конструкциях, а также соединения, получаемые пайкой, склеиванием, запрессовыванием.

## 3 РАЗЪЕМНЫЕ РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

### 3.1 Резьба. Классификация резьбы

В машиностроении широко распространены разъемные соединения, в которых крепление отдельных частей осуществляется с помощью стандартизированных крепежных деталей на резьбе. *Резьбой* называется винтовая нарезка на стержне или в отверстии детали, которая представляет собой поверхность, образованную винтовым движением плоского контура по цилиндрической (или конической) поверхности. Резьба, образованная на цилиндрической поверхности, называется *цилиндрической*, на конической поверхности – *конической*.

При резьбовом соединении двух деталей одна из них имеет *наружную* резьбу (рисунок 1), выполненную на наружной поверхности, а другая – *внутреннюю*, выполненную в отверстии (рисунок 2).

Под *размером* резьбы понимается значение ее наружного диаметра, который называют номинальным диаметром резьбы.

Резьба характеризуется шагом. *Шагом* резьбы  $P$  называется расстояние между двумя соседними точками винтовой линии (соседними витками резьбы), измеренное параллельно оси резьбы.

Если одновременно перемещать два, три и т.д. плоских контура, равномерно расположенных на поверхности цилиндра, то получается винт с двух-, трехзаходной резьбой и т.д. Для всех многозаходных винтов шаг их винтовых линий будет называться *ходом* ( $P_h$ ). Ход винта  $P_h$ , имеющего  $n$  заходов, будет равен шагу  $P$ , умноженному на число заходов  $n$ , то есть  $P_h = Pn$ . Для однозаходной резьбы, образованной движением одного плоского контура, ход равен шагу. То есть, *ход* – это расстояние, на которое переместится деталь с резьбой (винт при неподвижной гайке или гайка при неподвижном винте) за один оборот.

Резьба может быть *левой* и *правой*. Согласно ГОСТ 11708–82, *правой* называют резьбу, у которой выступ удаляется вдоль оси от наблюдателя, вращаясь по часовой стрелке, *левой* – вращаясь против часовой стрелки. То есть, если ось наружной резьбы расположить вертикально перед наблюдателем, то у правой резьбы видимая часть витков поднимается слева направо, у левой резьбы – справа налево.

Основным элементом резьбы является ее профиль, установленный соответствующим стандартом. *Профилем* резьбы называется контур сечения резьбы плоскостью, проходящей через ось детали. В зависимости от профиля резьбы бывают *треугольные*, *прямоугольные*, *трапецидальные*, *упорные* (профиль в виде неравнобокой трапеции) и *круглые*.

Для соединения деталей применяют резьбы с треугольным профилем, которые называются *крепежными*. Наиболее часто применяют следующие крепежные резьбы: *метрическую*, *трубную цилиндрическую*, *трубную коническую*. Крепежные резьбы предназначены, как правило, для неподвижного разъемного соединения составных частей изделия. Они чаще всего нарезаются на стандартных крепежных изделиях: гайках, винтах, болтах, шпильках, пробках и т. д.

Для подвижного соединения деталей применяются резьбы прямоугольные, трапецидальные и упорные. Они называются *ходовыми* и могут быть одно-, двух-, трех- и более заходными. Эти резьбы используются для винтов домкратов, ходовых винтов металлорежущих станков и других механизмов.

Круглая резьба применяется для санитарно-технической и электротехнической арматуры.

В зависимости от условий и характера производства выполнение резьбы может осуществляться различными способами и инструментами. Для изготовления большинства стандартных резьб наиболее широко применяется нарезание резьбы плашками и метчиками.

Плашки (рисунок 1, а) применяются для нарезания наружной резьбы (рисунок 1, в) на заранее подготовленной заготовке детали (рисунок 1, б), диаметр которой определяется диаметром и шагом нарезаемой резьбы.

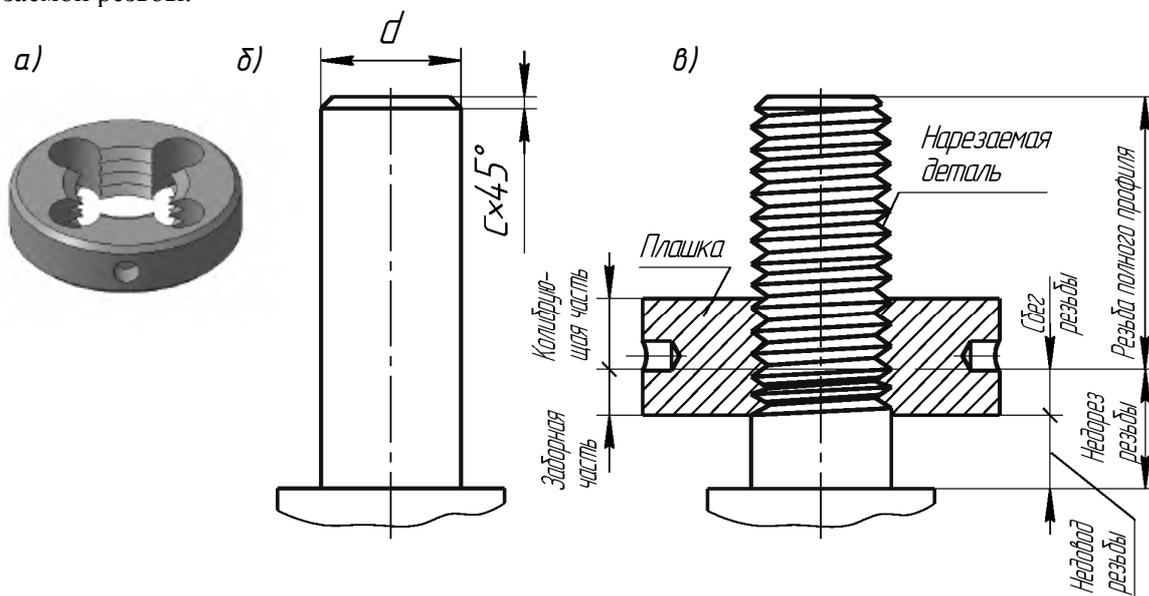


Рисунок 1 – Нарезание наружной цилиндрической резьбы:  
а – плашка; б – заготовка детали; в – нарезание резьбы плашкой

Метчик (рисунок 2, а) применяется для нарезания внутренней резьбы в заранее просверленном отверстии (рисунок 2, б, в), диаметр которого также выбирается в зависимости от шага и диаметра нарезаемой резьбы.

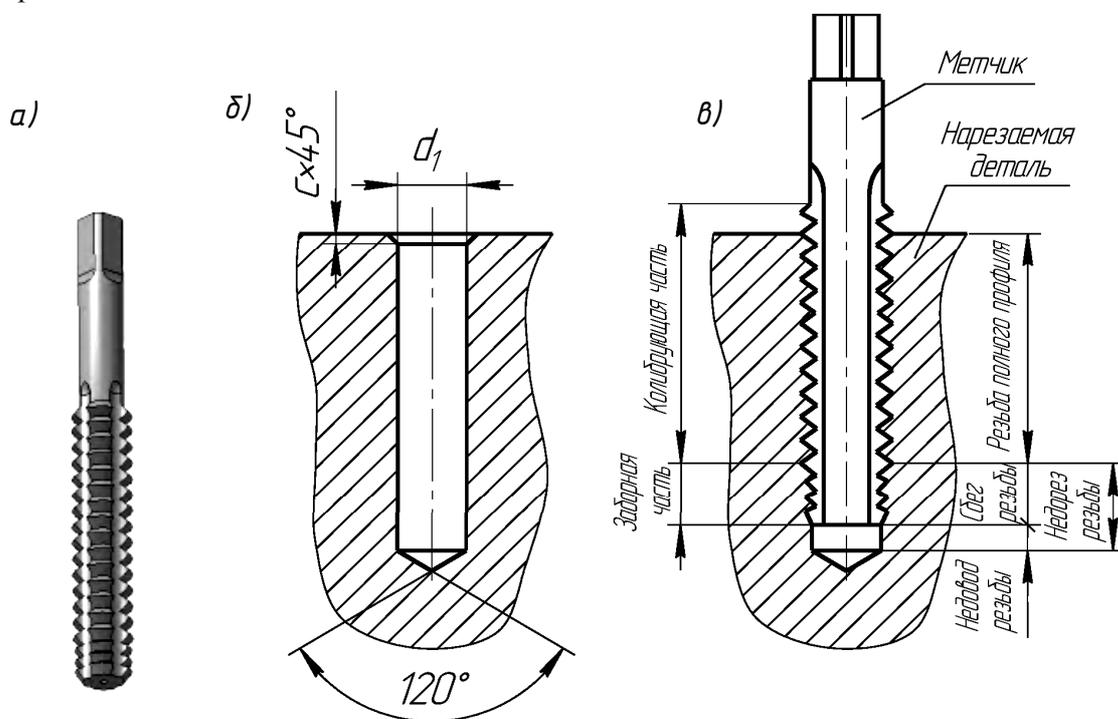


Рисунок 2 – Нарезание внутренней цилиндрической резьбы:  
а – метчик; б – отверстие под резьбу; в – нарезание резьбы метчиком

При нарезании резьбы образуется участок неполного профиля в зоне перехода резьбы к гладкой части детали, называемый сбегом резьбы. При этом длиной резьбы называют длину участка детали, на котором образована резьба, включая сбеги резьбы и фаску (рисунок 3, а). Если резьбу выполняют до некоторой поверхности, не позволяющей перемещать резьбонарезающий инструмент до упора к ней, то образуется недорез резьбы. Сбег и недорез определяют недорез резьбы (рисунок 3, б, в).

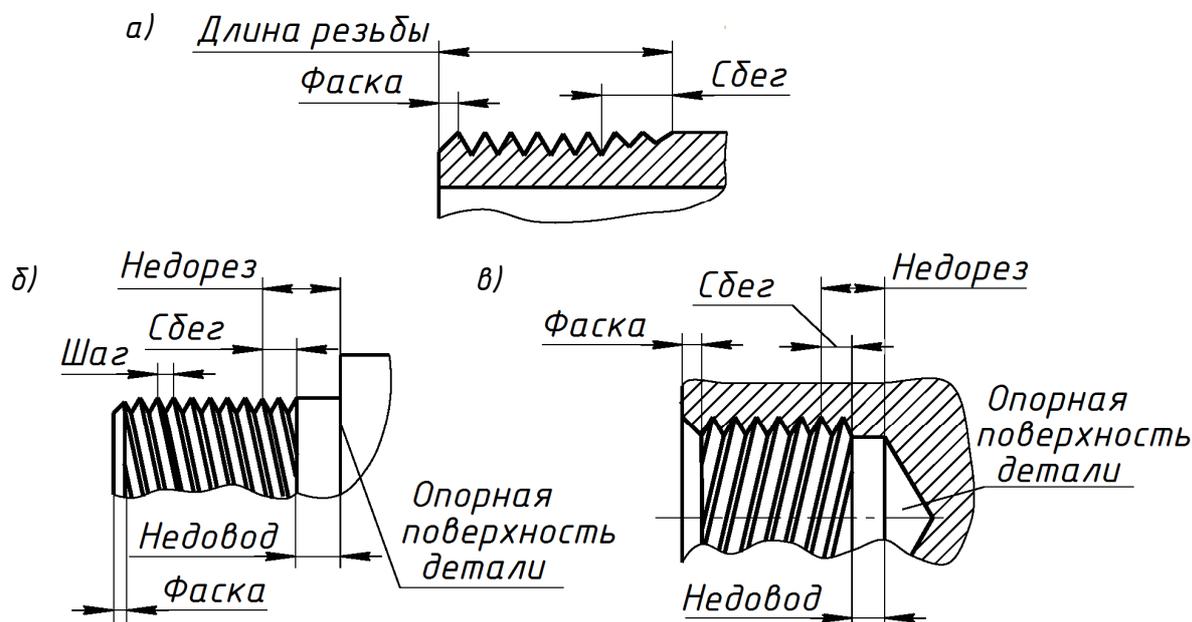


Рисунок 3 – Геометрические элементы резьбы:  
а – длина резьбы; б – сбеги резьбы; в – недорез резьбы

### 3.2 Изображение резьбы и резьбового соединения

Все стандартные резьбы, независимо от их действительного вида, изображают на чертежах условно, по правилам, установленным ГОСТ 2. 311–68.

*Наружная* резьба, образованная на наружной цилиндрической или конической поверхности, изображается сплошными основными толстыми линиями по наружному диаметру и сплошными тонкими линиями – по внутреннему (рисунок 4). Сплошные тонкие линии проводятся на всю длину резьбы, включая фаску.

На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси стержня, тонкую линию проводят на  $3/4$  окружности, причем эта линия может быть разомкнута в любом месте и не должна начинаться и заканчиваться на осевых линиях; фаска, не имеющая специального конструктивного назначения, на этом виде не изображается.

Расстояние между тонкой линией и сплошной основной принимают в пределах не менее 0,8 мм и не больше шага резьбы  $P$ . Границу резьбы наносят в конце полного профиля резьбы (до начала сбega) сплошной основной толстой линией.

*Внутренняя* резьба, образованная на внутренней цилиндрической или конической поверхности, изображается в разрезах сплошной основной линией по внутреннему диаметру и тонкой сплошной линией по номинальному диаметру (рисунок 5). При изображении на плоскости, перпендикулярной оси резьбы, сплошную тонкую линию проводят в виде дуги, равной  $3/4$  окружности, разомкнутой в любом месте; фаску при этом не показывают. Линии штриховки в разрезах и сечениях проводят до сплошной основной линии.

Границу (конец) участка резьбы полного профиля изображают сплошной основной толстой линией, при этом величина недореза  $a$  (рисунок 6) примерно равна  $3P$  ( $P$  – шаг резьбы). При необходимости на чертеже может указываться и величина сбega  $x$ .

На разрезах *резьбового соединения* (рисунок 7) в отверстии показывают только часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня ("преимущество" наружной резьбы).

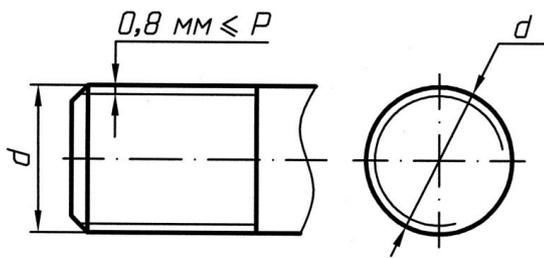


Рисунок 4 – Наружная резьба (на стержне)

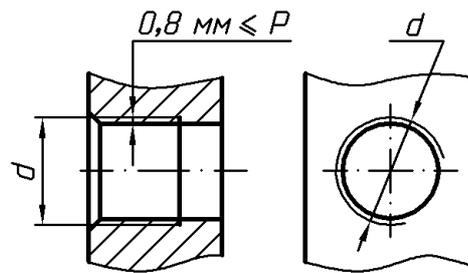


Рисунок 5 – Внутренняя резьба (в отверстии)

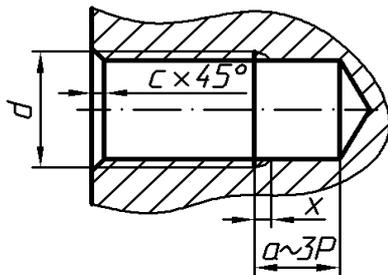


Рисунок 6 – Внутренняя резьба в глухом отверстии:  
( $a - x$ ) – недовод;  $a$  – недорез;  $x$  – сбеги

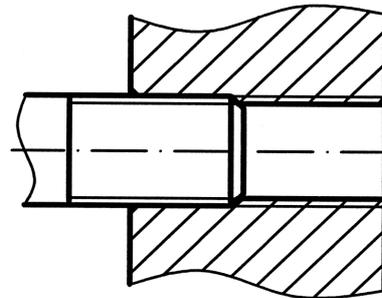


Рисунок 7 – Резьбовое соединение

### 3.3 Условное обозначение резьбы

По условному изображению невозможно определить тип резьбы, поэтому предусматривается ее условное обозначение, включающее: тип резьбы, наружный диаметр, ход резьбы (для однозаходной резьбы не указывается), шаг резьбы (крупный шаг резьбы не указывается), направление резьбы (правая резьба не обозначается, а для левой резьбы в конце обозначения добавляются буквы *LH*).

Рассмотрим условное обозначение резьб, наиболее широко применяемых в технике.

Наибольшее распространение имеет крепежная *метрическая* резьба (в обозначении – буква *M*). Стандарты регламентируют все параметры резьбы. Так, ГОСТ 8724–81 устанавливает номинальные диаметры резьбы и шаги для каждого номинального диаметра. Наибольший шаг для каждого номинального диаметра является единственным, и он называется крупным; и в обозначении резьбы его не указывают, например, *M8* (диаметр резьбы  $d = 8$  мм). Мелких шагов для данного диаметра может быть несколько, и поэтому в обозначении резьбы мелкий шаг указывают обязательно, например,  $M8 \times 0,75$ ,  $M8 \times 0,5$ . Мелкие шаги применяют преимущественно на тонкостенных деталях, а также при малой длине резьбы. ГОСТ 16093–81 регламентирует степень точности, с которой должна быть изготовлена резьба. Согласно ГОСТ 16093–81, поля допусков *6g* (для наружной резьбы) и *6H* (для внутренней резьбы в отверстии) являются предпочтительными.

Вершины выступов и впадин срезаны по прямой или дуге окружности, что облегчает изготовление резьбы, предохраняет резьбу от повреждений при эксплуатации.

*Трубная цилиндрическая* резьба по ГОСТ 6357–81 применяется на водогазопроводных трубах, частях для их соединения (муфтах, угольниках и т.д.). Профиль для наружной и внутренней резьбы имеет скругления вершин и впадин, что делает резьбу более герметичной, чем метрическая резьба.

Трубная цилиндрическая резьба обозначается буквой *G* на полке-выноске, размер резьбы указывается в дюймах (без знака «"»), и это значение приблизительно равно условному проходу трубы (номинальному внутреннему диаметру), переведенному в дюймы. Так, *G1* обозначает размер трубной резьбы, нарезанной на наружной поверхности трубы, имеющей условный проход в 25 мм (примерно один дюйм), а фактический наружный диаметр резьбы при этом равен 33,249 мм, то есть больше на две толщины стенки трубы. В условное обозначение этой резьбы также входит класс точности среднего диаметра резьбы *A* или *B* (менее точный) и длина свинчивания, если она превосходит нормальную, установленную стандартом.

Трубная коническая резьба по ГОСТ 6211–81 применяется в соединениях труб при высоких давлениях и температуре, когда требуется повышенная герметичность соединения.

Так как у трубной конической резьбы диаметр непрерывно изменяется, то ее размер относят к сечению в основной плоскости (примерно посередине длины наружной резьбы), положение которой определяется по стандарту и указывается на рабочем чертеже. Наружная резьба обозначается буквой  $R$ , внутренняя –  $R_c$ , и размеры резьбы также даются в дюймах. Так как в сечении основной плоскостью диаметр конической резьбы равен диаметру трубной цилиндрической, это позволяет соединять внутреннюю трубную цилиндрическую резьбу с наружной трубной конической резьбой.

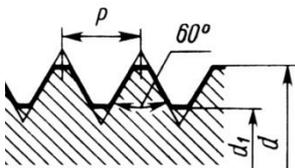
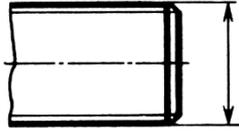
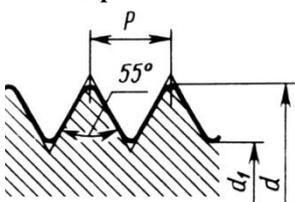
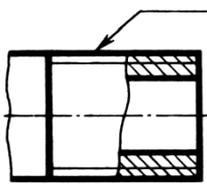
Резьба *круглая* (для диаметров 8–200 мм по СТСЭВ 3293–81) обозначается  $R_d$ , а резьба круглая для санитарно-технической арматуры, изготавливаемая по ГОСТ 13536–68, только с резьбой  $d = 12$  мм, обозначается  $Kp\ 12 \times 2,54$  ГОСТ 13536–68, где 2,54 мм – шаг резьбы.

Из *ходовых* резьб наиболее распространены: резьба *трапецеидальная*, применяемая на винтах, передающих возвратно-поступательное движение и которая обозначается буквой  $T_r$  и резьба *упорная*, применяемая на винтах, подверженных односторонне направленным усилиям (например, в домкратах) и которая обозначается буквой  $S$ .

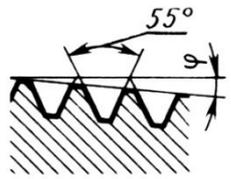
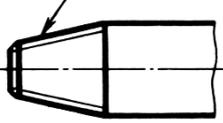
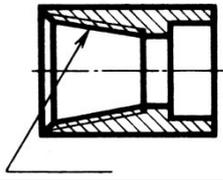
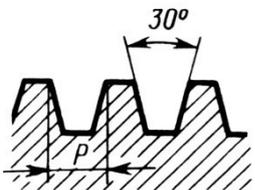
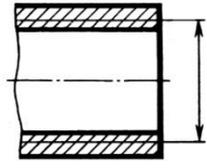
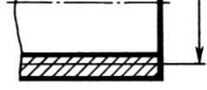
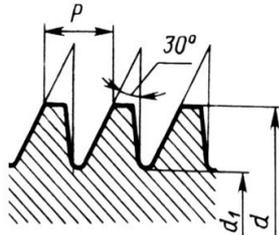
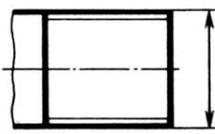
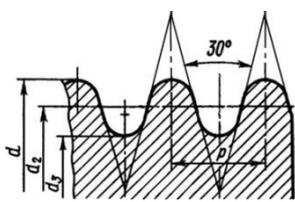
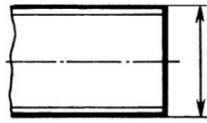
В таблице 1 приведены основные стандартные типы резьбы, их условное изображение на чертежах и обозначение.

Если резьба имеет стандартный профиль, но отличается от соответствующей стандартной резьбы диаметром или шагом, такая резьба называется *специальной*. В этом случае к обозначению резьбы добавляют надпись  $C_n$ , а в обозначении указывают размер номинального диаметра и шаг, например,  $C_n\ M\ 19 \times 1,5$  (в стандарте есть ближайшие диаметры 18 и 20).

Таблица 1 – Стандартные типы резьбы

Тип и профиль резьбы	Стандарт	Условное изображение	Обозначение резьбы	Примечание
<b>1 Метрическая цилиндрическая</b> 	Профиль – ГОСТ 5950–81.  Основные размеры – ГОСТ 24705–81.  Диаметры и шаги – ГОСТ 8724–81		$M18 - 6g$	Наружная, номинальный диаметр – 18 мм, шаг крупный, поле допуска резьбы 6g (6 – степень точности, g – основное отклонение)
			$M18 \times 0,5 - 6g$ $P = 0,5$ мм	То же, шаг мелкий
			$M24 \times 3 (P1) - 6g$	То же, но трехзаходная, шаг $P = 1$ мм, ход $P_h = 3$ мм
			$M18 LH - 6g$	То же, но левая
<b>2 Трубная цилиндрическая</b> 	ГОСТ 6367–81		$G\ 1\frac{1}{2} - A$	Резьба трубная цилиндрическая, $1\frac{1}{2}$ – условный проход в дюймах, класс точности $A$ (всего их два: $A$ и $B$ )
			$G\ 1\frac{1}{2} LH - B - 40$	То же, но левая, класс точности $B$ , длина свинчивания – 40 мм

Окончание таблицы 1

Тип и профиль резьбы	Стандарт	Условное изображение	Обозначение резьбы	Примечание
<b>3 Трубная коническая</b> 	ГОСТ 6211–81		$R 1^{1/2}$	Резьба наружная коническая трубная, $1^{1/2}$ – условный проход в дюймах
			$R_c 1^{1/2}$	Резьба внутренняя трубная коническая (остальное – см. выше)
<b>4 Трапецеидальная</b> 	Диаметры и шаги – ГОСТ 24737–81. Профиль – ГОСТ 9484–81. Допуски – ГОСТ 9562–81, ГОСТ 24739–81		$Tr40 \times 6 - 8e$	Резьба трапецеидальная, наружная, диаметр – 40 мм, шаг $P = 6$ мм, поле допуска $8e$ ( $8$ – степень точности, $e$ – основное отклонение)
			$Tr40 \times 6 - 6H$	То же, внутренняя
			$Tr20 \times 4 (P2)$	То же, двухзаходная, шаг $P = 2$ мм, ход $P_h = 4$ мм
<b>5 Упорная</b> 	ГОСТ 10177–82		$S80 \times 10 - 7h$	Резьба упорная, номинальный диаметр – 80 мм, шаг – 10 мм, поле допуска $7h$
			$S80 \times 10 LH - 7h$	То же, но левая
			$S80 \times 20 (P10) LH - 7h$	То же, но двухзаходная, шаг – 10 мм, ход $P_h = 20$ мм
<b>6 Круглая</b> 	ГОСТ 13536–68		$Kp 12 \times 2,54$	Резьба круглая для санитарно-технической арматуры (вентилей), номинальный диаметр – 12 мм, шаг – 2,54 мм
	ГОСТ 3293–81		$R_d 12$	Резьба круглая, шаг – 2,54 мм для всех резьб (не указывается), степень точности одна (не указывается)

Если резьба имеет нестандартизированный профиль (например, прямоугольный), то его изображают на чертеже с нанесением всех размеров, необходимых для изготовления резьбы (рисунок 8).

Прямоугольная резьба применяется в соединениях, где не должно быть самоотвинчивания под действием приложенной нагрузки.



Размеры фасок и правила их указания на чертежах стандартизованы. В таблице 3 приведены размеры фасок в соответствии с ГОСТ 10549–80 для деталей с наружной и внутренней метрической резьбой.

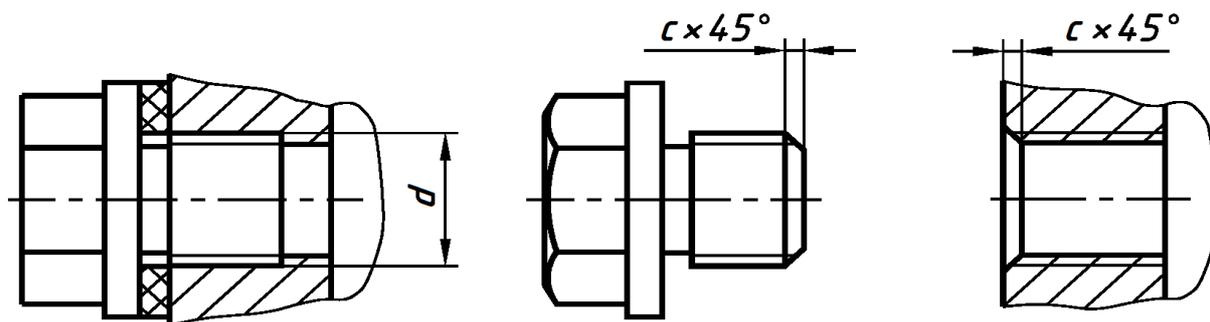


Рисунок 10 – Фаски для метрических резьб

Таблица 3 – Размеры фасок для метрической резьбы

		В миллиметрах															
Шаг резьбы, $P$		0,5	0,7	0,8	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Фаска $c \times 45^\circ$		0,5	0,5	1,0	1,0	1,6	1,6	1,6	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	4,0	4,0	4,0

### 3.4 Стандартные крепежные детали с резьбой

Стандартные детали, применяющиеся в разъемных резьбовых соединениях, весьма разнообразны по форме, назначению, точности изготовления, материалам и другим особенностям. Их подразделяют на детали общего назначения и специальные, предназначенные для применения в определенных видах изделий или в особых условиях. Все крепежные детали стандартизованы.

Стандартными основными крепежными деталями резьбовых соединений являются болт, гайка, шпилька, винт и шайба. Для этих деталей установлены технические требования, включающие классы и группы прочности, допуски размеров, формы и расположения поверхностей, виды покрытий, маркировку, методы контроля, условные обозначения.

Надо подчеркнуть, что по размерам, взятым из соответствующих стандартов, изображения крепежных деталей строят только на рабочих чертежах, по которым их будут изготавливать, или на сборочных чертежах только в ответственных случаях.

На учебных чертежах изображение болтового или шпильчного соединения обычно строят по относительным размерам, являющимся функциями диаметра резьбы, и округляют при расчетах до целых чисел. Эти относительные размеры используют только для построения изображения и поэтому на чертежах их указывать нельзя.

Если диаметр резьбы на чертеже в проекции меньше 2 мм, то соединение крепежными деталями, как правило, показывают условными знаками, установленными ГОСТ 2.315–68, а в спецификациях, прилагаемых к сборочным чертежам, приводят условные обозначения, позволяющие судить о действительных формах и размерах крепежных деталей.

На деталях с левой резьбой на торцевой поверхности головки болта, гайки и на торце гаечного конца шпильки наносят знак левой резьбы в виде стрелки, показывающей направление ввинчивания болта, шпильки и навинчивания гайки.

#### 3.4.1 Соединение болтом

*Болтом* называется цилиндрический стержень с головкой на одном конце и с резьбой – на другом, на которую наворачивается гайка. В соединение болтом входят: болт, шайба, гайка и соединяемые детали.

Основным преимуществом болтового соединения является то, что оно не требует нарезания резьбы в соединяемых деталях. Это особенно важно в тех случаях, когда материал деталей не может обеспечить достаточную прочность и долговечность резьбы. К недостаткам болтового соединения можно

относит следующее: соединяемые детали должны иметь место для расположения гайки или головки. При ввинчивании или отвинчивании гайки необходимо удерживать головку болта от проворачивания, поэтому, по сравнению с винтовым или шпилечным соединением, соединение болтом несколько увеличивает габариты изделия.

По конструктивным особенностям болты с шестигранными головками выпускаются в трех основных типах исполнения (рисунок 11): исполнение 1 – без отверстия под шплинт в стержне болта; исполнение 2 – со шплинтовым отверстием в стержне; исполнение 3 – с двумя сквозными отверстиями в головке для шплинтовой проволокой во избежание самоотвинчивания.

Болты с шестигранными головками изготавливают грубой (ГОСТ 15589–70), нормальной (ГОСТ 7798–70) и повышенной (ГОСТ 7805–70) точности.

Пример обозначения болта:

*Болт М12×60 ГОСТ 7798–79* – болт с шестигранной головкой исполнения 1, нормальной точности, диаметр резьбы  $d = 12$  мм с крупным шагом, длиной  $l = 60$  мм.

*Длиной болта является длина цилиндрической части, не включая головку.*

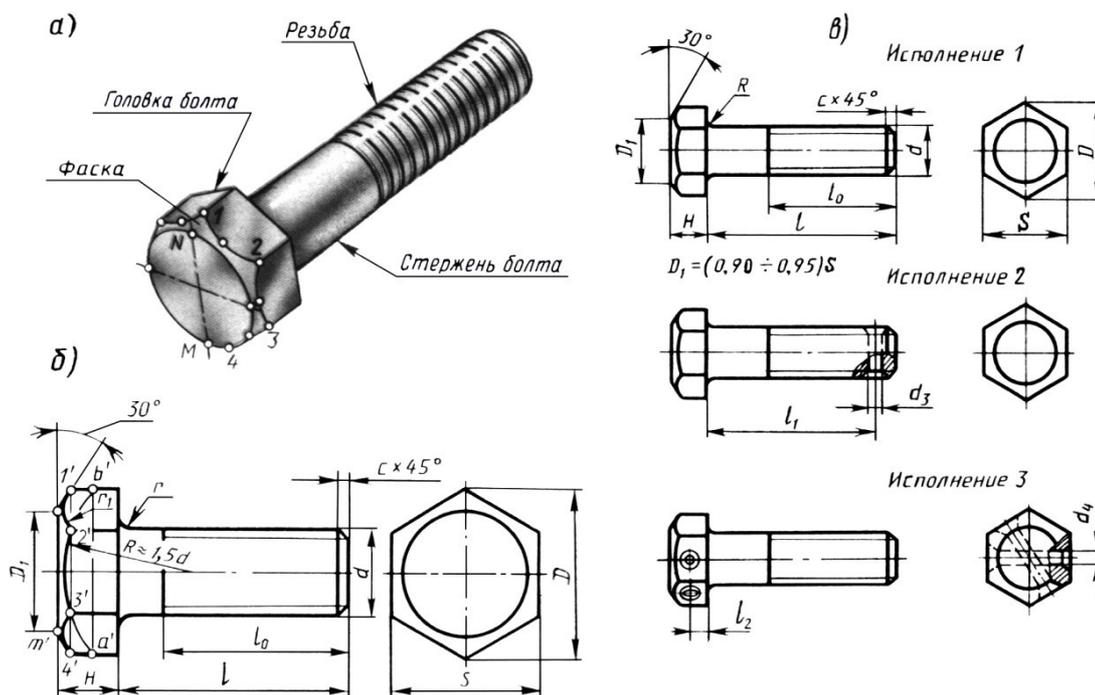


Рисунок 11– Исполнение болтов с шестигранной головкой:  
а – наглядное изображение болта; б – чертеж болта; в – типы исполнения болтов

*Гайки шестигранные нормальной точности по ГОСТ 5915–70 по конструкции выпускаются в трех типах исполнения (рисунок 12): 1 – с двумя фасками; 2 – с одной фаской; 3 – без фасок. Шестигранные гайки могут быть низкими, нормальными и высокими.*

Для предупреждения самоотвинчивания применяют прорезные (ГОСТ 5918–73) гайки – исполнение 1 и корончатые (ГОСТ 5918–73) гайки – исполнение 2.

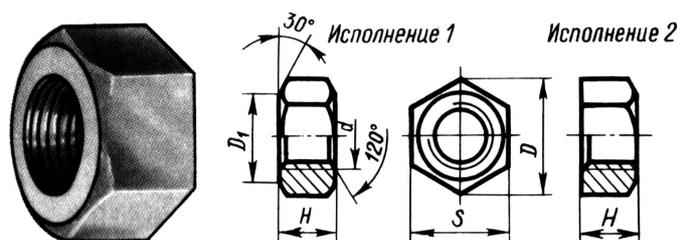


Рисунок 12 – Исполнение шестигранных гаек

Гайки изготавливают грубой (ГОСТ 15526–70), нормальной (ГОСТ 5915–70) и повышенной (ГОСТ 5927–70) точности.

Пример обозначения гайки:

*Гайка М12 ГОСТ 5915–70* – гайка шестигранная исполнения 1, нормальной точности, диаметр резьбы  $d = 12$  мм с крупным шагом.

Шайбы круглые по конструкции делятся на два типа исполнения (рисунок 13, а): 1 – без фаски; 2 – с фаской.

Шайбы пружинные так же делятся на два исполнения (рисунок 13, б).

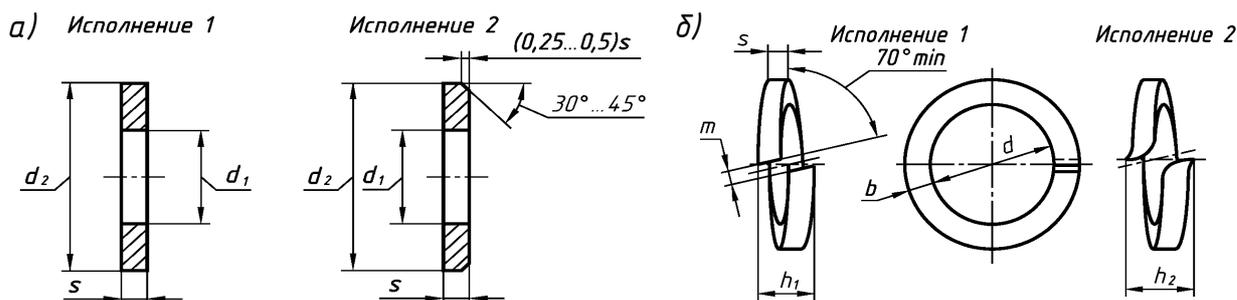


Рисунок 13 – Виды шайб

Шайбы служат для предохранения поверхности скрепляемой детали от смятия при завинчивании гайки или увеличения опорной поверхности.

Пример обозначения шайб:

*Шайба 2.12 ГОСТ 11371–78* – шайба круглая исполнения 2, для болта с диаметром стержня 12 мм.

*Шайба 12.65Г.029 ГОСТ 6402–70* – шайба пружинная нормальная исполнения 1, для болта с диаметром стержня 12 мм, из стали 65Г с кадмиевым покрытием (02) толщиной 9 мкм.

Для предупреждения самоотвинчивания прорезных или корончатых гаек при вибрации изделия применяют **шплинты** (рисунок 14). Изготавливают их по ГОСТ 397–79 с условным диаметром 0,6–20 мм и длиной 4–280 мм из низкоуглеродистой (в обозначение не входит) стали, коррозионно-стойкой стали 12Х18Н10Т (2), латуни марки Л63 (3), сплава АМЦ (4). Например, *Шплинт 5×40 ГОСТ 397–79*, это шплинт из углеродистой стали, без покрытия, где 5 – условный диаметр шплинта, то есть диаметр отверстия в крепежной детали, в которое будет вставляться шплинт. Действительный диаметр шплинта в данном примере равен 4,4–4,6 мм, 40 – длина шплинта в мм. Размеры шплинтов в зависимости от диаметра резьбы болта или шпильки приведены в стандартах на гайки прорезные и корончатые.

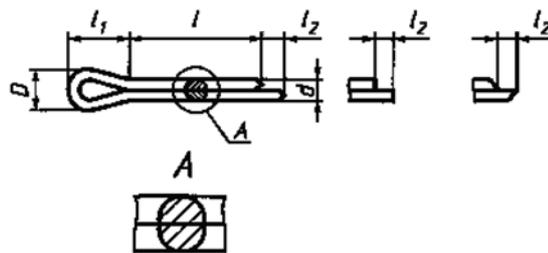


Рисунок 14 – Конструктивное исполнение шплинта

Для точного фиксирования деталей применяют **штифты** (рисунок 15), которые позволяют при необходимости разъединения деталей повторную сборку с сохранением точности их расположения. Подразделяют штифты на цилиндрические и конические (конусность 1:50). Конические соединения проще в изготовлении, допускают неоднократную разборку и сборку изделия. В этих случаях штифты в одну из деталей устанавливают с натягом, а в другую – устанавливают с зазором. Обозначают штифты следующим образом: *Штифт 10h8×60 ГОСТ 3128–70*, где 10 – диаметр, 60 – длина. Тип штифта определяет указанное в обозначении поле допуска, в данном примере – тип 2. В обозначении конических штифтов указывают тип штифта (тип 1 не указывают), определяющий и поле допуска, например: *Штифт 2.10×60 ГОСТ 3128–70* – штифт типа 2 с полем допуска h11. Исполнения штифтов А и В соответствуют следующим видам термообработки: А – закаленные штифты, В – цементированные штифты.

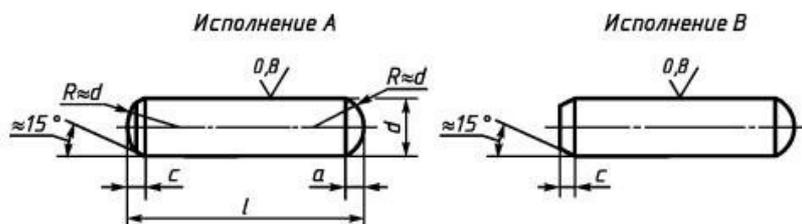
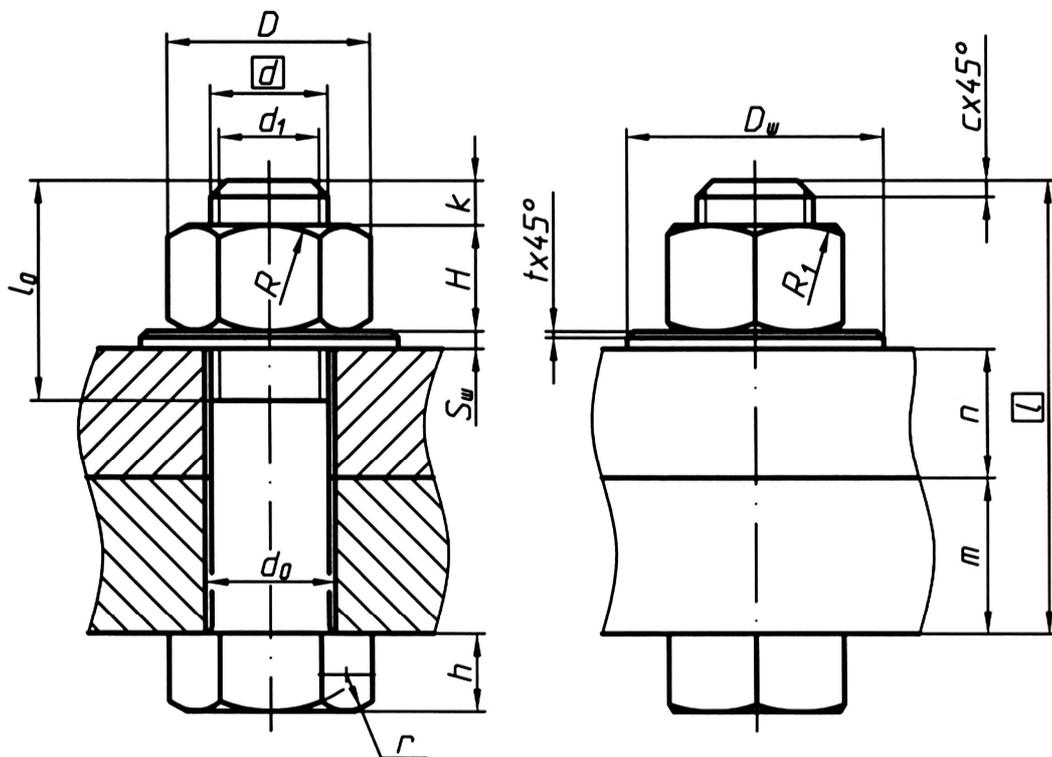


Рисунок 15 – Конструктивные исполнения штифтов

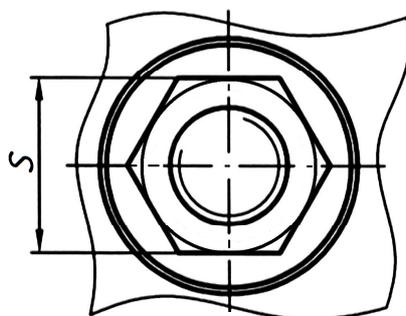
**Указания к выполнению задания.** В соответствии с индивидуальным заданием сборочного чертежа (приложение Б) для расчета соединения определить путем измерения диаметр болта и толщины скрепляемых деталей. В зависимости от диаметра болта  $d$  по указанным на рисунке 16 соотношениям определяют размеры элементов соединения. Размеры для вычерчивания болта приведены в приложении В. Длину болта  $l$  определяют как сумму величин: толщин скрепляемых деталей, толщины шайбы, высоты гайки, длины выступающей части болта. Ближайшую к расчетной длину болта, взятую из ГОСТ 7798–70, необходимые данные которого приведены в приложении Г, и принимают за окончательный размер длины болта. Длина резьбы  $l_0$  зависит от диаметра и длины болта, берут ее из этого же ГОСТа. Размеры для вычерчивания гайки берутся из ГОСТ 5915–70, необходимые данные которого приведены в приложении Д. Размеры шайб (ГОСТ 11371–78 и ГОСТ 6402–70) даны в приложении Е, Ж.

Чертеж болтового соединения выполняют на листе формата А4 по правилам выполнения выносного элемента с полным разрезом (см. приложение А.3). При этом гайку и шайбу изображают неразрезанными. Масштаб выполнения чертежа выбирается самостоятельно. На чертеже болтового соединения наносятся только следующие размеры: наружный диаметр резьбы и длину болта. Эти размеры на рисунке 16 взяты в прямоугольные рамки. Расчет болтового соединения оформляют на отдельном листе формата А4 с основной надписью для текстовых документов чертежным шрифтом № 5.



Дано:  $d =$  ;  $m =$  ;  $n =$

Расчет



$$D = 2d =$$

$$d_1 = 0,85d =$$

$$H = 0,8d =$$

$$h = 0,7d =$$

$$D_{ш} = 2,2d =$$

$$k = (0,25 \dots 0,5)d =$$

$$c = 0,15d =$$

$$S_{ш} = 0,15d =$$

$$d_0 = 1,1d =$$

$$l_0 = (1,5 \dots 2,0)d =$$

$$R = 1,5d =$$

$$R_1 = d =$$

$$t = 0,25S_{ш} =$$

$r$  – строится

$$l \approx m + n + S_{ш} + H + k = (\text{уточняется по ГОСТ})$$

Рисунок 16 – Соединение болтом

### 3.4.2 Соединение шпилькой

*Шпилькой* называется цилиндрический стержень с резьбой на двух концах. Соединение шпилькой применяют в случае, когда невозможно или нецелесообразно применять соединение болтом. Один конец шпильки с меньшей длиной резьбовой части предназначен для ввинчивания в резьбовое отверстие детали, а другой – для навинчивания гайки (рисунок 17). Возможно и такое соединение, когда обе соединяемые детали имеют сквозные гладкие отверстия, в которые свободно входит шпилька и скрепляет детали с помощью гаек, навинчиваемых на оба конца шпильки.

Длина ввинчиваемого конца шпильки  $l_1$  зависит от диаметра шпильки и механических свойств материала детали, в которую ввинчивают шпильку. Для стали, бронзы, латуни, титана  $l_1 = d$ , для чугуна  $l_1 = 1,6 d$ , для легких сплавов  $l_1 = 2,5 d$ . Чтобы закрепить шпильку в более мягком металле, ее надо завинтить в деталь глубже.

Гнездо под шпильку сначала высверливают, затем делают фаску, после чего нарезают резьбу. Дно гнезда имеет коническую форму, размер  $120^\circ$  – условный, поэтому на рабочих чертежах его не указывают, а только используют при построении чертежа гнезда. Резьба в отверстии не нарезается до конца примерно на  $4P$  ( $P$  – шаг резьбы), что обусловлено конструкцией метчика – инструмента, нарезающего резьбу. Поэтому глубина гнезда для шпильки больше длины резьбовой части отверстия.

Глубина отверстия под шпильку рассчитывается по формуле  $l_2 = l_1 + 0,5d$ , а длина резьбовой части этого отверстия  $l_3 = l_1 + 0,25d$ .

**Указания к выполнению задания.** В соответствии с индивидуальным заданием сборочного чертежа (см. приложение Б) для расчета соединения определить путем измерения диаметр шпильки и толщину детали с гладким сквозным отверстием. Длину шпильки  $l$  рассчитывают как сумму величин: толщины скрепляемой детали, толщины шайбы, высоты гайки, размера выступающей части шпильки. Полученную величину длины шпильки сравнивают с длинами шпилек согласно ГОСТ 22032–76. Ближайшую к расчетной длину шпильки, взятую из ГОСТа, принимают за окончательный размер длины шпильки. Длина гаечного конца резьбы шпильки  $l_0$  зависит от заданного диаметра шпильки, полученной ее длины и берется из того же ГОСТа. Диаметр резьбы на обоих концах шпильки, как правило, одинаков. Основные размеры шпилек общего применения (ГОСТ 20032–76, ГОСТ 22033–76) приведены в приложении И, длина шпилек (ГОСТ 22032–76, ГОСТ 22033–76) приведены в приложении К. Остальные размеры элементов шпилечного соединения выполняются по соотношениям, указанным на рисунке 18, так же, как это делается для болтового соединения.

На листе формата А4 вычерчивается по правилам выполнения выносного элемента с полным разрезом соединение шпилькой (см. приложение А.3). Гайку и шайбу на разрезе условно показывают неразрезанными. Необходимо обратить внимание на совпадение линии разреза деталей с границей резьбы ввинчиваемого конца шпильки. Диаметр отверстия в прикрепляемой детали делается больше диаметра шпильки на 1–2 мм.

На чертеже шпилечного соединения должны быть указаны диаметр резьбы и длина шпильки. Эти размеры на рисунке 18 взяты в прямоугольные рамки.

Текстовый документ с расчетом оформляется на отдельном листе формата А4 с основной надписью для текстовых документов чертежным шрифтом № 5. Допускается совмещать с расчетом болтового соединения.

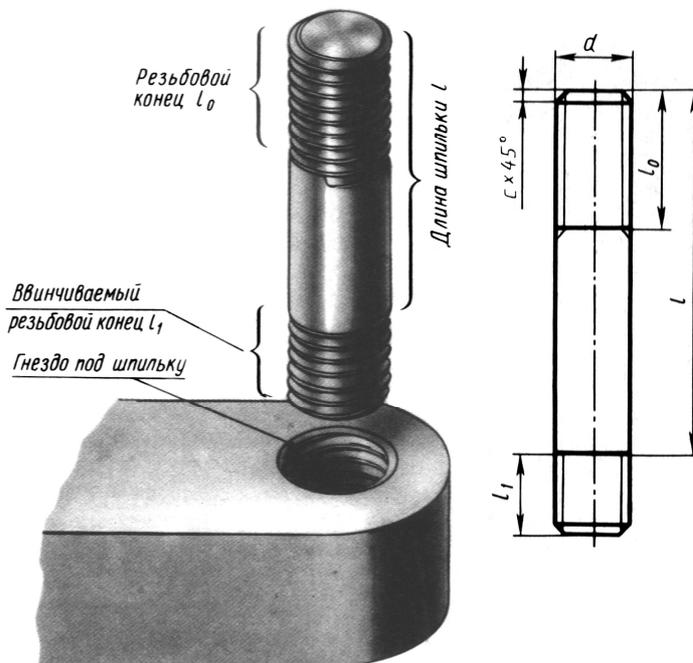


Рисунок 17 – Изображение шпильки

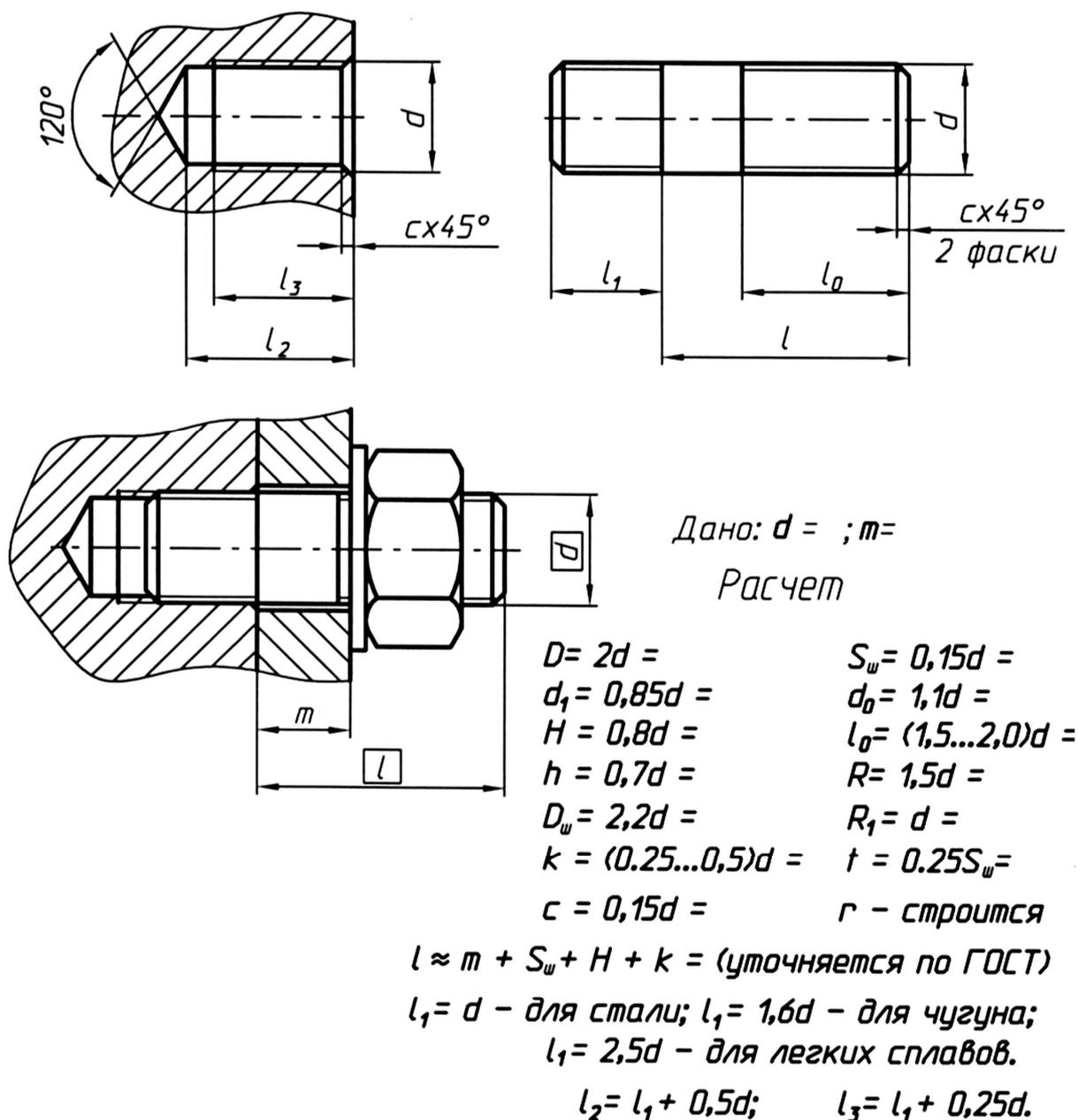


Рисунок 18 – Соединение шпилькой

### 3.4.3 Соединение винтом

По назначению *винты* для металла разделяются на крепежные общего назначения и установочные.

Крепежный винт – деталь, которая служит для разъемного соединения и представляет собой цилиндрический стержень с резьбой для ввинчивания в одну из соединяемых деталей и головкой различной формы (цилиндрической, полукруглой, потайной, полупотайной и с углублением под ключ) (рисунок 19).

Пример обозначения крепежных винтов:

*Винт А.М6-8g×12.58 ГОСТ 1491–80* – винт с цилиндрической головкой класса точности А, диаметром резьбы  $d = 6$  мм с полем допуска 8g, длиной  $l = 12$  мм, класса прочности 5.8 без покрытия.

*Винт В.2М10-6g × 25.46.0512 ГОСТ 17475–80* – винт с потайной головкой класса точности В, исполнения 2, диаметром резьбы  $d = 10$  мм с полем допуска 6g, длиной  $l = 25$  мм, класса прочности 4.6, с химическим окисным покрытием, пропитанным маслом, толщиной 12 мкм.

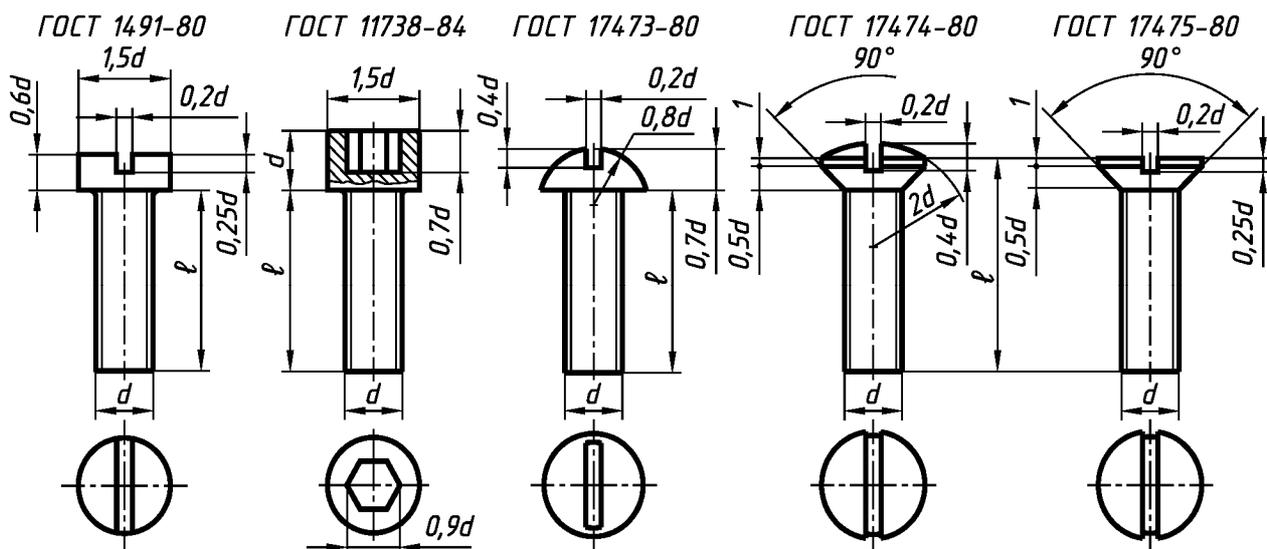


Рисунок 19 – Виды крепежных винтов

Установочный винт – деталь, которая служит для взаимного фиксирования деталей и представляет собой цилиндрический стержень с резьбой и нажимным концом различной формы (квадратной, шестигранной или без головки со шлицем под отвертку и др.). Установочные винты некоторых видов представлены на рисунке 20.

Пример обозначения установочных винтов:

*Винт В.М10-6g × 25.14Н ГОСТ 1477-93* – винт установочный с плоским концом и прямым шлицем класса точности В, диаметром резьбы  $d = 10$  мм с полем допуска 6g, длиной  $l = 25$  мм, класса прочности 14Н без покрытия.

*Винт А.М12-6g × 30.45Н.40Х.05 ГОСТ 1486-84* – винт установочный с квадратной головкой и ступенчатым концом со сферой класса точности А, диаметром резьбы  $d = 12$  мм с полем допуска 6g, длиной  $l = 30$  мм, класса прочности 45Н из стали 40Х с химическим окисным покрытием, пропитанным маслом.

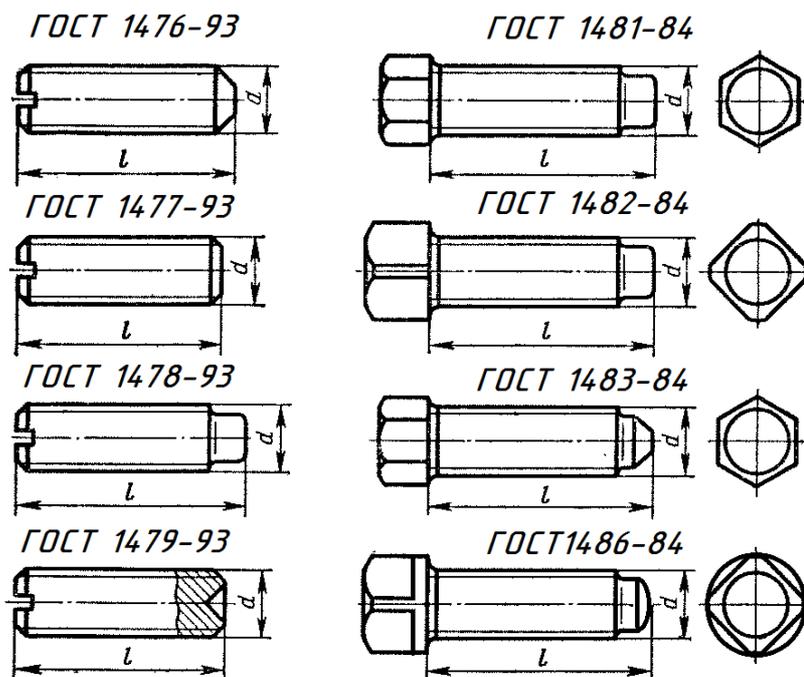


Рисунок 20 – Виды установочных винтов

При выполнении соединения двух деталей при помощи винта в одной из них (в присоединяемой) просверливают гладкое цилиндрическое отверстие, а в другой – глухое отверстие с резьбой (рисунок 21).

Выходы и запасы резьбы, недорезы для метрических резьб установлены по ГОСТ 10549–80 (таблица 4). В этой же таблице приведены диаметры  $d_0$  гладких отверстий для проходов винтов (болтов, шпилек). Размеры зенковок под винты (рисунок 22) с полупотайной, потайной и цилиндрической головками по ГОСТ 12876-77 приведены в таблице 5.

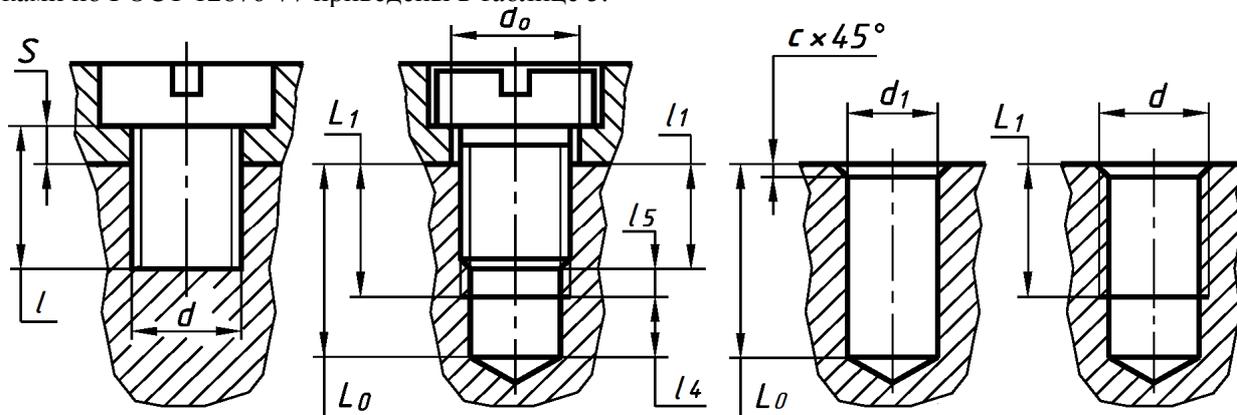


Рисунок 21 – Выходы и запасы резьбы, недорезы для метрических резьб

Таблица 4 – Выходы и запасы резьбы, недорезы для метрических резьб

Номинальный диаметр резьбы, $d$	Шаг резьбы, $P$	Запас резьбы, $l_5$	Недорез, $l_4$	В миллиметрах	
				Диаметр отверстия под резьбу, $d_1$	Диаметр сквозных отверстий, $d_0$
2,5	0,45	1,2	2,0	2,01	2,9
3	0,5	1,5	3,0	2,46	3,4
4	0,7	2,0	3,5	3,24	4,5
5	0,8	2,5	4,0	4,13	5,5
6	1,0	3,0	6,0	4,95	6,6
8	1,25	3,5	8,0	6,70	9,0
10	1,5	4,0	9,0	8,43	11,0
12	1,75	5,0	11,0	10,20	14,0
14	2,0	5,5		11,90	16,0
16	2,0			13,90	18,0
18	2,5	7,0	12,0	15,35	20,0
20	2,5			17,35	22,0

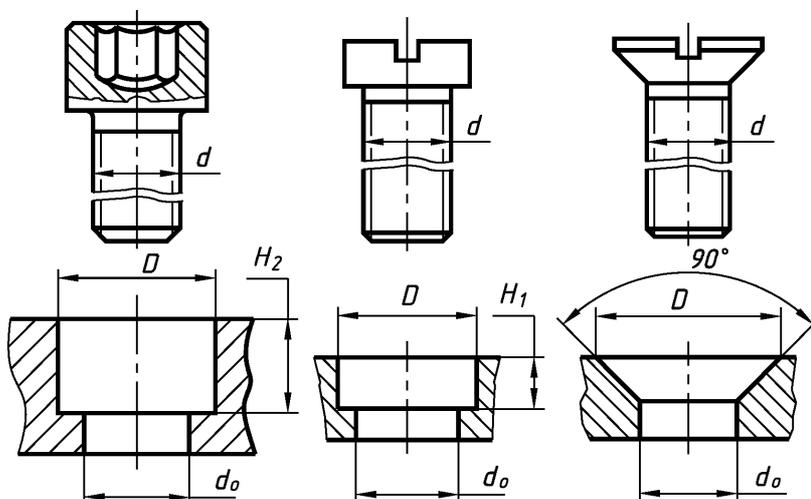


Рисунок 22 – Зенкование под головки винтов

Таблица 5 – Размеры зенковок под головки винтов

Номинальный диаметр резьбы, $d$	Винты с цилиндрической головкой со шлицем под отвертку, а также с шестигранным углублением под ключ			В миллиметрах
	Диаметр зенковки, $D$	$H_1$	$H_2$	Винты с потайной и полупотайной головкой
				Диаметр зенковки, $D$
2,5	5,0	1,7	-	5,6
3	6,0	2,4	-	6,5
4	8,0	2,8	-	8,3
5	10	3,5	-	10,3
6	12	4,7	6,8	12,3
8	15	6,0	9	16,5
10	18	7,0	11	20,0
12	20	8,0	13	24,0
14	24	9,0	15	28,0
16	28	10	17	31,0
18	30	11	19	35,0
20	34	12	21	39,0

**Указания к выполнению задания.** В соответствии с индивидуальным заданием сборочного чертежа (см. приложение Б) для расчета соединения винтом определить тип винта, а затем путем измерения его диаметр, длину и толщину прикрепляемой детали с гладким сквозным отверстием. Полученные значения диаметра и длины винта следует уточнить по действующим стандартам, приведенным в приложении Л.

Глубину  $l_1$  ввинчивания винта (см. рисунок 21) определяют по формуле  $l_1 = l - S$ . Далее определяют размеры резьбового гнезда под винт: глубину сверления  $L_0 = l_1 + 0,5d$ , длину резьбы  $L_1 = l_1 + 0,25d$ .

Основные размеры винтов ГОСТ 1491–80, ГОСТ 17473–80, ГОСТ 17474–80, ГОСТ 17475–80, ГОСТ 1476–93 представлены в приложении Л.

При наличии зенковок в присоединяемой детали, размеры их взять из таблицы 5.

На листе вычерчивается по правилам выполнения выносного элемента с полным разрезом соединение винтом (см. приложение А.3).

При этом на чертеже винтового соединения должны быть указаны размеры диаметра резьбы и длины винта.

Текстовый документ с расчетом оформляется на отдельном листе формата А4 с основной надписью для текстовых документов чертежным шрифтом № 5. Допускается совмещать с расчетом болтового соединения.

#### 4 ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Передача – устройство, передающее усилие от двигателя к исполнительным механизмам. Различают электрические, пневматические, гидравлические и механические передачи. Механические подразделяются на передачи, использующие трение (фрикционные и ременные) и использующие зацепление (зубчатые, червячные, винтовые, реечные и цепные).

Зубчатые передачи являются наиболее распространенным типом механических передач, применяемых в современном машиностроении и приборостроении и служат для передачи вращательного движения или для преобразования вращательного движения в поступательное.

Зубчатые передачи обладают рядом достоинств: технологичностью изготовления, постоянством передаточного числа; высокой нагрузочной способностью и КПД; малыми габаритными размерами; большой надежностью в работе и простотой обслуживания.

Основные виды зубчатых передач представлены на рисунке 23.

Для передачи вращения между параллельно расположенными валами применяют цилиндрические зубчатые колеса с внешним ( $a, б$ ) или внутренним ( $в$ ) зацеплением.

Для передачи вращения с геометрически пересекающимся расположением осей валов применяются конические зубчатые колеса ( $д, е$ ), а также цилиндрико-конические ( $ж$ ).

Для передачи вращения между геометрически перекрещивающимся расположением осей валов применяются винтовая (*з*), червячная (*и*), гипоидная (*к*) передачи.

Для преобразования вращательного движения в поступательное применяют цилиндрические зубчатые колеса и рейки (*г*).

Наибольшее распространение получила цилиндрическая зубчатая передача, которая используется для преобразования вращательного движения с понижающим или повышающим коэффициентом. Примеры: двигатели внутреннего сгорания, коробки перемены передач в подвижном составе, станкостроении, буровом, металлургическом, горнодобывающем производстве и всех видах промышленности. Коническая зубчатая передача используется в меньшей степени из-за сложности в процессе изготовления колесных пар. Применяется в сложных и комбинированных механизмах, где присутствует вращательное движение с переменными углами и изменением нагрузок. В специальных редукторах обычно используются конические зубчатые передачи. Примеры: ведущие мосты автомобилей, сельхозтехники, локомотивов, колесные пары конвейеров, приводы различного промышленного оборудования.

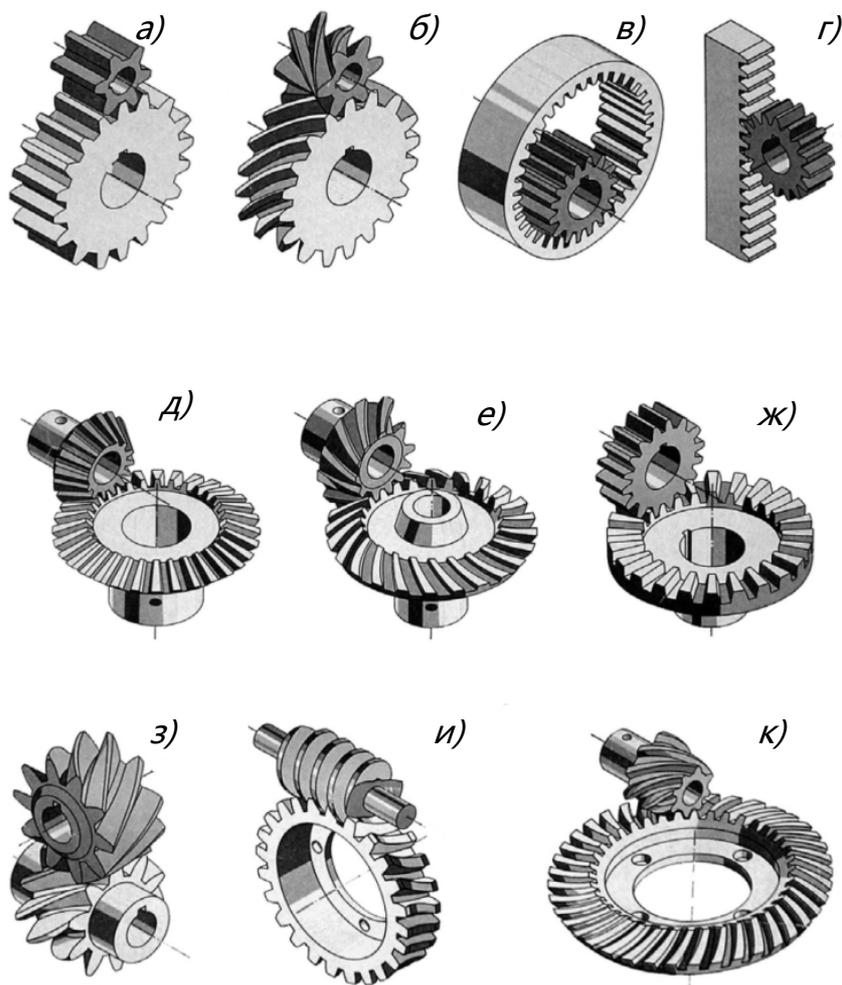


Рисунок 23 – Виды зубчатых передач

Зубчатые колеса малых размеров, у которых диаметр впадин близок к диаметру вала, выполняют заодно с валом. Колеса, допускающие посадку на вал, как правило, выполняют насадными.

Колеса небольшого диаметра (до 200 мм) обычно изготавливаются из крупного проката, кованных и штампованных заготовок в виде сплошного диска, иногда с неглубокими проточками или с выступающей ступицей.

Колеса средних размеров (500–700 мм) изготавливаются из поковок или литых заготовок и имеют дисковую облегченную конструкцию.

Колеса больших размеров изготавливают цельнолитыми с одним или двумя параллельными дисками, подкрепленными ребрами или спицами. Также применяют бандажирование, сборку резьбовыми крепежными деталями или сварку.

Основным материалом для изготовления колес служат термически обработанные стали и реже чугуны или полимерные материалы.

Наибольшее распространение получили качественные стали 35, 40, 45, 50, 50Г ГОСТ 1050–2013 и легированные стали 15Х, 20Х, 40Х, 45ХН, 12ХН3А ГОСТ 4543–2016. Колеса больших размеров изготавливают из стального литья марок 35Л, 40Л, 45Л, 55Л ГОСТ 977–88.

Зубчатая пара состоит из шестерни и колеса. В большинстве случаев шестерня является ведущим элементом зубчатой пары, а колесо – ведомым, хотя встречается и обратное соотношение. Обычно шестерня имеет меньший диаметр. Как правило, при рассмотрении одинаковых параметров шестерни и колеса, шестерне присваивают индекс 1, колесу – 2, например,  $z_1$  – количество зубьев шестерни,  $z_2$  – количество зубьев колеса.

#### 4.1 Цилиндрическая зубчатая передача

На рисунке 24 изображены два цилиндрических катка, катящихся один по другому без проскальзывания. Назовем их начальными цилиндрами (в их проекции — начальными окружностями) и преобразуем катки в зубчатые колеса, прорезав с этой целью на них впадины и нарастив выступы, образующие в своей совокупности зубья определенного профиля. Необходимым условием работы передачи является равенство окружных шагов  $P$ , измеренных по дугам начальных окружностей (рисунок 25).

Основным расчетным параметром зубчатой передачи является модуль  $m$  – число миллиметров начального (делительного) диаметра  $d_w$  приходящегося на один зуб:  $m = d_w/z$ , где  $z$  – число зубьев. Значения модуля выбирают по ГОСТ 9563–60. Наиболее часто встречающиеся значения модулей в учебной практике: 1; 1,25; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20. Высоту головки принимают обычно равной модулю  $m$ , а ножки –  $1,25m$ . Начальные цилиндры отделяют в зубьях головки от ножек (рисунок 25). Следовательно, диаметр вершин зубьев –  $d_a = d_w + 2m$ ; диаметр впадин зубьев –  $d_f = d_w - 2,5m$ . Направление зубьев колес может быть прямым, косым и шевронным. Боковые поверхности зубьев имеют плавную криволинейную форму, соответствующую очертаниям эвольвент или циклических кривых.

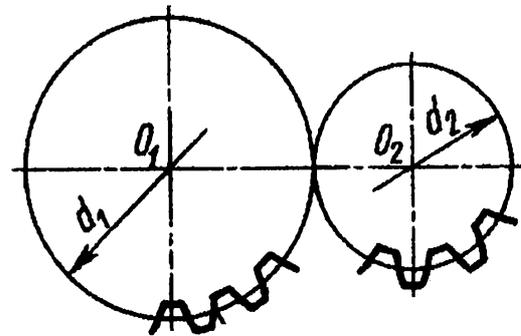


Рисунок 24 – Начальные цилиндры

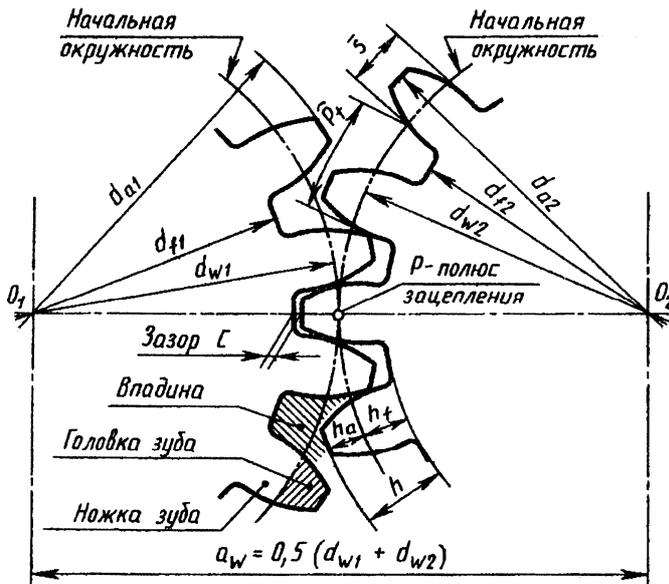


Рисунок 25 – Схема образования цилиндрического зубчатого зацепления

Наибольшее распространение получили колеса с эвольвентным профилем зубьев.

Для повышения прочности и уменьшения износа зубья подвергают корригированию: высоту головки меньшего колеса увеличивают за счет ножки, а большего колеса – уменьшают. При этом начальные окружности уже не будут являться делительными и у каждого колеса появляется своя делительная окружность, не совпадающая с начальной.

При выполнении эскиза или рабочего чертежа зубчатого колеса с натуры в начале подсчитывают количество зубьев и измеряют диаметр окружности вершин  $d_a$ . Затем по формуле  $m = d_a/(z + 2)$  определяют значение модуля и сверяют его со стандартными значениями по ГОСТ 9563–60.

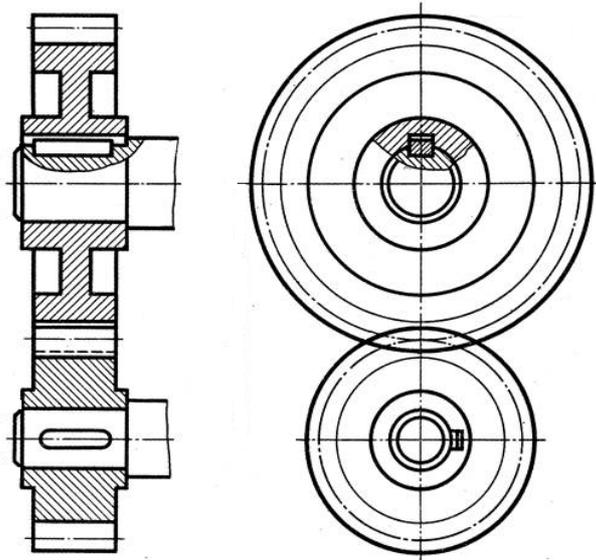


Рисунок 26 – Изображение цилиндрической передачи на сборочных чертежах

венца –  $b$ ; размеры фасок или радиусы закруглений, а также все конструктивные размеры элементов зубчатого колеса.

Шероховатость боковых поверхностей зубьев наносят на линии делительной поверхности.

Кроме того, на рабочих чертежах в правом верхнем углу помещают таблицу параметров, состоящую из трех частей, которые отделяют друг от друга сплошными основными линиями.

В первой части таблицы приводятся основные данные (для изготовления), во второй – данные для контроля и третьей – справочные данные.

На учебных чертежах допускается использование только одной первой части таблицы, в которой указывают: для колес с прямыми зубьями – модуль  $m$ , а для колес с косыми зубьями – нормальный модуль  $m_n$  или окружной модуль  $m_t$ ; число зубьев  $z$ ; угол наклона линии зуба  $\beta$  для косозубых или шевронных колес; номер стандарта на исходный контур, коэффициент смещения, степень точности по ГОСТ 1643–81 (например, 7 – Н ГОСТ 1643–81, где 7 – седьмая степень точности (всего их 1–12 в порядке убывания), Н – вид сопряжения (с нулевым боковым зазором).

Для типовых конструкций зубчатых колес при их предварительном расчете либо при расчете для учебных целей рекомендуются соотношения размеров, приведенные в таблице 6. На рисунке 27 изображено штампованное цилиндрическое колесо.

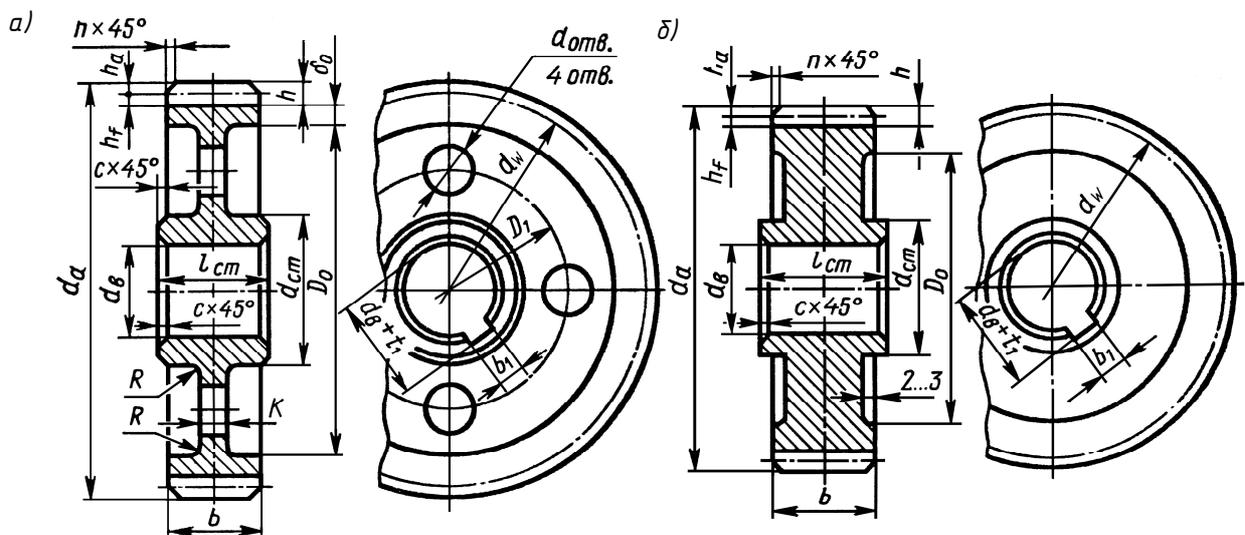


Рисунок 27 – Цилиндрическое зубчатое колесо:  
 $a$  – с облегчающими отверстиями,  $b$  – без облегчающих отверстий с утоньшением диска

Если вследствие неточности измерений получено нестандартное значение, то для расчета принимают ближайшее стандартное значение модуля.

На сборочных чертежах, на плоскостях, перпендикулярных осям зубчатых передач, окружности выступов показывают основными линиями (без разрывов в зоне зацепления): начальные – тонкими штрихпунктирными (они должны касаться друг друга), впадин – тонкими сплошными (их можно не показывать). Делительные окружности колес не наносят (рисунок 26).

На рабочих чертежах зубчатых колес, как правило, выполняют фронтальный разрез (см. приложение А.4). При этом зубья оставляют незаштрихованными.

Указывают следующие размеры: диаметр вершин зубьев –  $d_a$ ; ширину

Таблица 6 – Расчет цилиндрического зубчатого колеса

В миллиметрах

Параметр	Обозначение	Расчетная формула
Начальный (делительный) диаметр	$d_w$	$d_w = m z$
Диаметр вершин зубьев	$d_a$	$d_a = d_w + 2m$
Диаметр впадин зубьев	$d_f$	$d_f = d_w - 2,5m$
Высота головки зуба	$h_a$	$h_a = m$
Высота ножки зуба	$h_f$	$h_f = 1,25m$
Ширина венца зубчатого колеса	$b$	$b = (8 \dots 10) m$
Внутренний диаметр обода	$D_0$	$D_0 = d_a - 10m$
Толщина обода	$\delta_0$	$\delta_0 = (2 \dots 3) m$ – для литых колес; $\delta_0 = (2,5 \dots 4) m$ – для штампованных колес
Толщина диска зубчатого колеса	$K$	$K = 0,3b$ При $d_a < 100 \dots 120$ мм принимают $K = 6$
Длина ступицы	$l_{ст}$	$d_{ст} = (1,3 \dots 1,8) d_b$ – для чугунных колес; $d_{ст} = (1,2 \dots 1,5) d_b$ – для стальных колес
Наружный диаметр ступицы	$d_{ст}$	$d_{ст} = (1,6 \dots 2) d_b$ – для чугунных колес; $d_{ст} = (1,5 \dots 1,7) d_b$ – для стальных колес
Диаметр расположения облегчающих отверстий в диске колеса	$D_1$	$D_1 \approx 0,5(D_0 + d_{ст})$
Диаметр облегчающих отверстий	$d_{отв}$	$d_{отв} \approx 0,25(D_0 - d_{ст})$
Размеры шпоночного паза в ступице колеса	$b_1$ $d_b + t_1$	Размеры по ГОСТ 23360–78 (приложение М)
Размеры фасок в отверстии ступицы колеса	$n$	$n = 0,5m \times 45^\circ$
Размеры фасок в отверстии ступицы колеса	$c$	$c = (1,5 \dots 2) \times 45^\circ$
Шероховатость отверстия в ступице колеса	–	5–7-й класс чистоты поверхности
Шероховатость рабочих поверхностей зубьев	–	6–8-й класс чистоты поверхности
Неуказанные радиусы скруглений переходов	$R$	$R = 3 \dots 5$

#### 4.2 Коническая зубчатая передача

Если нарезать на конических катках впадины и нарастить выступы определенного профиля, как это было сделано для цилиндрических катков, то фрикционная коническая передача преобразуется в коническую зубчатую передачу. Конические катки при этом преобразуются в начальные конусы (теперь уже воображаемые), которые в дальнейшем будем называть делительными. Согласно ГОСТ 19325–73, если начальные конусы в передаче совпадают с делительными ее зубчатых колес, то применяют термин «делительный конус».

Конические колеса изготавливают с прямыми, тангенциальными, криволинейными, круговыми и другими зубьями. В дальнейшем рассматриваются прямозубые некорректированные колеса (высота головки равна модулю).

Геометрия конических колес значительно сложнее цилиндрических. Окружной шаг, высота зуба, диаметр делительной окружности у них переменные. В связи с этим введено понятие внешний дополнительный конус, образующие которого перпендикулярны образующим делительного (рисунок 28).

За основную (расчетную) делительную окружность принимают окружность  $d_e$ , лежащую в воображаемой плоскости общего «основания» конусов – делительного и внешнего дополнительного. По дуге этой окружности измеряют окружной шаг  $p_t$ . Величину  $m_e = p_t/\pi$  называют внешним окружным модулем. Его значения также выбирают по ГОСТ 9563–60. Следовательно, диаметр делительной

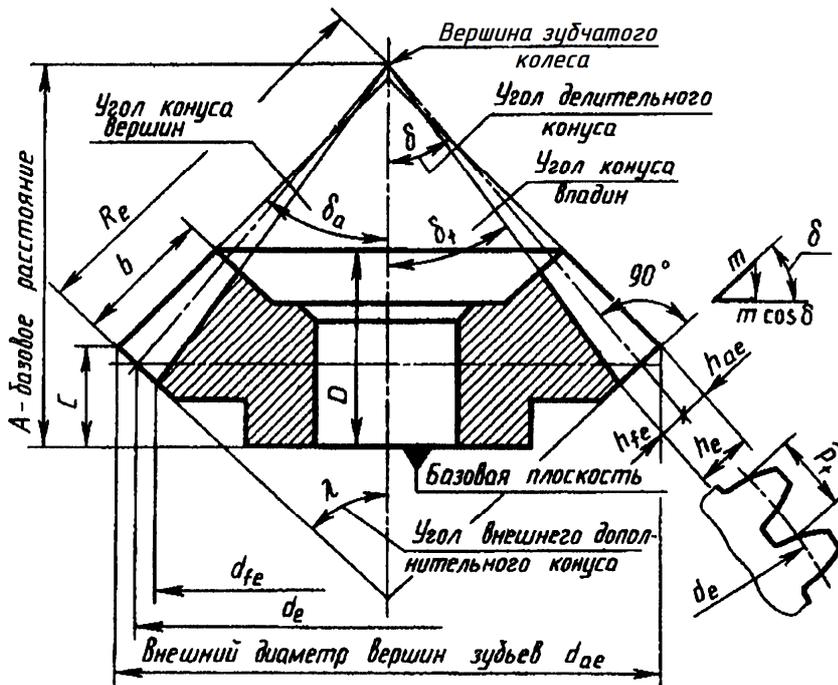


Рисунок 28 – Коническое зубчатое колесо

окружности определяется по формуле  $d_e = m_e z$ . Высоту зуба, головки и ножки измеряют по образующей внешнего дополнительного конуса (поэтому их полные названия: внешняя высота зуба, внешняя высота головки и т. д.).

Принимая высоту головки, равной модулю, получаем  $d_{ae} = d_e + 2m_e \cos \delta = m_e (z + 2 \cos \delta)$ .

Для типовых конструкций зубчатых колес при отсутствии модификации зубьев и для межосевого угла передачи  $90^\circ$  при их предварительном расчете либо при расчете для учебных целей рекомендуются соотношения размеров, приведенные в таблице 7. На рисунке 29 изображено коническое колесо с необходимыми размерами.

Таблица 7 – Расчет конического зубчатого колеса

В миллиметрах

Параметр	Обозначение	Расчетная формула
Диаметр внешней делительной окружности	$d_e$	$d_e = m_e z$
Диаметр внешней окружности вершин зубьев	$d_{ae}$	$d_{ae} = m_e (z + 2 \cos \delta)$
Диаметр внешней окружности впадин зубьев	$d_{fe}$	$d_{fe} = m_e (z - 2,4 \cos \delta)$
Тангенс угла делительного конуса	шестерни	$\operatorname{tg} \delta_1 = z_1 / z_2$
	колеса	$\operatorname{tg} \delta_1 = z_2 / z_1$
Высота головки зуба	$h_{ae}$	$h_{ae} = m_e$
Высота ножки зуба	$h_{fe}$	$h_{fe} = 1,2 m_e$
Внешняя конусная дистанция	$R_e$	$R_e = d_e / 2 \sin \delta$
Ширина венца	$b$	$b = (0,25 \dots 0,3) R_e$
Толщина обода	$G_o$	$G_o = (1,8 \dots 3)$
Толщина диска	$K$	$K = (0,2 \dots 0,35) b$
Длина ступицы	$L_{ст}$	$L_{ст} = (0,9 \dots 1,3) d_b$
Наружный диаметр ступицы	$d_{ст}$	$d_{ст} = (1,6 \dots 1,7) d_b$
Выступ ступицы	$t$	$t \approx 0,1 L_{ст}$
Диаметр окружности расположения облегчающих отверстий	$D_1$	Принимается из конструктивных соображений
Диаметр облегчающих отверстий	$d_{отв}$	Принимается из конструктивных соображений
Размер шпоночного паза в ступице	$b_1$ $d_b + t_1$	Размеры по ГОСТ 23360–78 (Приложение М)
Шероховатость отверстия в ступице	–	5–7-й класс чистоты поверхности
Шероховатость рабочих поверхностей зубьев	–	6–8-й класс чистоты поверхности
Неуказанные радиусы скруглений	$R$	$R = 3 \dots 5$ мм

На изображении конического колеса указывают: диаметр  $d_{ae}$  внешнего основания конуса вершин; расстояние  $S$  от базовой плоскости до плоскости внешней окружности вершин зубьев; угол конуса

вершин  $\delta_a$ ; угол внешнего дополнительного конуса  $\lambda$ ; ширину зубчатого венца  $b$  по образующей конуса; конусную дистанцию  $R_e$ ; базовое расстояние  $A$ ; размеры фасок или радиусы закруглений на кромках зубьев; шероховатость боковых поверхностей зубьев. Кроме того, на чертеже указывают все необходимые конструктивные размеры колеса.

На рабочем чертеже зубчатого конического колеса в правом верхнем углу помещают таблицу параметров. Так же, как и на чертежах цилиндрических колес, она состоит из трех частей. На учебных чертежах допускается использовать таблицу параметров, состоящую из одной первой части, в которой указывают: модуль  $m_e$ ; число зубьев  $z$ ; тип зуба; исходный контур со ссылкой на соответствующий стандарт, коэффициент смещения исходного контура  $x$  в долях модуля. При отсутствии модификации зуба проставляют знак «0»; угол делительного конуса  $\delta$ ; степень точности по ГОСТ 1758–81.

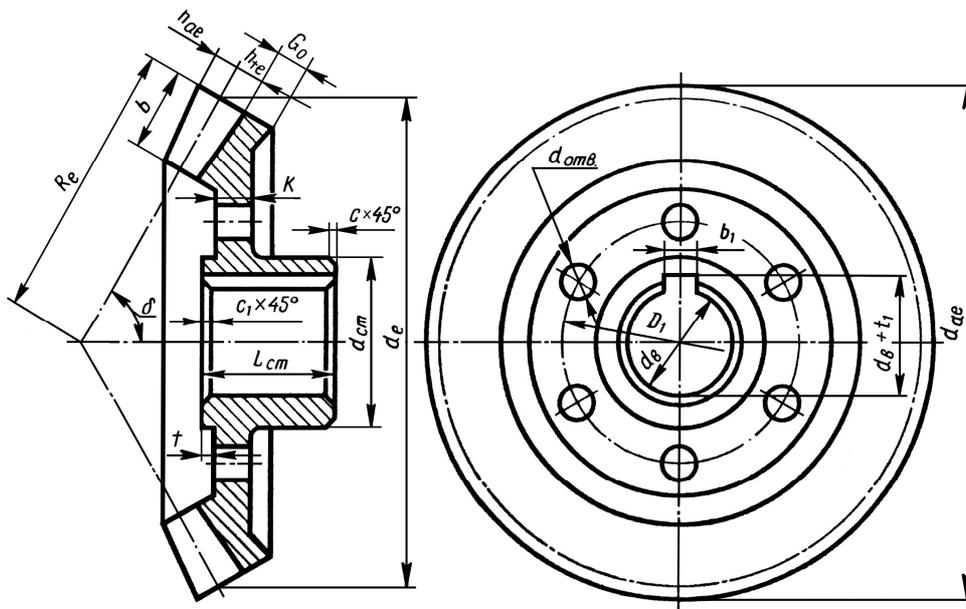


Рисунок 29 – Коническое зубчатое колесо

**Указания к выполнению задания.** В соответствии с индивидуальным заданием в спецификации к сборочному чертежу (см. приложение Б) заданы значения модуля  $m$  и число зубьев  $z$ .

Расчет параметров зубчатого колеса выполнить по формулам, представленным в таблицах 6, 7 на листе формата А4 с основной надписью для текстового документа. Далее на формате А4 следует выполнить рабочий чертеж рассчитанного зубчатого колеса с нанесением размеров, необходимых обозначений и справочных данных (см. приложение А.5).

## 5 ДЕТАЛИ ВАЛОВ

**Шпоночные** соединения относятся к подвижным разъемным соединениям. Соединительным звеном в шпоночных соединениях является деталь, называемая шпонкой. Для выполнения шпоночного соединения на валу фрезеруют паз под шпонку, такой же паз делают в отверстии насаживаемой на вал детали (шкивов, зубчатых колес, маховиков и т.п.). Шпонка одновременно входит в эти пазы и соединяет вал с деталью, например с зубчатым колесом, обеспечивая передачу крутящего момента.

Применяют различные типы шпонок: призматические, сегментные. Наиболее распространены призматические шпонки, которые изготавливают в трех исполнениях (рисунок 30).

Размеры шпоночных пазов назначают в зависимости от типа шпонки и диаметра вала в месте запрессовки зубчатого колеса, или другой детали.

Размеры призматических шпонок и шпоночных пазов приведены в приложении М. Принятые обозначения:  $d_s$  – диаметр вала,  $b_1$  – ширина шпонки,  $h_1$  – высота шпонки,  $t_1$  – глубина паза во втулке,  $t_2$  – глубина паза в валу,  $l$  – длина шпонки,  $c_1$  или  $r_1$  – фаски или радиусы скруглений пазов.

Пример обозначения шпонок:

Шпонка  $8 \times 7 \times 22$  ГОСТ 23360-78 – призматическая шпонка исполнения 1 для вала диаметром  $d_e = 25$  мм, с размерами  $b_1 = 8$  мм,  $h_1 = 7$  мм,  $l = 22$  мм.

Шпонка 2 –  $8 \times 7 \times 22$  ГОСТ 23360-78 – то же исполнения 2.

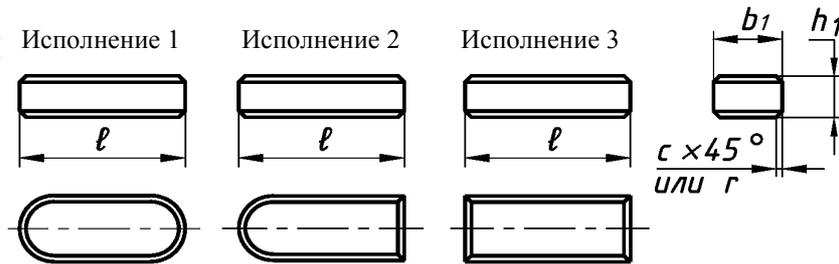


Рисунок 30 – Призматические шпонки

**Зубчатые (шлицевые)** соединения образуются выступами (зубьями) на валу и соответствующими пазами в ступице, напрессованной на него детали (рисунок 31). По форме профиля выступов различают прямобочные, эвольвентные и треугольные шлицевые соединения.

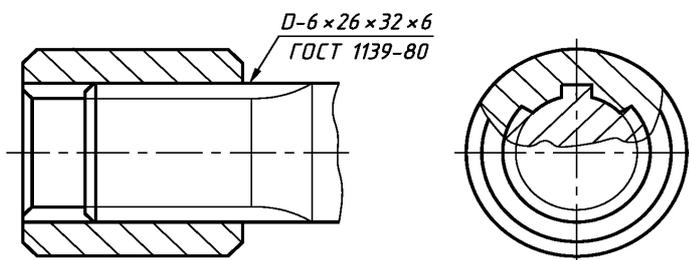


Рисунок 31 – Соединение шлицевое

Прямобочные зубчатые соединения стандартизованы (ГОСТ 1139-80). Предусмотрено три серии соединений: легкая, средняя и тяжелая, отличающиеся друг от друга высотой и количеством зубьев (шлицев) (приложение Н).

Принятые обозначения:  $D$  – наружный диаметр зубьев,  $d$  – внутренний диаметр зубьев,  $b$  – ширина зуба.

Сведения о соединениях с эвольвентными шлицами (ГОСТ 6033-80) приведены в приложении Н.

Зубчатые соединения треугольного профиля не стандартизованы.

Зубчатые соединения изображают согласно ГОСТ 2.409-74. Окружности и образующие поверхностей выступов зубьев вала и отверстия втулки изображают сплошными толстыми линиями (рисунок 32).

В поперечных разрезах и сечениях, а также на проекциях вала и отверстия втулки на плоскость, перпендикулярную к продольной оси, изображают профиль одного зуба и двух впадин, фаски на конце зубчатого вала и в отверстии втулки не показывают. В продольных осевых разрезах и сечениях валов и втулок зубья условно совмещают с плоскостью чертежа и изображают не рассеченными.

В продольных осевых разрезах зубчатого соединения показывают только ту часть поверхности выступов отверстия втулки, которая не закрыта валом (см. рисунок 31). Радиальный зазор между зубьями и впадинами вала и отверстия втулки не показывают.

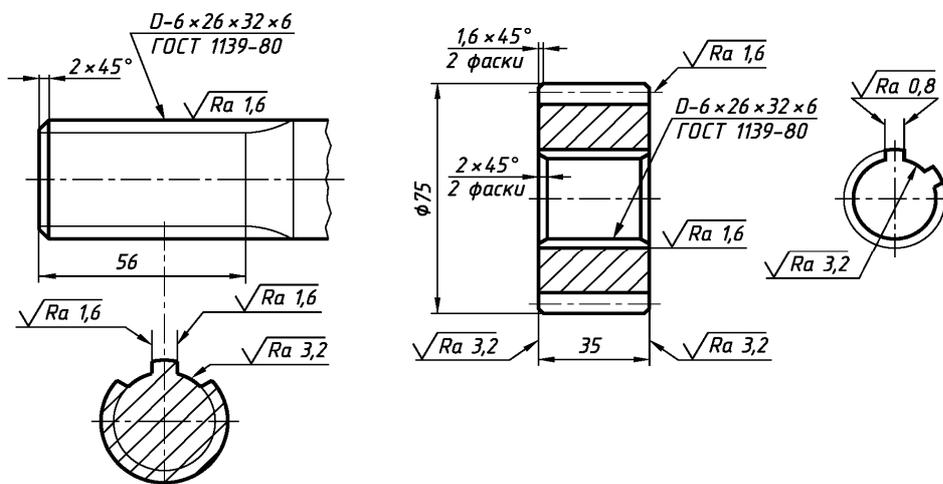


Рисунок 32 – Изображение шлицев

Поверхности зубьев вала и втулки могут соприкасаться (центрироваться) по наружному диаметру  $D$  с образованием зазора по внутреннему диаметру (рисунок 33, а), по внутреннему диаметру  $d$  с образованием зазора по наружному диаметру (рисунок 33, б) и боковым сторонам зубьев  $b$  (рисунок 33, в).

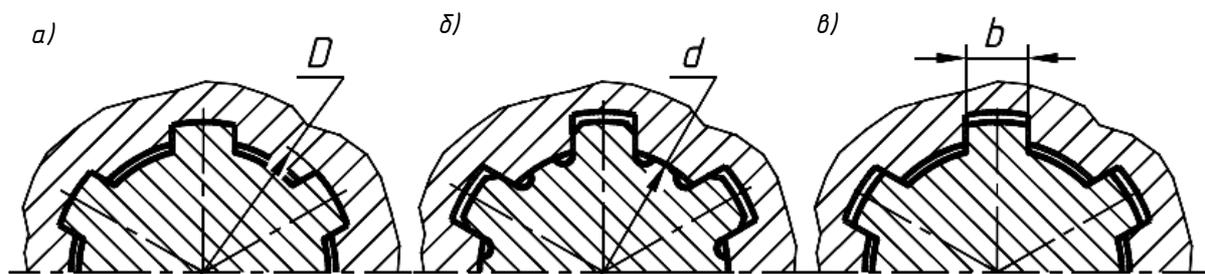


Рисунок 33 – Центрирование шлицевых соединений

В условном обозначении прямого зубчатого (шлицевого) соединения указывают: систему центрирования втулки относительно вала, число зубьев  $z$ , внутренний диаметр  $d$ , наружный диаметр  $D$  и ширину зуба  $b$ .

Пример обозначения прямого зубчатого (шлицевого) соединения с числом зубьев  $z = 8$ , внутренним диаметром  $d = 36$  мм, наружным диаметром  $D = 40$  мм, шириной зуба  $b = 7$  мм:

а) при центрировании по внутреннему диаметру:  $d-8 \times 36 \times 40 \times 7$  ГОСТ 1139–80;

б) при центрировании по наружному диаметру:  $D-8 \times 36 \times 40 \times 7$  ГОСТ 1139–80;

в) при центрировании по боковым сторонам:  $b-8 \times 36 \times 40 \times 7$  ГОСТ 1139–80.

Пример обозначения эвольвентного зубчатого (шлицевого) соединения с наружным диаметром  $D = 50$  мм, модулем  $m = 2$  мм, с посадкой по центрирующим поверхностям:

а) при центрировании по боковым поверхностям зубьев:  $50 \times 2 \times H9/q9$  ГОСТ 6033–80;

б) то же соединение для втулки:  $50 \times 2 \times H9$  ГОСТ 6033–80;

в) то же соединение для вала:  $50 \times 2 \times q9$  ГОСТ 6033–80;

**Уплотнительные устройства.** Их назначение – препятствовать проникновению через зазоры между подвижными или неподвижными частями изделия пыли, грязи, жидкости, пара, газов, масла и т. п.

В зависимости от условий (давления, температуры, воздействия кислот, щелочей, бензина) уплотнения изготавливают из соответствующего материала – технической листовой резины, технического войлока, паронита, фторопласта – путем выреза или штамповкой.

Широко применяют стандартные уплотнения, изготовленные в виде манжет и колец круглого, квадратного, прямоугольного и других сечений, закладываемых в соответствующие пазы или проточки также стандартных размеров.

Кольца войлочные для уплотнения, манжеты резиновые армированные, используемые для валов, приведены в приложении О.

Пример обозначения колец войлочных:

Кольцо СП66-49-6 ГОСТ 6308–71/МН 180-61 – кольцо для вала диаметром  $d_v = 50$  мм из полугрубошерстного войлока, с размерами  $D = 66$  мм,  $d = 49$  мм,  $b = 6$  мм.

Кольцо СГ66-49-6 ГОСТ 6308–71/МН 180-61 – то же из грубошерстного войлока.

Пример обозначения манжет:

Манжета 1-20×40-3 ГОСТ 8752–79 – манжета типа 1 для вала диаметром  $d_v = 20$  мм с наружным диаметром  $D = 40$  мм из резин группы 3.

**Подшипники качения.** Подшипники качения представляют собой основной вид опор валов и осей. Подшипники качения (рисунки 34, 35) обычно состоят из двух колец: наружного 1, закрепленного в расточке корпуса, внутреннего 2, насаженного на вал (ось, палец); тел качения – шариков или роликов 3, катящихся по беговым дорожкам колец на некотором расстоянии друг от друга, и сепаратора 4 – детали, разделяющей тела качения.

Классификация подшипников качения осуществляется по следующим признакам:

форме тел качения – шариковые и роликовые;

числу рядов качения – однорядные, двухрядные;

способу самоустановки – несамоустанавливающиеся, самоустанавливающиеся (сферические);

направлению воспринимаемой нагрузки – радиальные, радиально-упорные, упорные.

В зависимости от нагрузочной способности и габаритов подшипники делятся на серии: по радиальным размерам – особо легкие, легкие, средние, тяжелые; ширине – узкие, нормальные, широкие.

В приложении II приведены размеры наиболее часто применяемых подшипников качения. На рисунках 34, 35 даны расчетные зависимости, по которым выполняют изображение таких подшипников на сборочных чертежах.

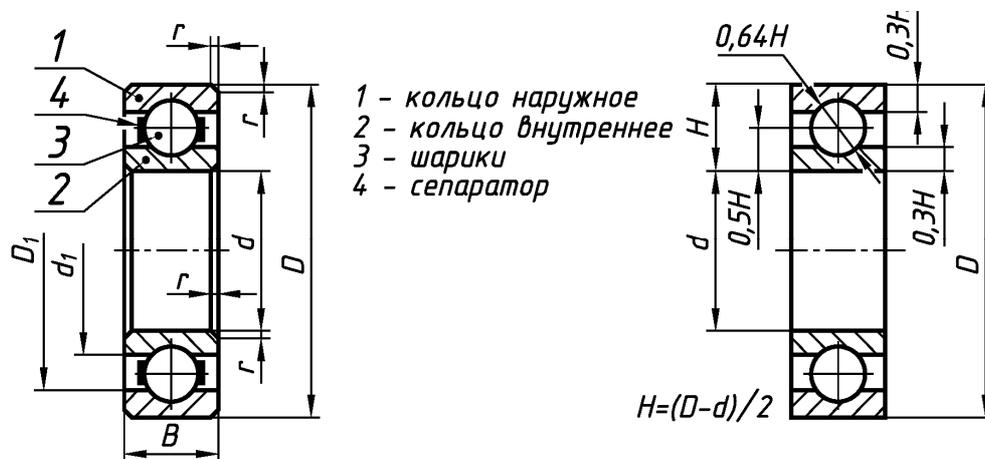


Рисунок 34 – Подшипник шариковый радиальный однорядный

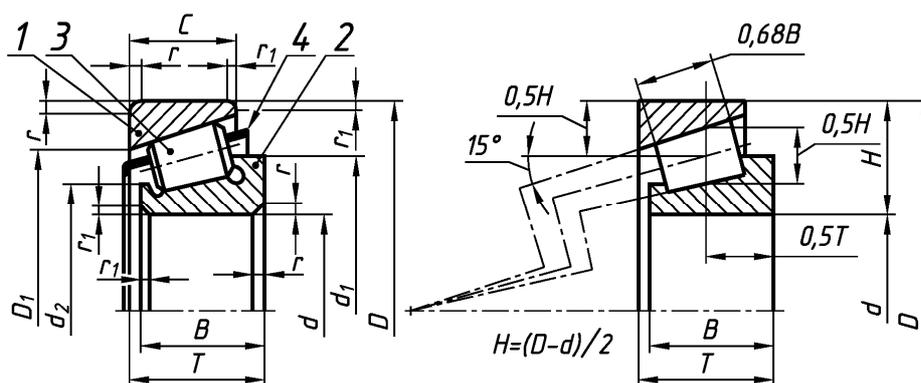


Рисунок 35 – Подшипник роликовый конический радиально-упорный однорядный

**Стопорные кольца** – незамкнутые кольца, изготовленные из углеродистой стали для фиксации деталей и узлов на валу или в отверстии. Стопорные кольца часто используют для фиксации подшипников качения. Монтируются стопорные кольца в пазы (канавки, проточки) таким образом, что выступающая часть работает как плечо, фиксируя деталь на монтажном месте. Стопорные кольца, как правило, сделаны из углеродистой или нержавеющей стали. Сечение у данных колец прямоугольное, т. е. они изготавливаются из ленты или из листа пружинной стали. Бывают кольца того же назначения из круглой или овальной проволоки. На рисунке 36 представлены некоторые виды стопорных колец.

На рисунке 37, а приведен фрагмент чертежа сборочной единицы. Внутреннее кольцо подшипника 1 зафиксировано на валу пружинным упорным плоским наружным кольцом 2. Наружное кольцо подшипника 3 зафиксировано на валу пружинным упорным плоским внутренним кольцом 4. На рисунке 37, б приведена канавка под пружинное упорное плоское наружное кольцо, а на рисунке 37, в – конструкция такого кольца.

Размеры стопорных колец по ГОСТ 13942–86 приведены в приложении Р.

Пример обозначения стопорных колец:

Кольцо А30 ГОСТ 13942–86 – кольцо пружинное упорное плоское наружное эксцентрическое класса точности А для вала диаметром  $d_b = 30$  мм из стали 65Г без покрытия.

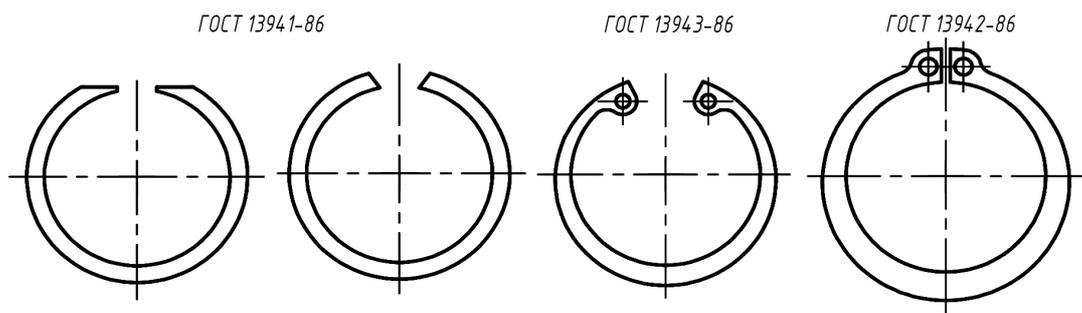


Рисунок 36 – Виды стопорных колец

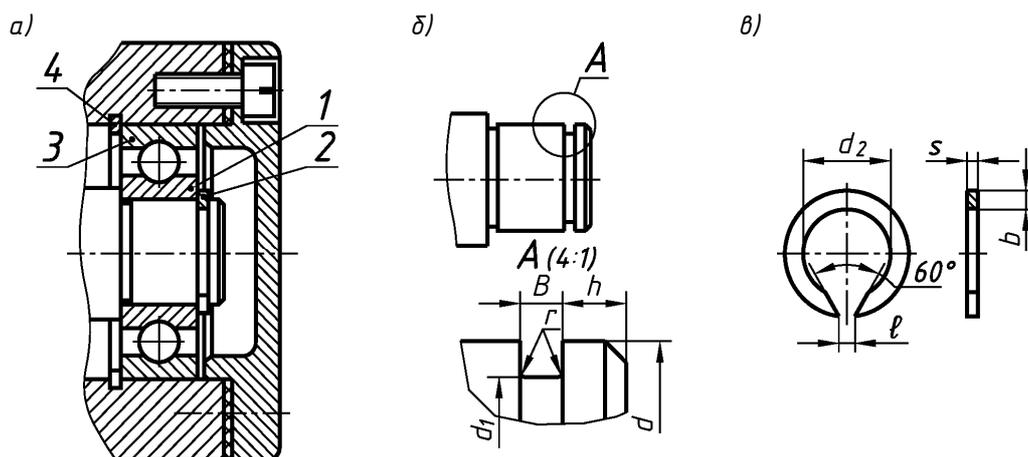


Рисунок 37 – Фиксация подшипника стопорными кольцами

**Гайки круглые** с отверстиями на торцах или с радиально расположенными отверстиями применяются для крепления деталей на валах.

Пример обозначения гаек круглых с радиально расположенными отверстиями (таблица 8):

*Гайка M12.5 ГОСТ 8381-73* – гайка с диаметром резьбы  $d = 12$  мм, с крупным шагом резьбы с полем допуска H7, класса прочности 5 без покрытия.

*Гайка M12×1,25.6H.12.40X.029 ГОСТ 8381-73* то же, с мелким шагом резьбы с полем допуска 6H, класса прочности 12, из стали 40X с покрытием 02 толщиной 9 мкм.

Таблица 8 – Размеры круглых гаек ГОСТ 8381-71

В миллиметрах

Номинальный диаметр резьбы $d$	Шаг резьбы		$D$	$m$	$d_1$	$h$	$c$
	крупный	мелкий					
8	1,25	1,0	20	5,0	3,0	4,5	0,4
10	1,5	1,25	25	6,0	3,5	4,5	0,4
12	1,75	1,25	28	6,0	3,5	5,0	0,4
16	2,0	1,5	32	7,0	4,0	6,0	0,6
20	2,5	1,5	36	8,0	4,0	6,0	0,6

**Указания к выполнению задания.** В соответствии с индивидуальным заданием на формате А3 выполнить чертеж сборочной единицы. Размеры поверхностей деталей определяются обмером по чертежу с заданием. На сборочном чертеже должны быть выполнены соединения крепежными деталями (болтом, шпилькой, винтом), которые рассчитаны и подобраны ранее. Указанные соединения показываются упрощенно. На валу необходимо разместить рассчитанное ранее зубчатое колесо.

Кроме того, следует подобрать подшипники, уплотнения, стопорные кольца и другие детали и элементы геометрии вала (шпоночные пазы, шлицы).

На чертеже также необходимо нанести позиции деталей и необходимые размеры и выполнить спецификацию (см. приложение А.2).

Образец выполнения сборочного чертежа приведен в приложении А.3.

## 6 СОЕДИНЕНИЕ ТРУБ ФИТИНГАМИ

Соединения трубные представляют собой узлы, состоящие из труб, соединенных деталями, называемыми фитингами (угольники, тройники, кресты, муфты и т.д.). Детали трубных соединений имеют цилиндрическую трубную резьбу (ГОСТ 6357–81) и применяются на водогазопроводных трубах, частях для их соединения, трубопроводной арматуре. Пример трубного соединения при помощи муфты показан на рисунке 38, здесь же даны основные размеры.

Если для метрической резьбы указываемый в обозначении размер диаметра соответствует его действительному размеру (без учета допуска), то в трубной резьбе указываемый в обозначении ее размер в дюймах приблизительно равен условному проходу трубы (номинальному внутреннему диаметру, по которому рассчитывают ее пропускную способность), переведенному в дюймы. Например, *G1* обозначает размер трубной резьбы, нарезанной на наружной поверхности трубы, имеющей условный проход в 25 мм, т.е. примерно равный одному дюйму. Фактический наружный диаметр резьбы равен 33,249 мм, т.е. больше на две толщины стенки трубы. Поэтому обозначение размера трубной резьбы наносят на полке линии-выноски, а стрелка от полки-выноски упирается в сплошную линию трубы, как показано на рисунке 38.

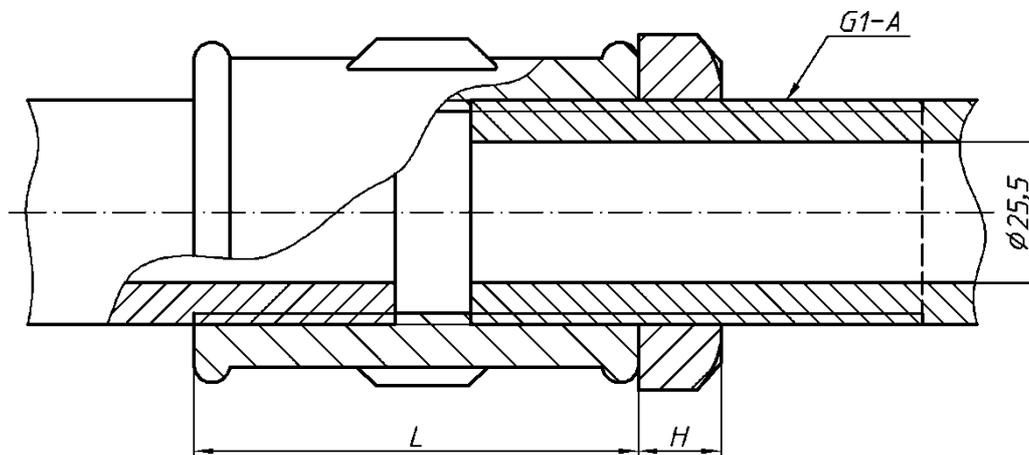


Рисунок 38 – Трубное соединение

Необходимо обратить внимание на то, что длины резьбовых концов соединяемых труб различны. На одной трубе (левой) длина нарезанной резьбы равна длине резьбы на фитинге или  $\sim 0,5 L$ . Длина резьбы на другой трубе, правой, имеет сгон, чтобы была возможность сборки и замены трубы в магистрали. При замене трубы контргайка и муфта свинчиваются вправо до полного разъединения труб.

При помощи прямых соединительных частей можно менять направление трубопровода, при помощи переходных – еще и площадь сечения. В зависимости от назначения соединительные части подразделяются на несколько типов. Для прямого соединения труб применяются прямые и переходные муфты, ниппели, футорки, сгоны; для соединения труб под прямым углом – угольники, тройники, кресты. Пробки и колпаки применяются для заглушки труб. Выполняются эти детали из ковкого чугуна с покрытием цинком или без него.

**Указания к выполнению задания.** В таблице 9 по индивидуальным вариантам выбирается тип трубного соединения и размер диаметра условного прохода трубы  $D_y$ . На рисунке 39 приведены детали трубных соединений, а в таблице 10 даны размеры фитингов.

На листе формата А4 выполняется чертеж трубного соединения в одном виде с частичным разрезом соединения (см. приложение А.6). Построение соединения начинают с вычерчивания трубы, а потом уже чертят изображение соединительных деталей по размерам, взятым из таблицы 10. Наружную резьбу на трубе изображают как на стержне болта сплошной толстой (основной) линией – по наибольшему диаметру и тонкой сплошной линией – по внутреннему диаметру резьбы. Ее проводят вдоль трубы и ограничивают сплошной толстой линией. Такое изображение резьбы сохраняется и в соединении с другими деталями. Резьба в соединяющих деталях (муфте, угольнике и т.д.) остается без изменений только в местах, не занятых трубой, при этом наибольший диаметр изображают тонкой сплошной линией, а внутренний (наименьший) – сплошной толстой (основной) линией.

**Таблица 9 – Варианты заданий по трубному соединению**

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Условный проход, мм	8	10	15	20	25	32	40	50	65	8	10	15	20	25	32	40	50	65
ГОСТ	Муфта длинная, 8955–75									Угольник, 8946–75								
Вариант	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Условный проход, мм	8	10	15	20	25	32	40	50	65	8	10	15	20	25	32	40	50	65
ГОСТ	Тройник, 8948–75									Муфта короткая, 8954–75								

**Таблица 10 – Размеры фитингов и их элементов**

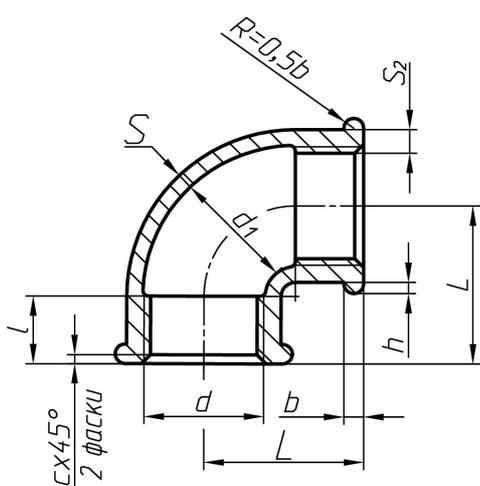
Условный проход $D_y$ , мм		8	10	15	20	25	32	40	50	65	
Резьба	Обозначение, дюймы	$G 1/4$	$G 3/8$	$G 1/2$	$G 3/4$	$G 1$	$G 1 1/4$	$G 1 1/2$	$G 2$	$G 2 1/2$	
	$d$ , мм	13,15	16,66	20,95	26,44	33,25	41,91	47,80	59,61	76,18	
	$l$ , мм (не менее)	9	10	12	13,5	15	17	19	21	23,5	
$L$ , мм	Угольники и тройники	21	25	28	33	38	45	50	58	69	
	Муфты	27	30	36	39	45	50	55	65	74	
	Муфты короткие	22	24	28	31	35	39	43	47	53	
Число ребер		2	2	2	2	4	4	4	6	6	
$D$		18,5	22	27,1	33	40,6	49,7	56,5	69,5	85	
$D_1$		25,4	31,2	36,9	41,6	53,1	63,5	69,3	86,5	110	
$D_2$		20	25	30	33	43	52	56	70	90	
$b$		3,0	3,0	3,5	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0	
$S$		2,5		2,8	3,0	3,3	3,6	4	4,5		
$S_1$		2,2		2,8		3,2		3,5		4,0	
$S_2$		3,5		4,2	4,4	5,2	5,4	5,8	6,4		
$S_k$		22	27	32	36	46	55	60	75	95	
$b_1$		2,0	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5	
$b_2$		3,5	3,5	4,0	4,0	4,5	5,0	5,0	6,0	6,5	
$h$		2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5	3,5	
$H$		6	7	8	9	10	11	12	13	16	
$t_1$		14	16	16	22	22	24	26	26	28	
$t_2$		15	17,5	18	24	24	26,5	28	29	31	
$c$		1,0			1,6						
$c_1$		1,6			2,0			2,5			

Примеры вычерчивания соединения труб тройником прямым (а), угольником прямым (б), муфтой прямой (в) и муфтой переходной (г) показаны на рисунке 40.

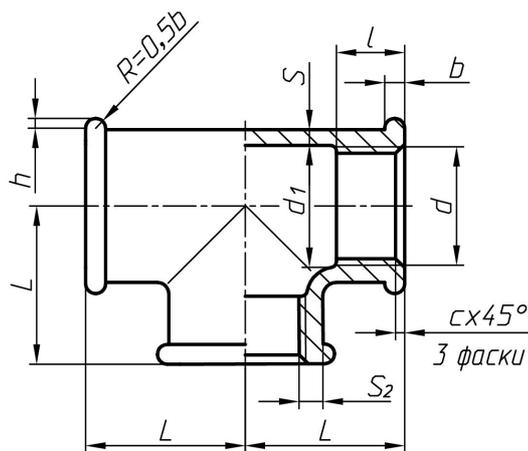
На чертеже трубного соединения должны быть указаны следующие размеры:  $L$ , обозначение трубной резьбы  $G$  на полке линии-выноски, условный проход трубы  $D_y$ , высота контргайки  $H$ .

На чертеже также указывается условное обозначение соединительных деталей. Например, для тройника прямого, с цинковым покрытием, с  $D_y = 25,4$  мм – *тройник Ц-25 ГОСТ 8948-75*; без покрытия – *тройник 25 ГОСТ 8948-75*. Так как угольники изготавливают с углом  $90^\circ$  и  $45^\circ$ , исполнения 1 – с внутренней резьбой и исполнения 2 – с наружной и внутренней резьбой, то угольник проходной с углом  $90^\circ$  исполнения 1 без покрытия, с  $D_y = 25,4$  мм обозначают так: *угольник  $90^\circ$ -1-25 ГОСТ 8946-75*. Муфту без покрытия, с  $D_y = 25,4$  мм: *муфта короткая 25 ГОСТ 8954-75* или *муфта длинная 25 ГОСТ 8955-75*.

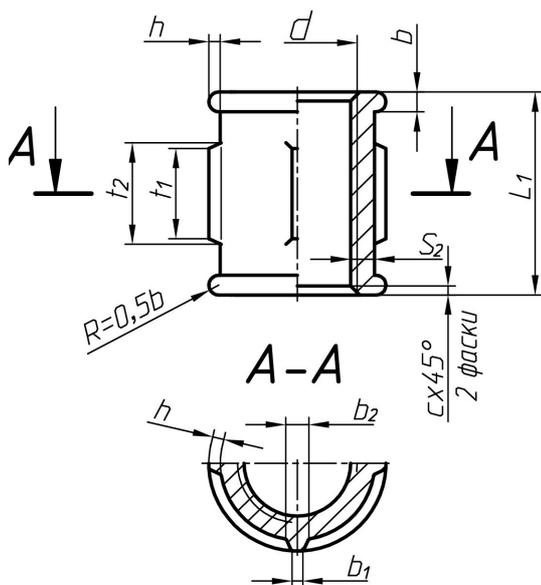
а) Угольник прямой  
ГОСТ 8946-75



б) Тройник прямой  
ГОСТ 8948-75



в) Муфта прямая  
длинная  
ГОСТ 8955-75



г) Муфта переходная  
ГОСТ 8957-75

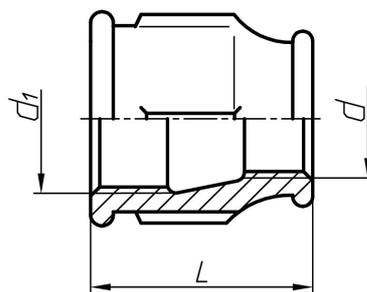


Рисунок 39 (начало) – Детали трубных соединений:  
а – угольник; б – тройник; в, г – муфта

д) Контргайка  
ГОСТ 8961-75

е) Труба стальная  
водогазопроводная  
ГОСТ 3262-75

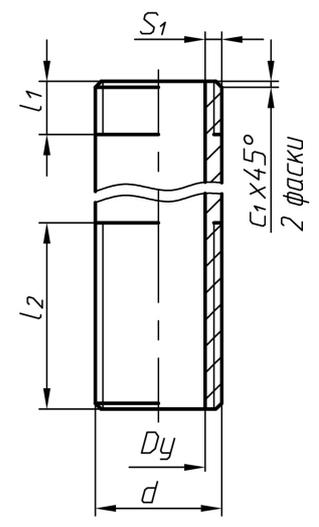
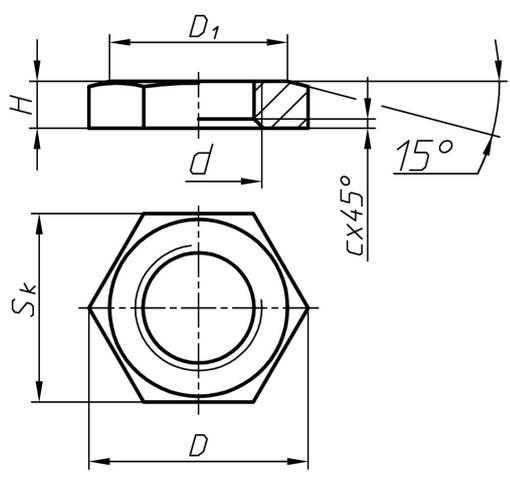


Рисунок 39 (окончание) – Детали трубных соединений:  
d – контргайка; e – труба

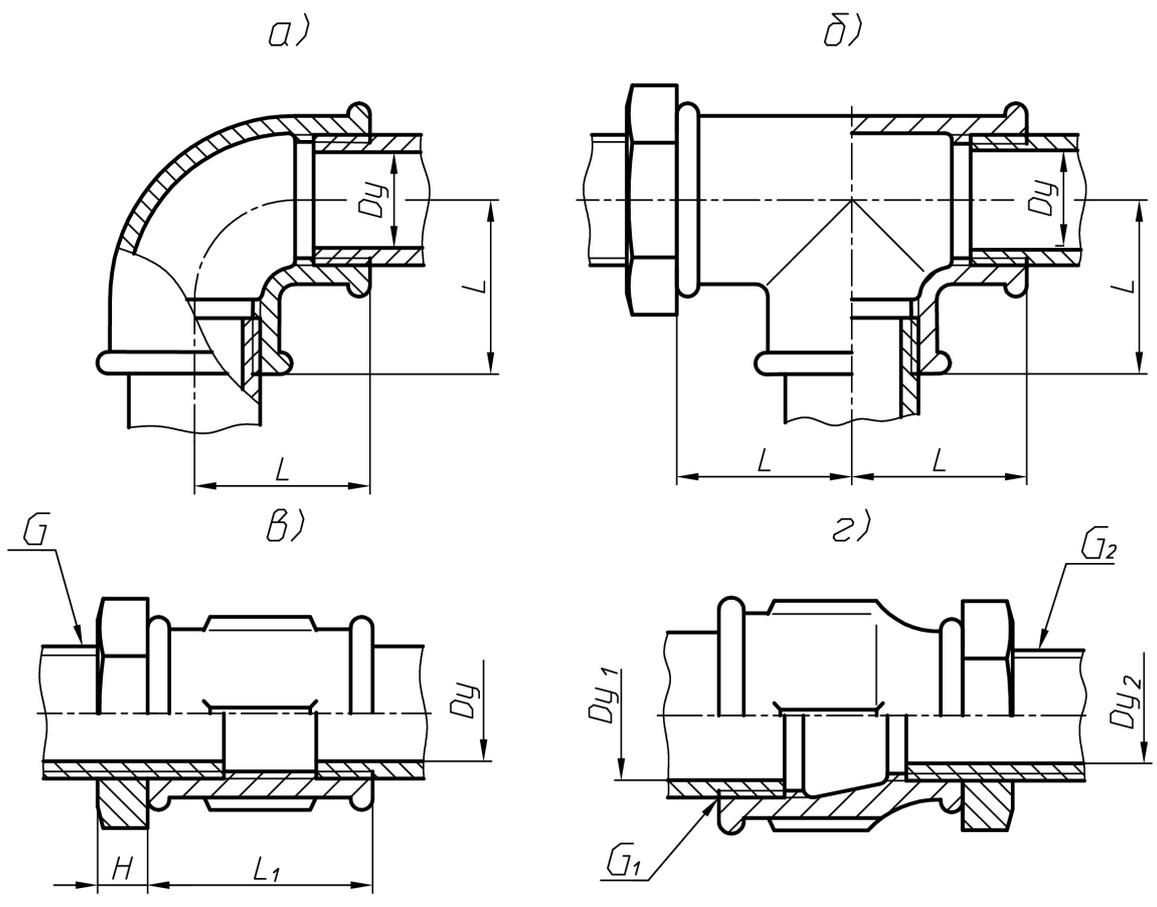


Рисунок 40 – Виды трубных соединений

## 7 НЕРАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

### 7.1 Соединение заклепками

Соединения заклепками применяют для деталей из несвариваемых, а также не допускающих нагрева материалов в различных областях техники – металлоконструкциях, судо- и самолетостроении и др.

Заклепка представляет собой цилиндрический стержень с головкой. В зависимости от назначения заклепки могут быть с *полукруглой по ГОСТ 10299–80* (рисунок 41, а), *потайной по ГОСТ 10300–80* (рисунок 41, б), *полупотайной по ГОСТ 10301–80* (рисунок 41, в), *полукруглой низкой или плоской головкой по ГОСТ 10303–80* (рисунок 41, г) классов точности В и С.

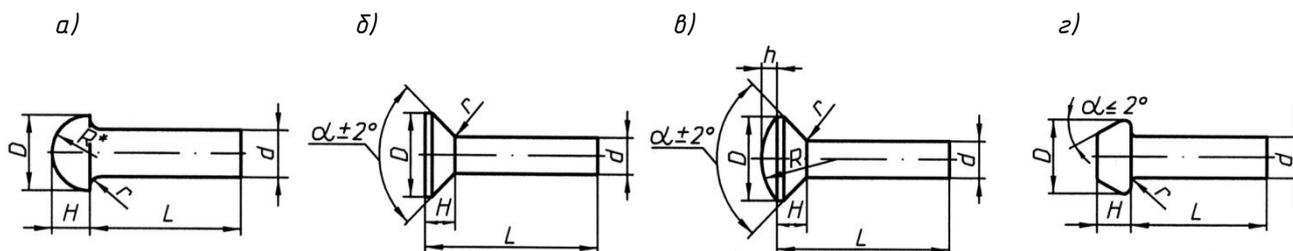


Рисунок 41 – Типы заклепок

Заклепки изготавливают из достаточно пластичных для образования головок материалов: сталей марок Ст.2 (условное обозначение 00), Ст.3 (02), стали 10 и 10кп (01), латуни Л63 (32) и др. Материал заклепок должен быть однородным с материалом соединяемых деталей.

Пример обозначения заклепки: *заклепка 8×20.00 ГОСТ 10299–80* – заклепка с полукруглой головкой класса точности В (не указывается), диаметр 8 мм, длина 20 мм, группа материала 00 (Ст.2).

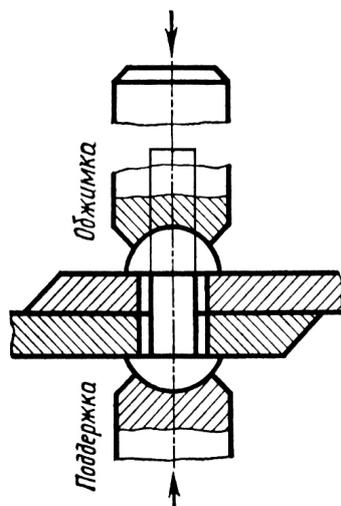


Рисунок 42 – Образование замыкающей головки заклепки

Отверстия под заклепки пробивают немного большего (на 0,5–1 мм) диаметра заклепки. Свободный конец должен иметь длину, необходимую для изготовления замыкающей головки (рисунок 42). После клепки разность между диаметрами стержня и отверстия устраняется за счет уширения стержня заклепки.

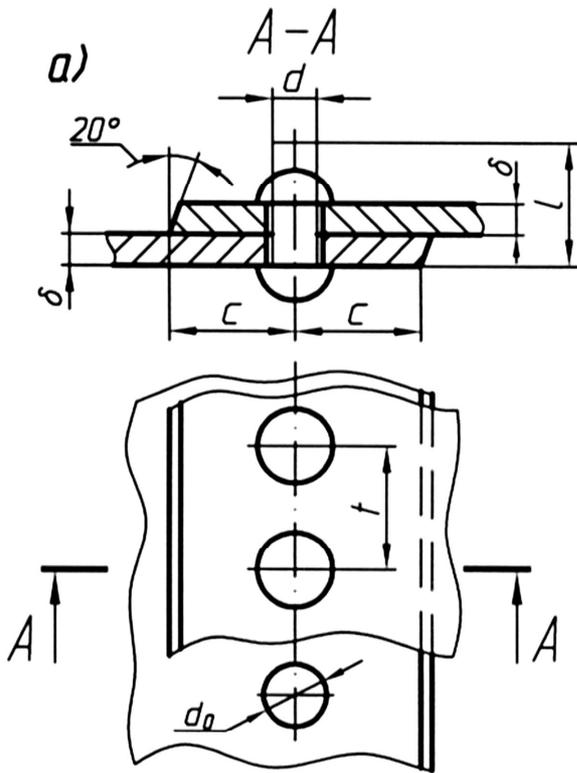
При скреплении ряд заклепок образует *заклепочный шов*. По характеру работы заклепочные швы разделяются на *прочные*, воспринимающие только усилия, *плотные*, обладающие герметичностью, и *прочноплотные*, воспринимающие усилия и обладающие герметичностью. Конструктивно заклепочные швы разделяются на два типа: *внахлестку* и *стыковые*. Если скрепляемые листы накладываются друг на друга, то образуется соединение *внахлестку*. Если листы примыкают друг к другу торцами, то образуется *стыковое* соединение. Во втором случае применяют накладки.

Заклепки в шве могут быть расположены в один или несколько рядов и соответственно называются *однорядными*, *двухрядными* и т. д. Расположение заклепок многорядных заклепочных швов может быть выполнено в шахматном порядке или параллельно друг другу (рисунок 43). Число рядов стыкового шва считается по одну сторону от стыка.

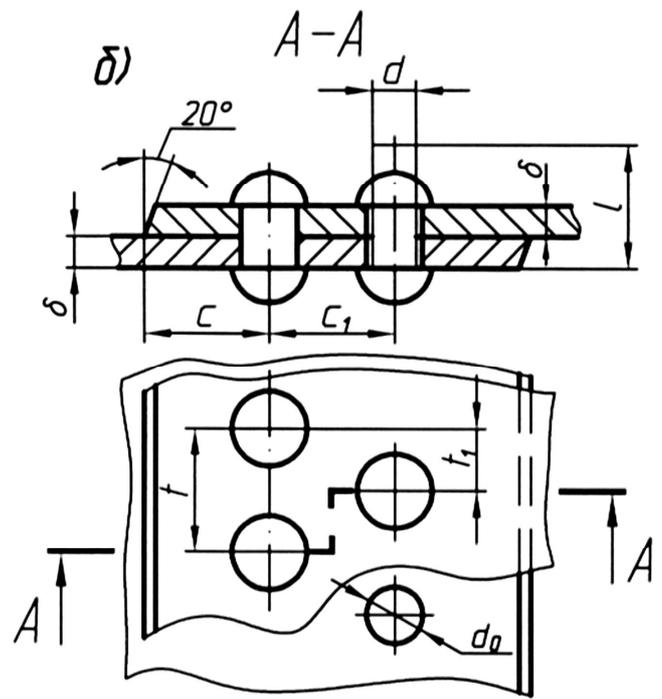
**Указания к выполнению задания.** В таблице 11 исходных данных для расчета заклепочного соединения по вариантам выбирается тип соединения и толщина склепываемых листов.

По формулам, приведенным в таблице 12, рассчитывают диаметр  $d$  стержня заклепки с *полукруглой головкой* и все элементы заклепочного шва.

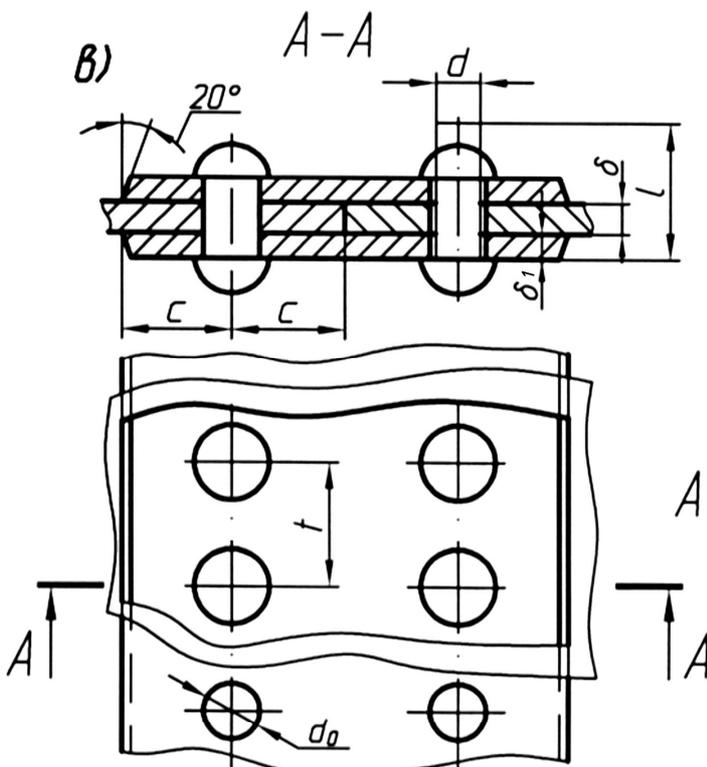
Окончательный диаметр заклепки принимают по ГОСТ 10299–80 – ближайшее значение к расчетному диаметру. Наиболее употребительные диаметры заклепок 14, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30 мм. Из того же ГОСТа берут размеры всех других элементов заклепки. Необходимые данные ГОСТ 10299–80 приведены в приложении С.



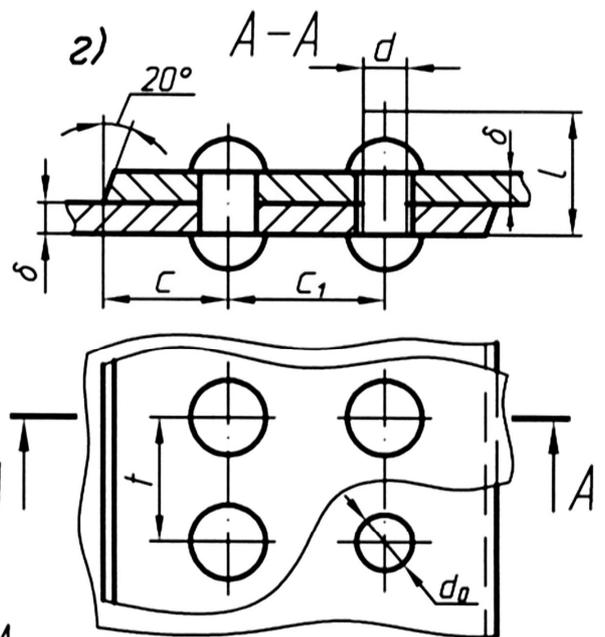
Заклепка  $d \times l$  ГОСТ 10299-80  
Однорядный шов внахлестку



Заклепка  $d \times l$  ГОСТ 10299-80  
Двухрядный шов  
внахлестку шахматный



Заклепка  $d \times l$  ГОСТ 10299-80  
Однорядный шов встык



Заклепка  $d \times l$  ГОСТ 10299-80  
Двухрядный шов  
внахлестку параллельный

Рисунок 43 – Соединение заклепками

Таблица 11 – Варианты задания для расчета заклепочного соединения

№ варианта	Тип соединения	$\delta$	№ варианта	Тип соединения	$\delta$
1	Однорядный внахлестку	8	19	Однорядный встык	12
2	Однорядный встык	8	20	Однорядный внахлестку	16
3	Двухрядный внахлестку параллельный	12	21	Однорядный встык	18
4	Двухрядный внахлестку шахматный	12	22	Однорядный внахлестку	20
5	Однорядный встык	5	23	Двухрядный внахлестку шахматный	12
6	Двухрядный внахлестку параллельный	10	24	Двухрядный внахлестку параллельный	18
7	Двухрядный внахлестку шахматный	20	25	Однорядный внахлестку	15
8	Однорядный внахлестку	12	26	Двухрядный внахлестку шахматный	16
9	Однорядный встык	10	27	Однорядный внахлестку	22
10	Двухрядный внахлестку шахматный	15	28	Однорядный встык	6
11	Однорядный внахлестку	10	29	Двухрядный внахлестку шахматный	16
12	Двухрядный внахлестку параллельный	16	30	Однорядный встык	8
13	Однорядный внахлестку	20	31	Однорядный внахлестку	12
14	Двухрядный внахлестку шахматный	18	32	Однорядный встык	18
15	Двухрядный внахлестку параллельный	12	33	Однорядный внахлестку	22
16	Однорядный встык	18	34	Однорядный встык	12
17	Однорядный внахлестку	10	35	Однорядный внахлестку	10
18	Двухрядный внахлестку шахматный	10	36	Двухрядный внахлестку параллельный	8

Таблица 12 – Расчет заклепочного соединения

Тип шва	$d$	$d_o$	$C$	$C_1$	$t$	$t_1$	$\delta_1$	
Однорядный внахлестку	$\delta+(6\dots 8)$	$d+1$	$1,5d$		$2d_o+8$	–	–	
Однорядный стыковой					$2d_o+8$	–	$2/3\delta$	
Двухрядный внахлестку				Параллельный	$0,8t$	$2,6d+15$	–	–
				Шахматный	$0,6t$	$2,6d+15$	$0,5t$	–

Полукруглую головку заклепки допускается вычерчивать исходя из соотношений диаметра стержня  $d$  (рисунок 44): наружный диаметр головки рассчитывают по формуле  $D = 1,75d$ ; высоту головки –  $H = 0,65d$ ; радиус –  $R = 0,9d$ . Длину заклепки  $l$  определяют по формулам:  $l = 2\delta + 1,5d$  – для соединения внахлестку;  $l = \delta + 2\delta_1 + 1,5d$  – для стыкового соединения, где  $\delta$  – толщина склепываемых листов;  $\delta_1$  – толщина накладки. Ближайшее к расчетному значению длину заклепки выбирают из ряда: 2; 3; 4; 5; 6;

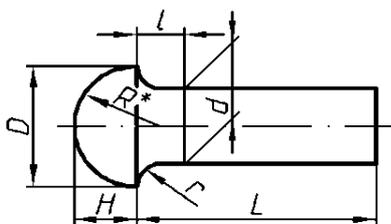


Рисунок 44 – Соотношения размеров полукруглой головки заклепки

7; 8; 9; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 24; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 52; 55; 58; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 110; 120; 130; 140; 150; 160; 170; 180 (по ГОСТ 10299–80) и принимают за окончательную длину заклепки.

Заклепочное соединение вычерчивают в двух видах с полным разрезом на месте главного вида. Масштаб чертежа выбирается самостоятельно. На чертеже должны быть указаны численные значения размеров: толщина склепываемых листов  $\delta$ , толщина накладки  $\delta_1$ , диаметр стержня заклепки  $d$ , диаметр отверстия под заклепку  $d_o$ , расстояние от центра заклепки до края листа  $C$ , шаг заклепок  $t$  (расстояние между центрами двух заклепок в заклепочном ряду), расстояние между заклепочными рядами (дорожка)  $C_1$ , а также длина заклепки  $l$ . На чертеже также указывается обозначение заклепки (см. приложение А.7).

Текстовый документ с расчетом оформляется на отдельном листе чертежным шрифтом № 5.

## 7.2 Соединения сварные

В современном машиностроении сварка является основным способом получения неразъемных соединений. Сварные соединения уменьшают трудоемкость изготовления изделий и приводят к экономии металла. Она почти полностью вытеснила клепку при изготовлении металлических конструкций для промышленного и гражданского строительства. Сварка – технологический процесс образования неразъемного соединения деталей в результате молекулярного проникновения (диффузии) металлов свариваемого изделия и плавящегося электрода, находящихся в жидком или высокопластичном состоянии с последующей совместной кристаллизацией металлов при остывании.

Сварным швом называют затвердевший после расплавления металл, соединяющий свариваемые детали, а совокупность деталей, соединенных сварным швом, называется сварным соединением. В зависимости от способа образования сварного шва различают сварку плавлением и давлением. Сварку *плавлением* осуществляют *газовой и дуговой сваркой*, когда поверхности кромок плавятся одновременно с присадочным материалом. Сварка *давлением* осуществляется *специальными машинами*, с помощью которых на предварительно нагретые поверхности оказывается давление, достаточное для создания пластической деформации соединяемых частей. Существует много видов сварки и способов их осуществления, например: ручная дуговая (ГОСТ 5264–80), автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом (ГОСТ 11533–75), дуговая в защитном газе (ГОСТ 14771–76), контактная (ГОСТ 15878–79).

*Сварным соединением* называют совокупность изделий, соединенных сварным швом. По способу взаимного расположения частей свариваемых изделий различают соединения: стыковые – С, угловые – У, тавровые – Т и соединения внахлестку – Н. На чертежах к буквенному обозначению добавляют цифровое: С1, С2, С3..., У1, У2, У3..., Т1, Т2, Т3..., Н1, Н2, Н3..., характеризующее вид подготовки кромок и интервал толщины свариваемых деталей. В стыковых соединениях свариваемые части изделий соединяются торцами, а поверхности одной части детали являются продолжением поверхностей другой части. В угловых соединениях свариваемые части изделий расположены под углом и соединяются по кромкам. В зависимости от конструкции угол между свариваемыми деталями может быть прямой либо отличен от прямого. В тавровых соединениях торец одного изделия соединяется с поверхностью другого, а в соединениях внахлестку поверхности соединяемых частей изделий частично перекрывают друг друга (рисунок 45).

Виды сварных соединений приведены в таблице 13.

Сварные швы классифицируются по следующим признакам:

*протяженности* – непрерывные (сплошные), прерывистые и точечные. Как правило, швы выполняются непрерывными. Прерывистый шов состоит из одинаковых по длине заваренных участков с равными промежутками между ними. На рисунке 46 изображены прерывистые сварные швы с шахматным (рисунок 46, а) и цепным (рисунок 46, б, в) расположением свариваемых участков. Длину свариваемого участка прерывистого шва обозначают  $l$ , а шаг между участками –  $t$ . Точечный шов есть разновидность прерывистого шва; его выполняют с круглыми или продолговатыми отверстиями под сварку (рисунок 46, г);

*внешней форме* – выпуклые, плоские и вогнутые;

*числу проходов* – односторонние или многосторонние, в зависимости от количества проходов сварочной дуги;

*форме подготовки кромок* – без скоса кромок, со скосом одной кромки, со скосом двух кромок, с криволинейным скосом двух кромок, с двумя симметричными скосами одной кромки, с двумя несимметричными скосами одной кромки, с двумя симметричными скосами двух кромок и др.;

*характеру выполнения* – односторонними (односторонний провар) и двухсторонними (провар с двух сторон).

Границы шва изображают сплошными основными линиями, а конструктивные элементы кромок в границах шва – сплошными тонкими линиями.

Условное обозначение шва наносят на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва с лицевой стороны или под полкой линии-выноски, проводимой с оборотной стороны (невидимый шов). Линию-выноску начинают односторонней стрелкой. За лицевую сторону одностороннего шва сварного соединения принимают ту, с которой производят сварку. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с несимметрично подготовленными кромками принимают ту, с которой производят сварку основного шва (рисунок 47). Для сварного соединения с симметрично подготовленными кромками может быть принята любая сторона.

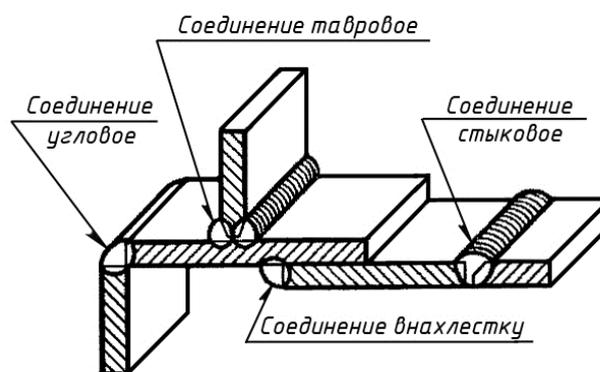


Рисунок 45 – Виды сварных соединений

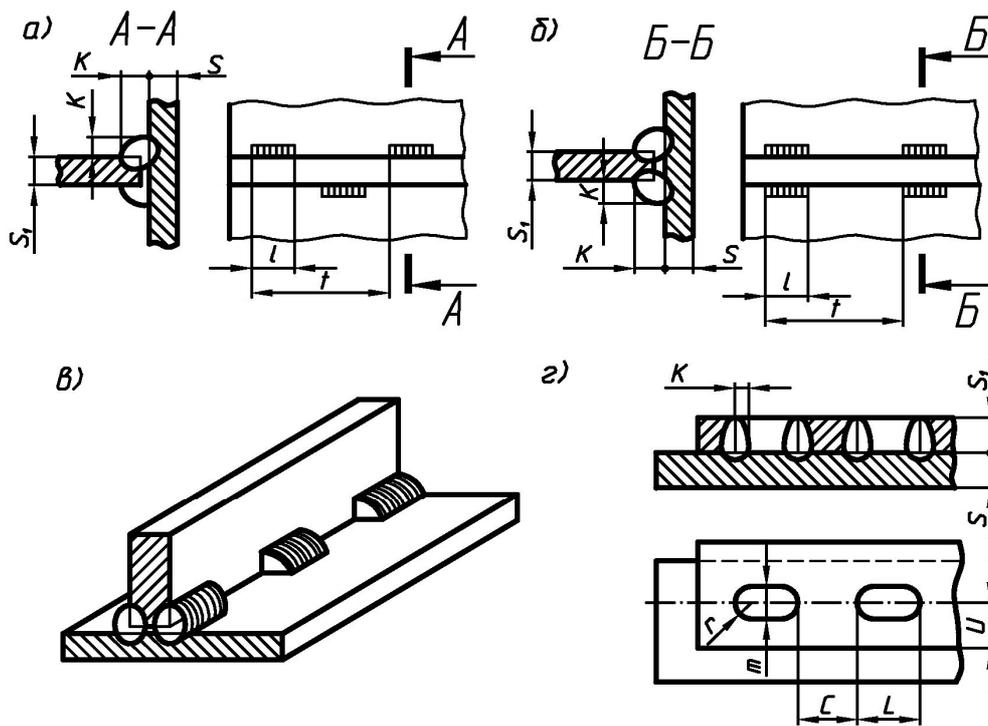


Рисунок 46 – Виды сварных швов

Таблица 13 – Виды сварных соединений по ГОСТ 5264–80

Тип соединения	Форма подготовленных кромок	Характер сварного шва	Форма поперечного сечения		Толщина свариваемых деталей, мм	Условное обозначение соединения
			подготовленных кромок	сварного шва		
Стыковое	Без скоса кромок	Односторонний			1–4	C2
Стыковое	Без скоса кромок	Двухсторонний			2–5	C7
Стыковое	Со скосом одной кромки	Односторонний			6–12	C8
Стыковое	Со скосом одной кромки	Двухсторонний			3–60	C12
Стыковое	С двумя симметричными скосами одной кромки	Двухсторонний			8–100	C15
Стыковое	Со скосом кромок	Односторонний			3–60	C17
Стыковое	С двумя симметричными скосами кромок	Двухсторонний			8–120	C25
Угловое	Без скоса кромок	Односторонний			1–6	У4
					1–30	
Угловое	Со скосом одной кромки	Односторонний			3–60	У6
		Двухсторонний				У7

Окончание таблицы 13

Тип соединения	Форма подготовленных кромок	Характер сварного шва	Форма поперечного сечения		Толщина свариваемых деталей, мм	Условное обозначение соединения
			подготовленных кромок	сварного шва		
Угловое	Со скосом кромок	Двухсторонний			8–100	У8
Угловое	Со скосом кромок	Односторонний			3–60	У9
		Двухсторонний				У10
Тавровое	Без скоса кромок	Односторонний			2–40	Т1
		Двухсторонний				Т3
Тавровое	Со скосом одной кромки	Односторонний			3–60	Т6
		Двухсторонний				Т7
Тавровое	С двумя симметричными скосами одной кромки	Двухсторонний			8–100	Т8
					12–100	Т9
Нахлесточное	Без скоса кромок	Односторонний			2–60	Н1
		Двухсторонний				Н2

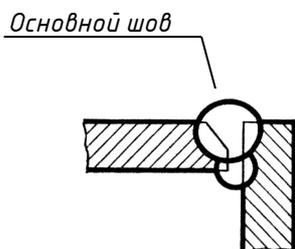


Рисунок 47 – Расположение основного шва

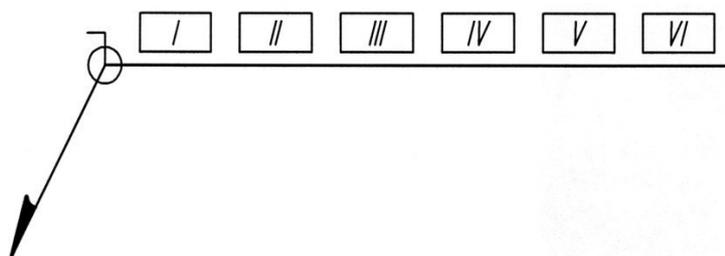


Рисунок 48 – Полное условное обозначение сварного шва

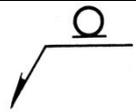
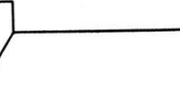
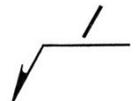
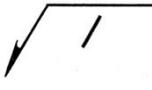
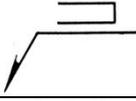
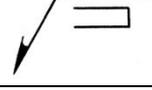
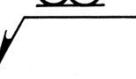
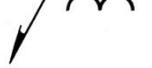
На рисунке 48 приведено полное условное обозначение стандартного шва или одиночной сварной точки по ГОСТ 2.312–72. На месте прямоугольников наносят:

I – обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов; II – буквенно-цифровые обозначения шва; III – условное обозначение способа сварки согласно стандарту (допускается не включать в обозначение сварного шва); IV – знак и размер катета шва ( $1/2 - 2/3$  толщины свариваемых деталей); V – размеры для прерывистого шва (длина участка сварки и шаг) или расчетный диаметр для одиночной точечной сварки; VI – знак снятия выпуклости шва или плавного перехода, параметр шероховатости обработанного шва (выступающая часть шва над поверхностью основного металла называется *выпуклостью* шва), знак шва по незамкнутой линии.

Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов приведены в таблице 14. Знаки выполняют сплошными тонкими линиями, высота которых одинакова с высотой цифр, входящих в обозначение сварного шва.

В условное обозначение шва может быть включено также буквенное обозначение способа сварки, например, сварку автоматическую обозначают *A*, полуавтоматическую – *П*, контактную точечную – *K<sub>т</sub>*, шовную – *K<sub>ш</sub>*.

Таблица 14 – Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов

Вспомогательный знак	Значение вспомогательного знака	Расположение вспомогательного знака относительно полки линии-выноски, проведенной от обозначения шва	
		с лицевой стороны	с обратной стороны
⊖	Усиление шва снять		
└	Шов выполнить при монтаже изделия		
/	Шов прерывистый или точечный с цепным расположением		
Z	Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением		
○	Шов по замкнутой линии		
□	Шов по незамкнутой линии		
⌒	Наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу		

При наличии одинаковых швов (одинаковы их типы и размеры конструктивных элементов в поперечном сечении и к ним предъявляются одинаковые технические требования) обозначения наносят у одного изображения, а у остальных проводят линии-выноски с полками для указания номера шва (рисунок 49). Количество одинаковых швов допускается указывать на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением.

Если по чертежу сварочные швы должны быть выполнены по одному и тому же стандарту, обозначение его указывают в технических требованиях (запись по типу: «Сварочные швы по ...»). Также в технических требованиях указывают сварочные материалы (например, «Электрод Э42 ГОСТ 9467–75»).

Некоторые типы электродов, изготавливаемые по ГОСТ 9467–75: Э38, Э42, Э46, Э50 – для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей; Э42А, Э46А, Э50А – то же, когда к металлу сварных швов предъявляются повышенные требования по пластичности и ударной вязкости.

Допускается не присваивать порядковый номер одинаковым швам. При этом швы, не имеющие обозначения, отмечают линиями-выносками без полок.

На чертеже симметричного изделия, при наличии на изображении оси симметрии, допускается отмечать линиями-выносками и обозначать швы только на одной из симметричных частей изделия.

*Пример обозначения сварных швов* (см. рисунок 49): шов № 1 – соединение выполнено с помощью электродуговой ручной сварки (ГОСТ 5264–80), двухсторонний сварной шов таврового соединения без скоса кромок, катет шва – 10 мм, усиление шва – снять; шов № 2 – соединение выполнено с помощью электродуговой ручной сварки (ГОСТ 5264–80), двухсторонний сварной шов углового соединения со скосом двух кромок.

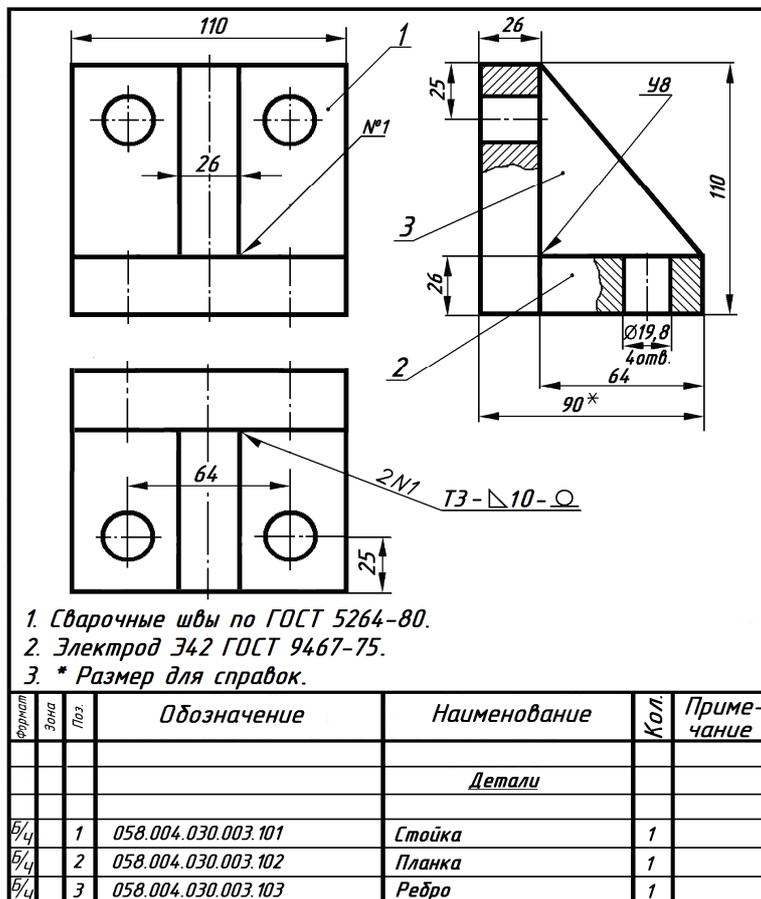


Рисунок 49 – Чертеж сварного соединения

**Указания к выполнению задания.** По варианту из указанных деталей (рисунок 50) собрать конструкцию, выполненную с помощью ручной электродуговой сварки. На листе выполнить чертеж сварной сборочной конструкции с необходимым количеством видов, необходимыми разрезами (в разрезе различные элементы сварной сборочной конструкции штрихуются в разные стороны), с нанесением размеров и обозначением сварных швов по ГОСТ 2.312–72\*. Масштаб чертежа выбирается самостоятельно. На свободном месте поля чертежа над основной надписью располагают спецификацию, в которой перечисляются все элементы (составные части или детали) сварной конструкции. Размеры спецификации даны на образце чертежа сварной конструкции (см. приложение А.8). *Необходимо обратить внимание, что на чертежах размеры таблиц не проставляются.*

На чертеже все элементы сварной конструкции нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации. Номера позиций наносят на полках линий-выносок, проводимых, как правило, от видимых изображений составных элементов конструкции. Линия-выноска должна одним концом заходить на изображение указываемой составной части изделия (указываемого элемента конструкции) и заканчиваться точкой. Полки линий-выносок располагают параллельно основной надписи вне контура изображения и группируют в колонки или строчки. Линии-выноски и полки проводят тонкими линиями. Шрифт номеров позиций должен быть на один-два размера больше, чем шрифт размерных чисел на том же чертеже. Линии-выноски не должны пересекаться между собой, пересекать размерные линии и быть параллельными линиям штриховки.

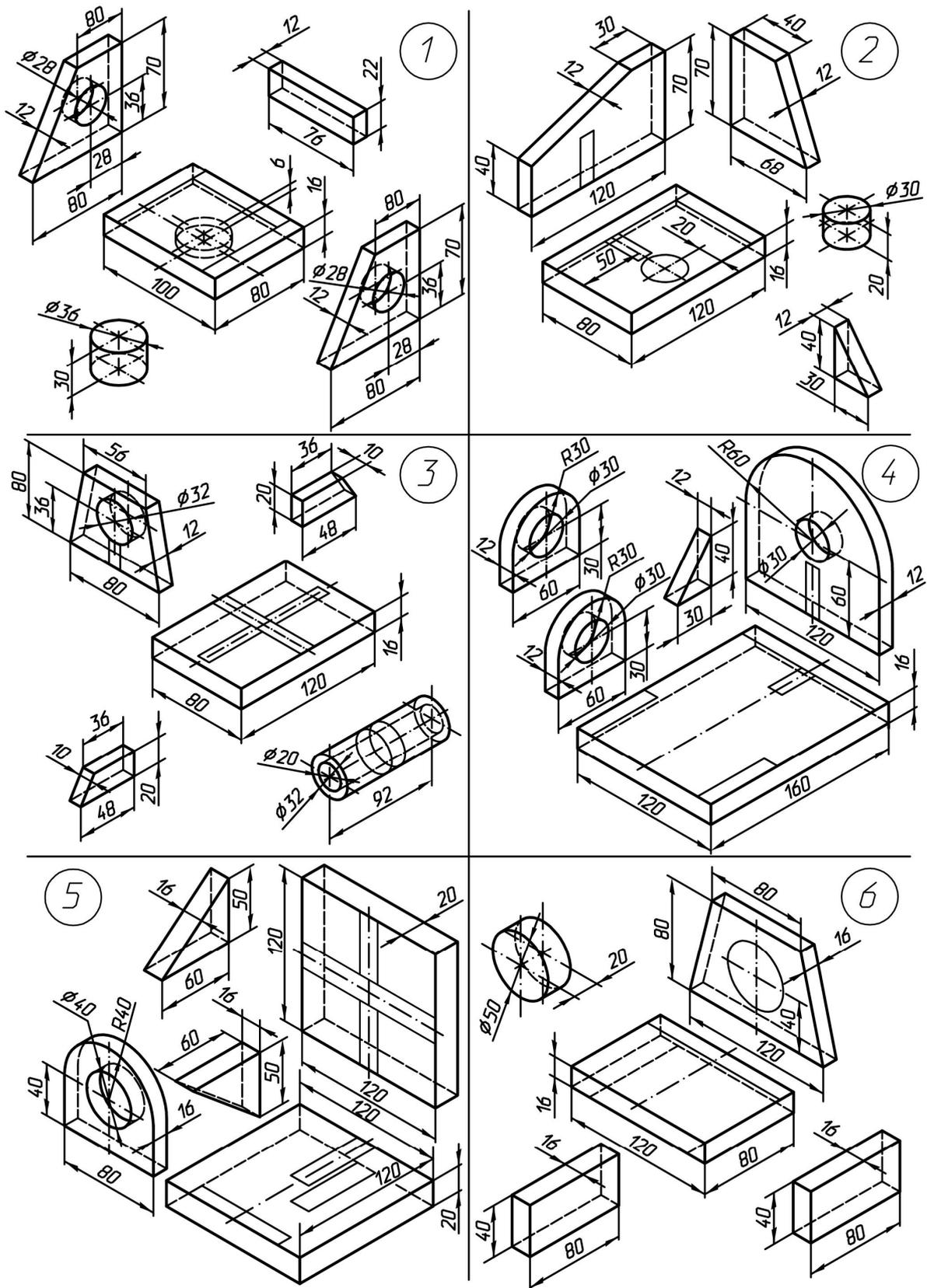


Рисунок 50 (начало) – Индивидуальные варианты задания

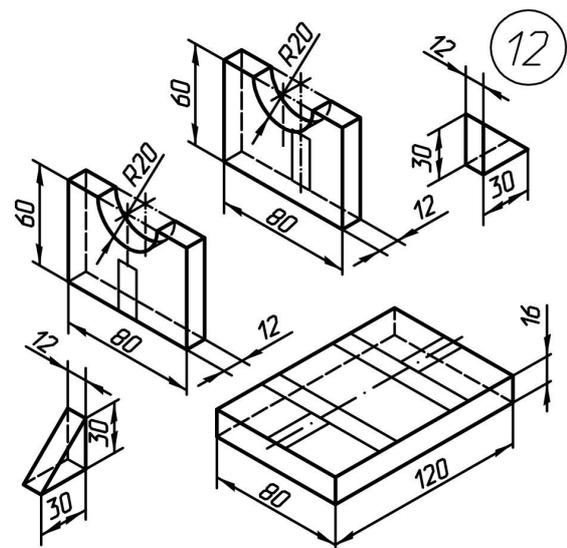
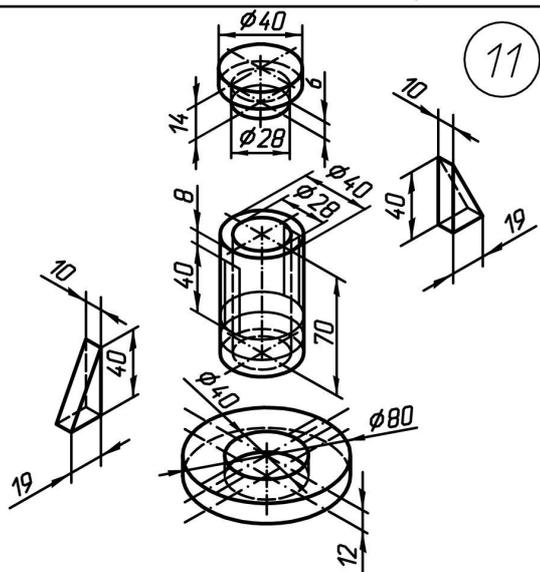
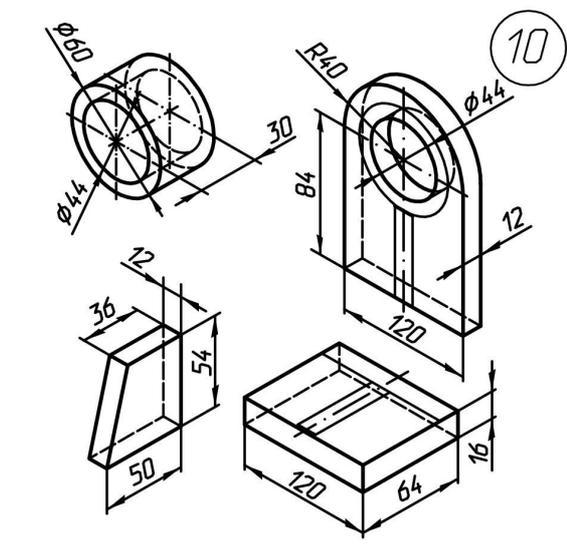
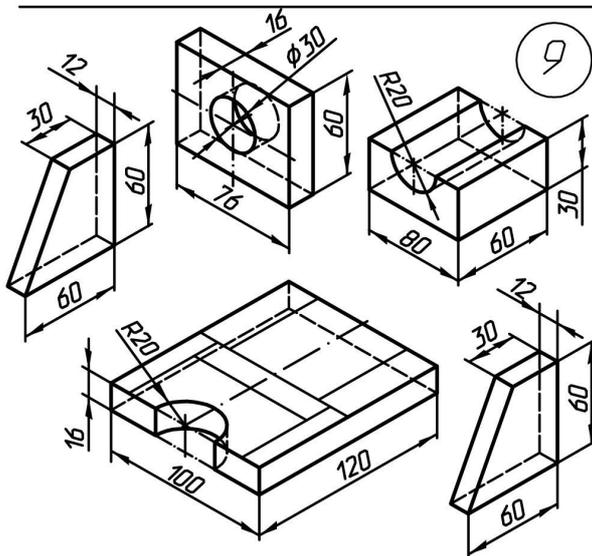
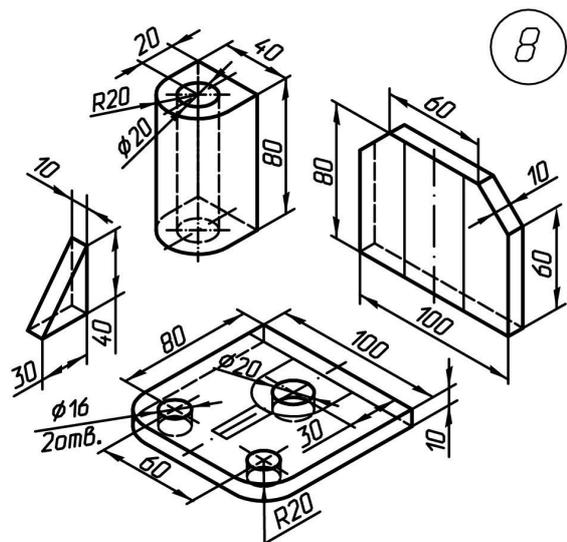
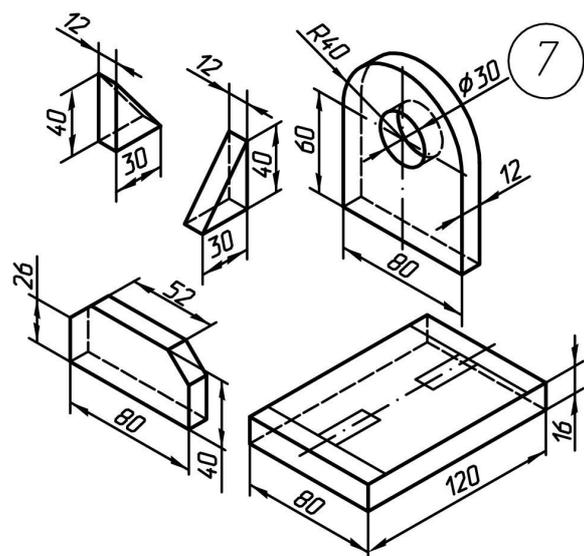


Рисунок 50 (продолжение) – Индивидуальные варианты задания

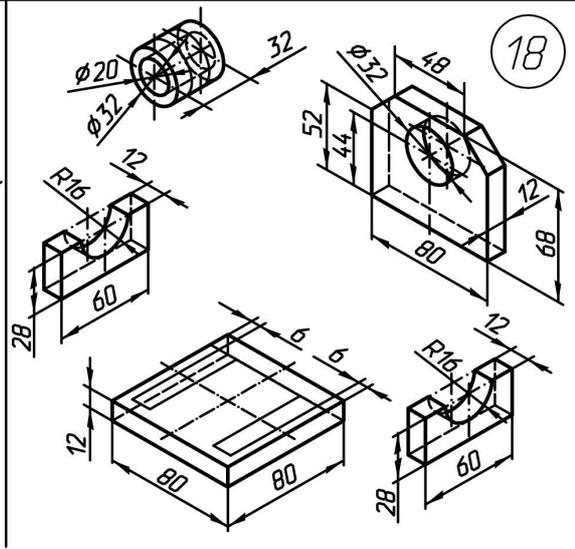
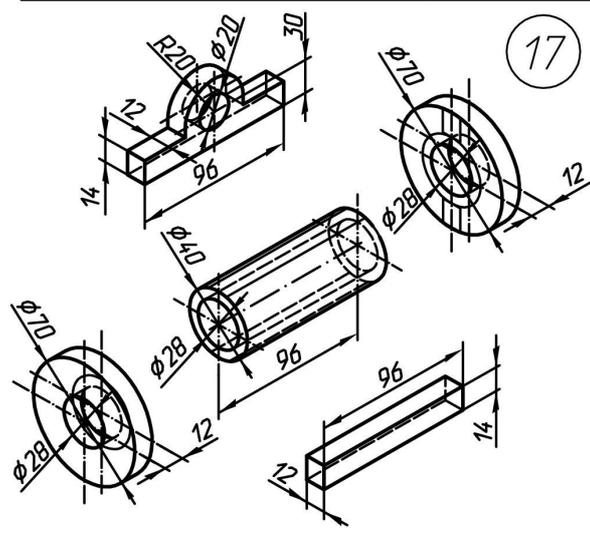
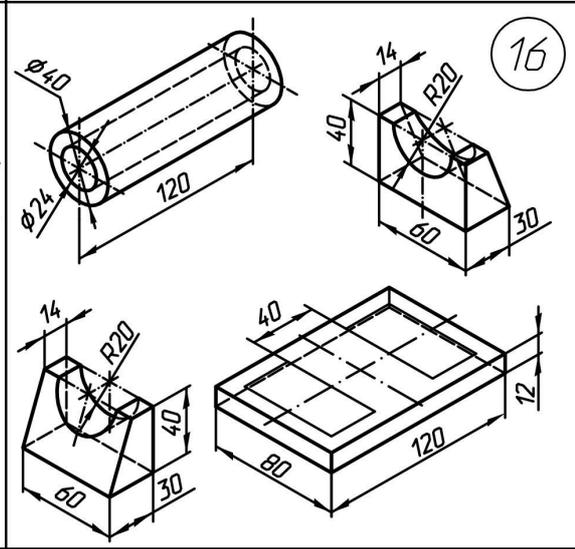
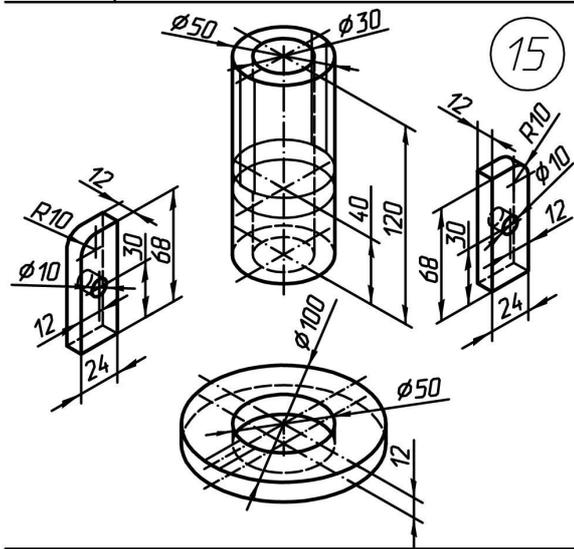
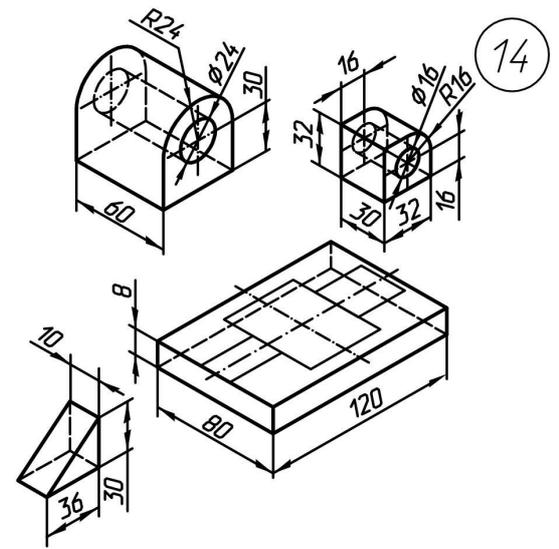
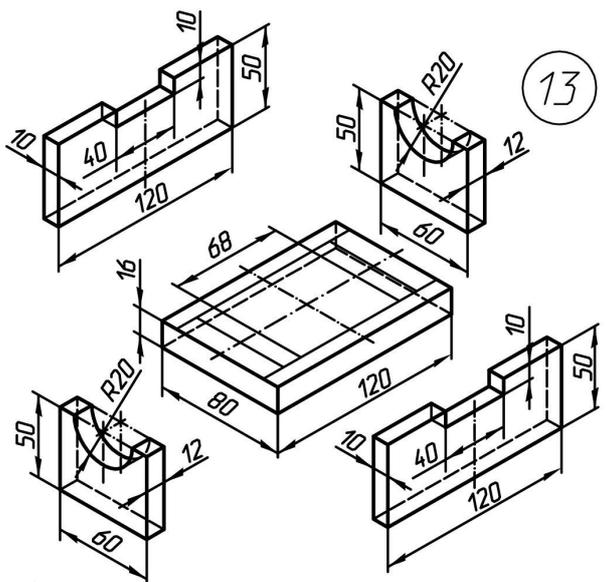


Рисунок 50 (продолжение) – Индивидуальные варианты задания

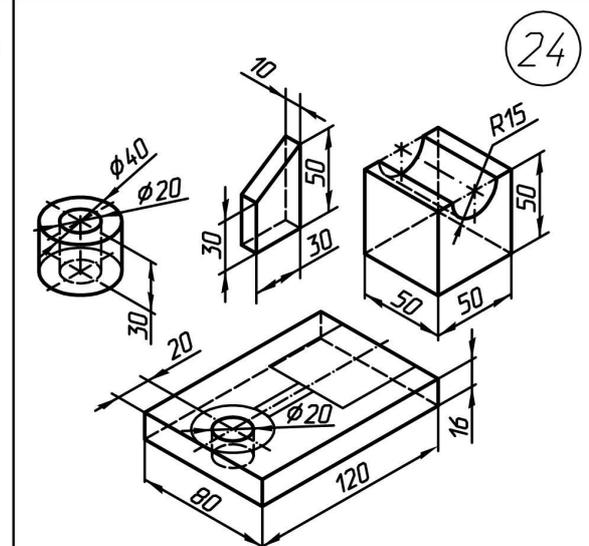
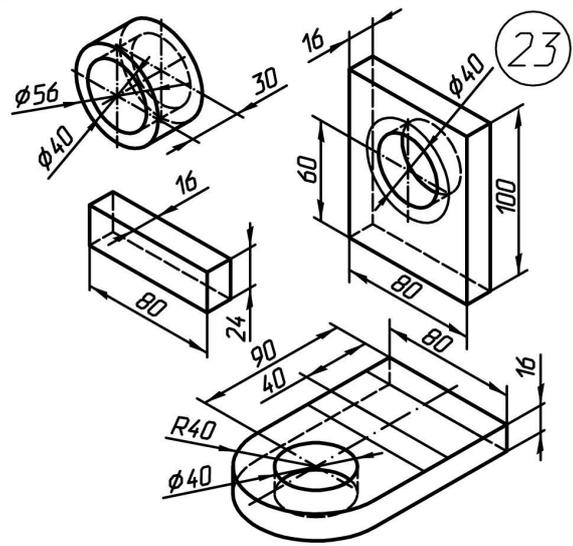
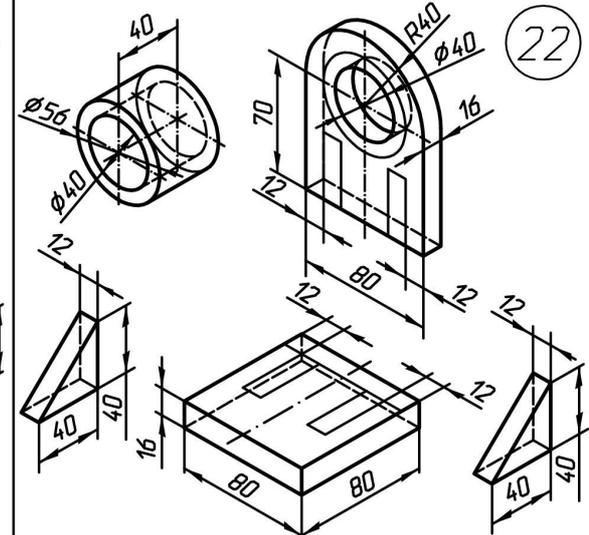
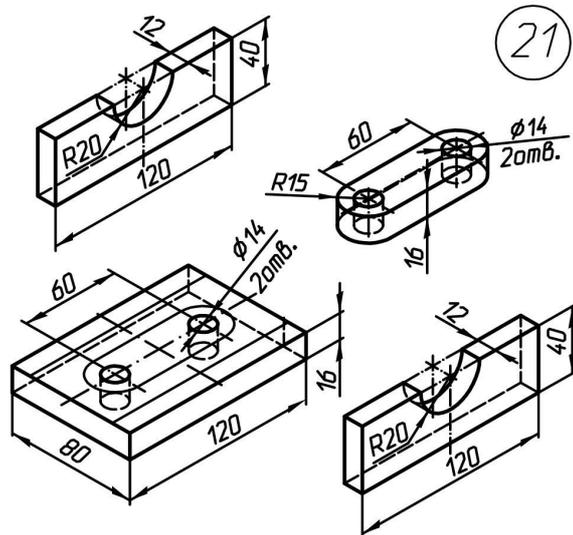
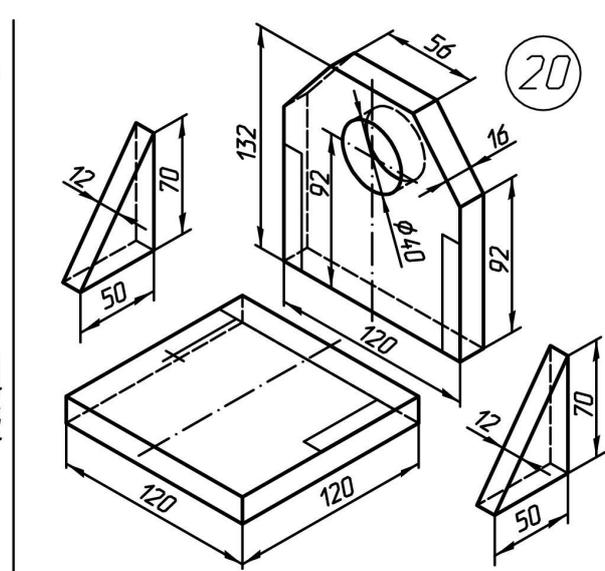
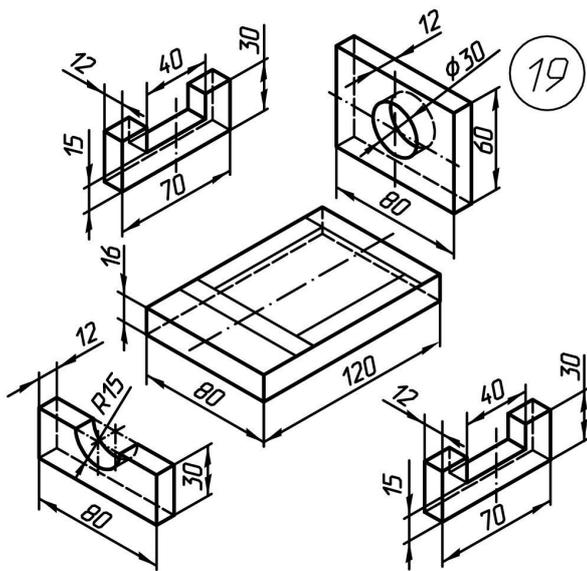


Рисунок 50 (продолжение) – Индивидуальные варианты задания



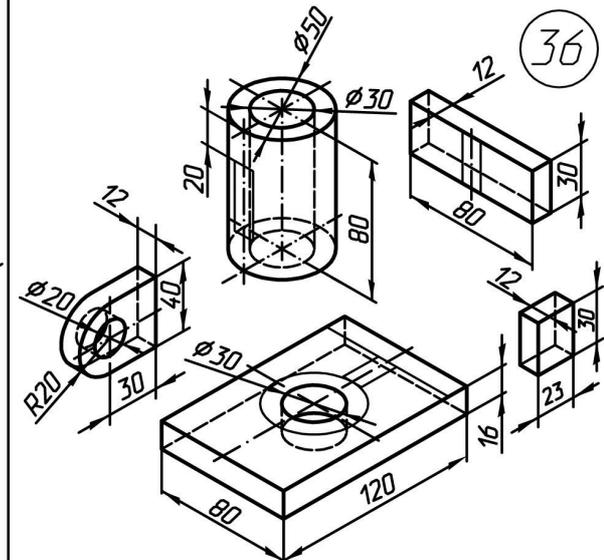
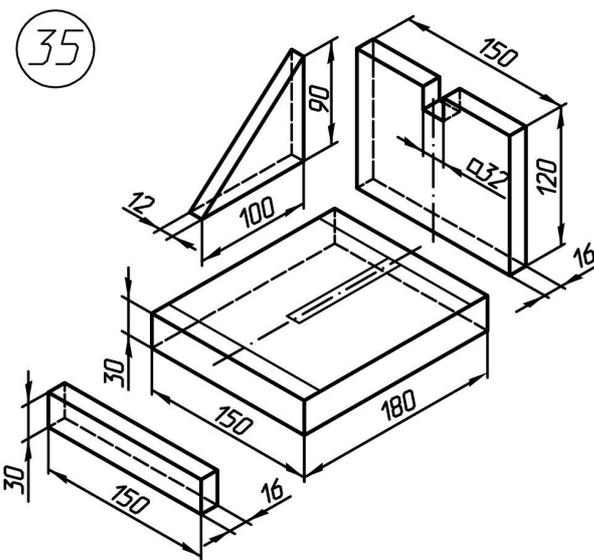
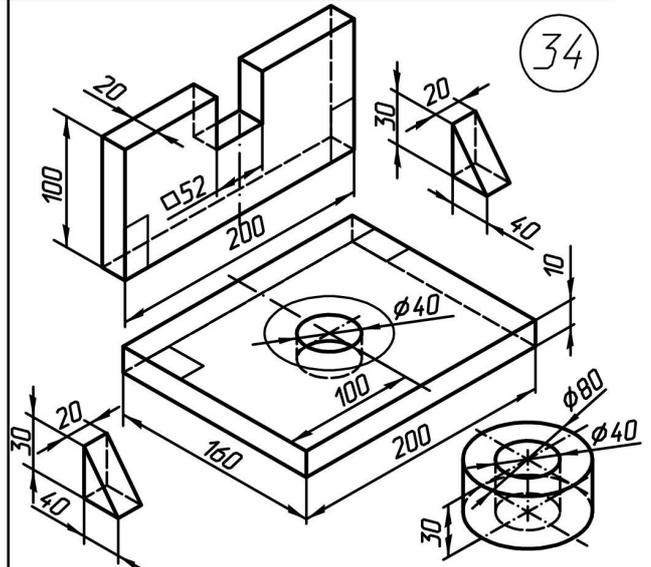
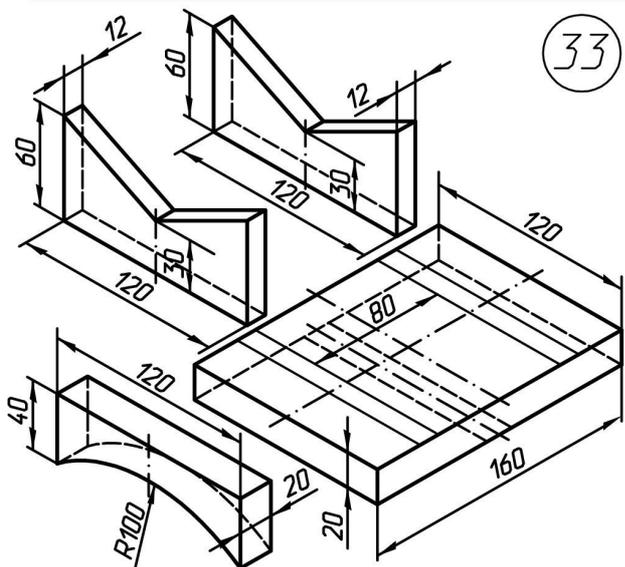
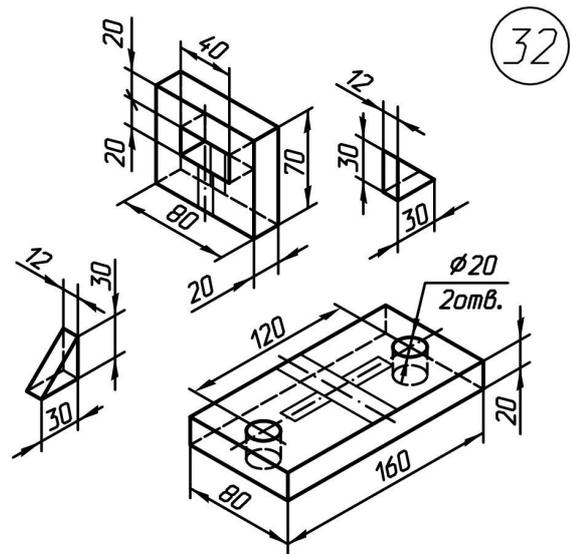
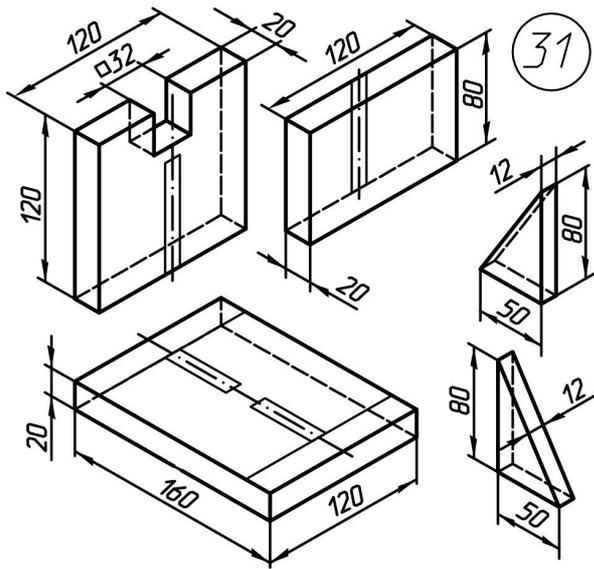


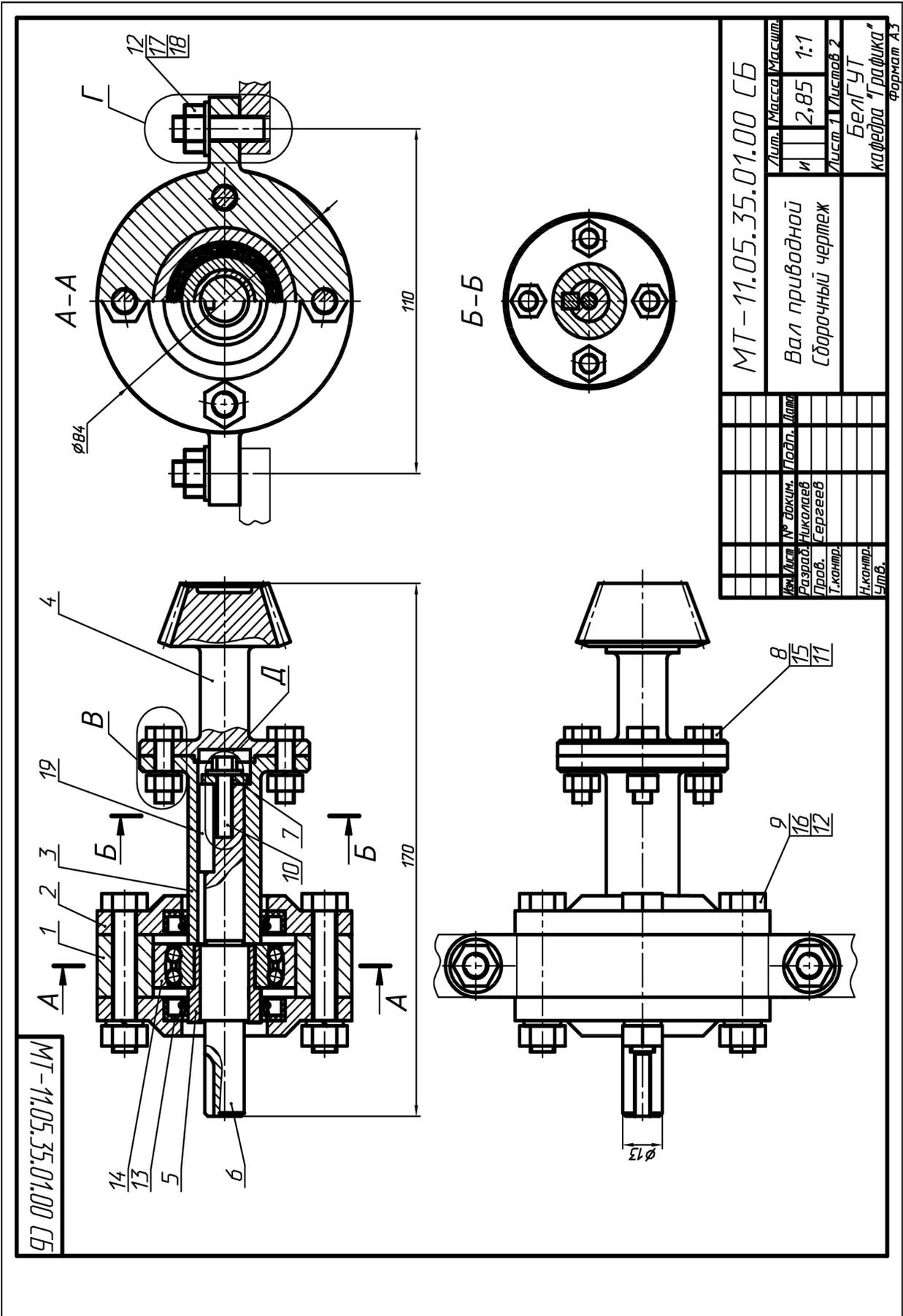
Рисунок 50 (окончание) – Индивидуальные варианты задания







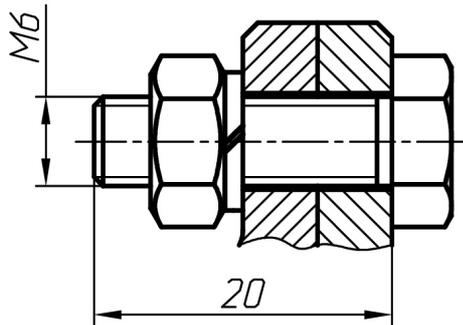
А.3 Образец выполнения сборочного чертежа



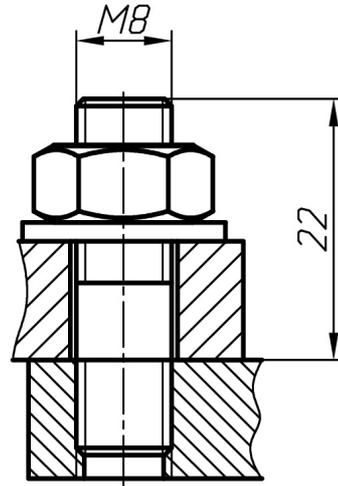
А.3 Образец выполнения сборочного чертежа (соединения болтом, шпилькой, винтом)

MT-11.05.35.01.00 СБ

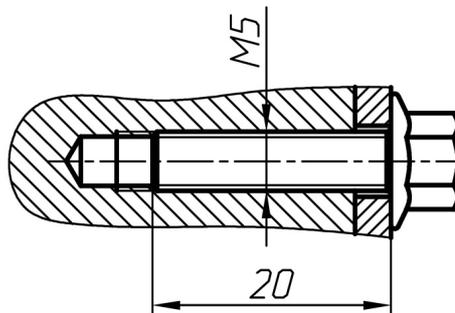
*B* (2,5:1)



*Г*



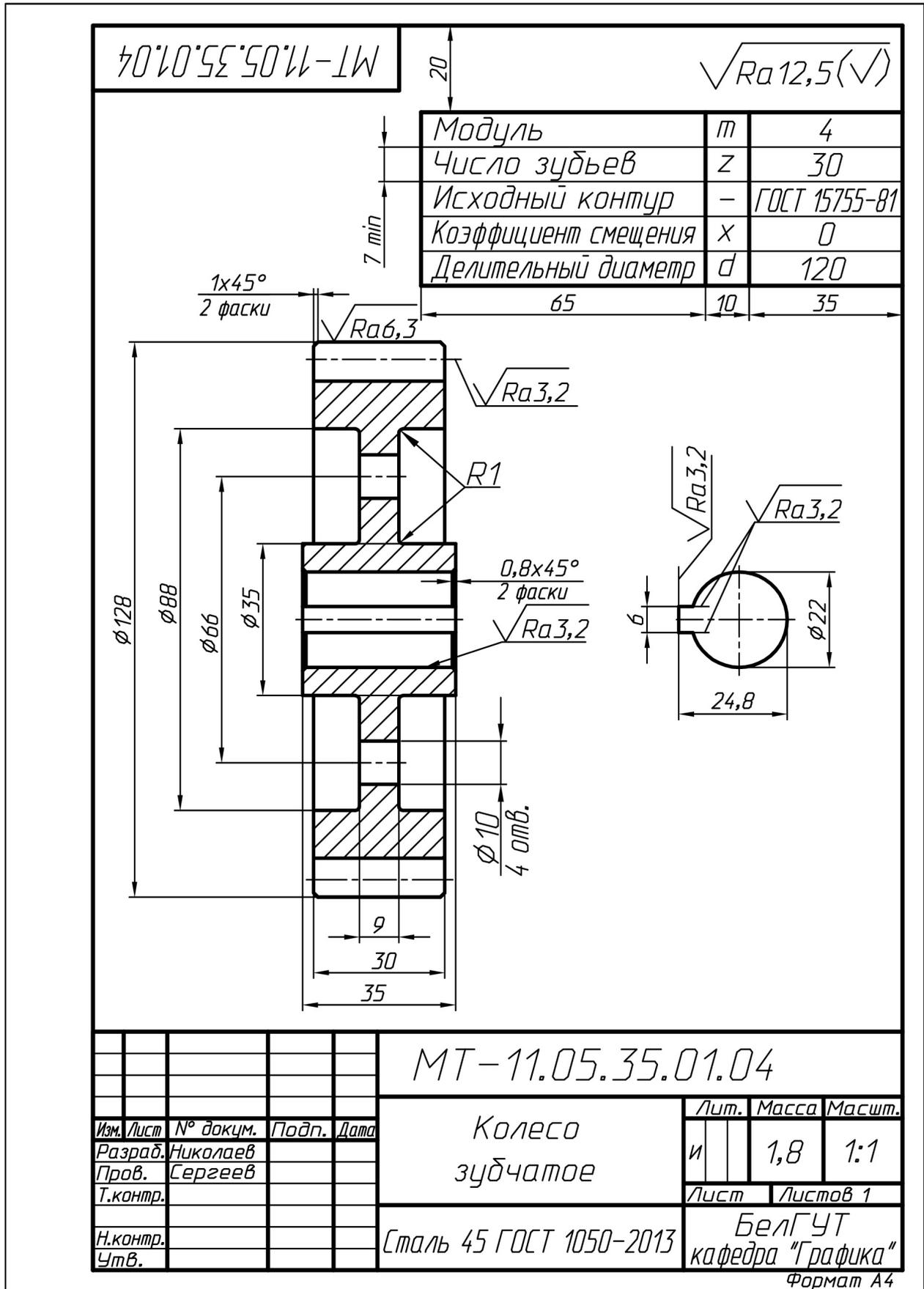
*Д*



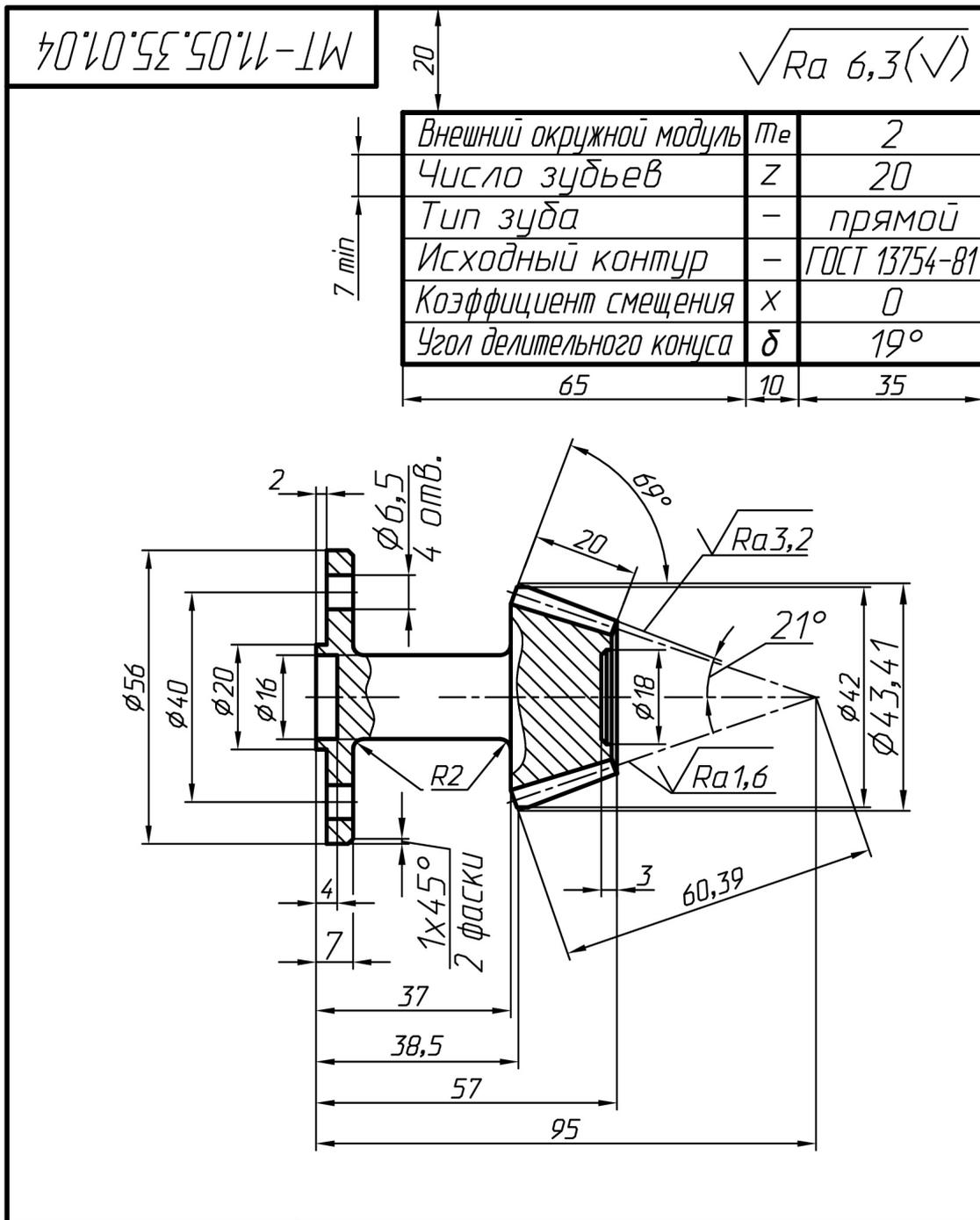
				MT-11.05.35.01.00 СБ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масшт.
					и	2,85	2:1
Разраб.	Николаев				Лист 2		Листов
Пров.	Сергеев						
Т.контр.							
Н.контр.					БелГУТ		
Утв.					кафедра "Графика"		

Формат А4

А.4 Образец выполнения цилиндрического зубчатого колеса



А.5 Образец выполнения конического зубчатого колеса

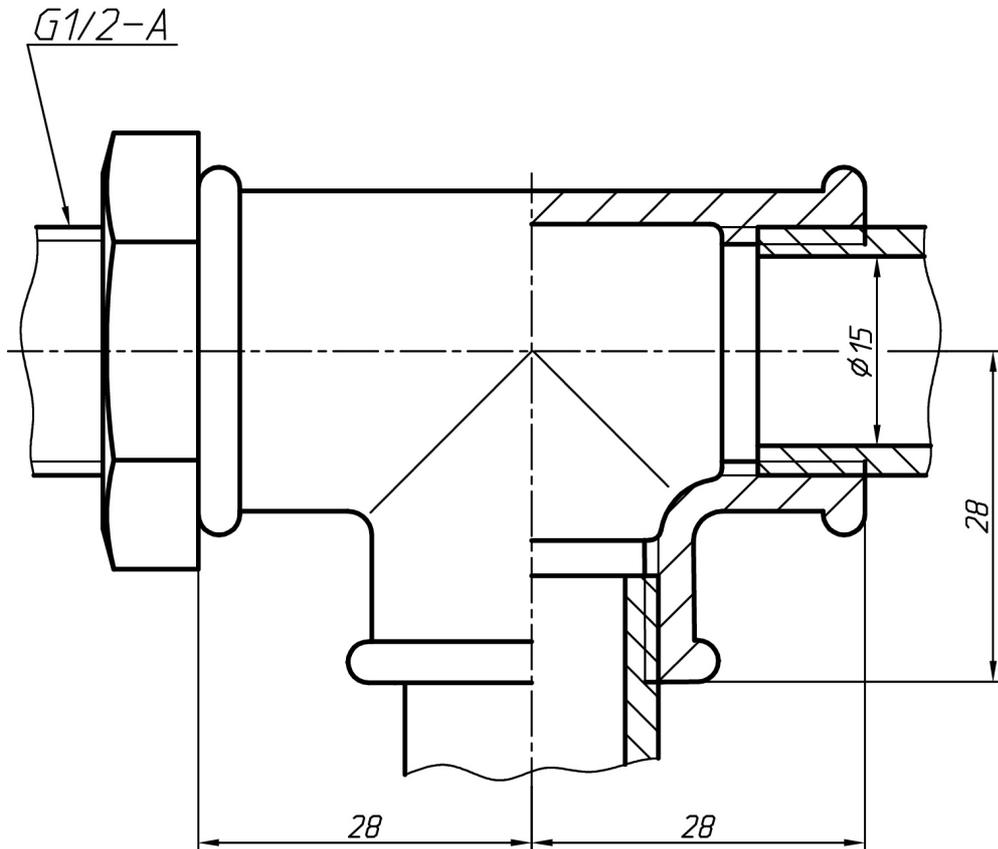


				MT-11.05.35.01.04			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масшт.
					и	0,3	1:1
Разраб. Николаев				Вал-шестерня			
Пров. Сергеев							
Т.контр.				Лист		Листов 1	
Н.контр.				Сталь 45 ГОСТ 1050-2013			
Утв.							
				БелГУТ кафедра "Графика"			

Формат А4

А.6 Образец выполнения трубного соединения

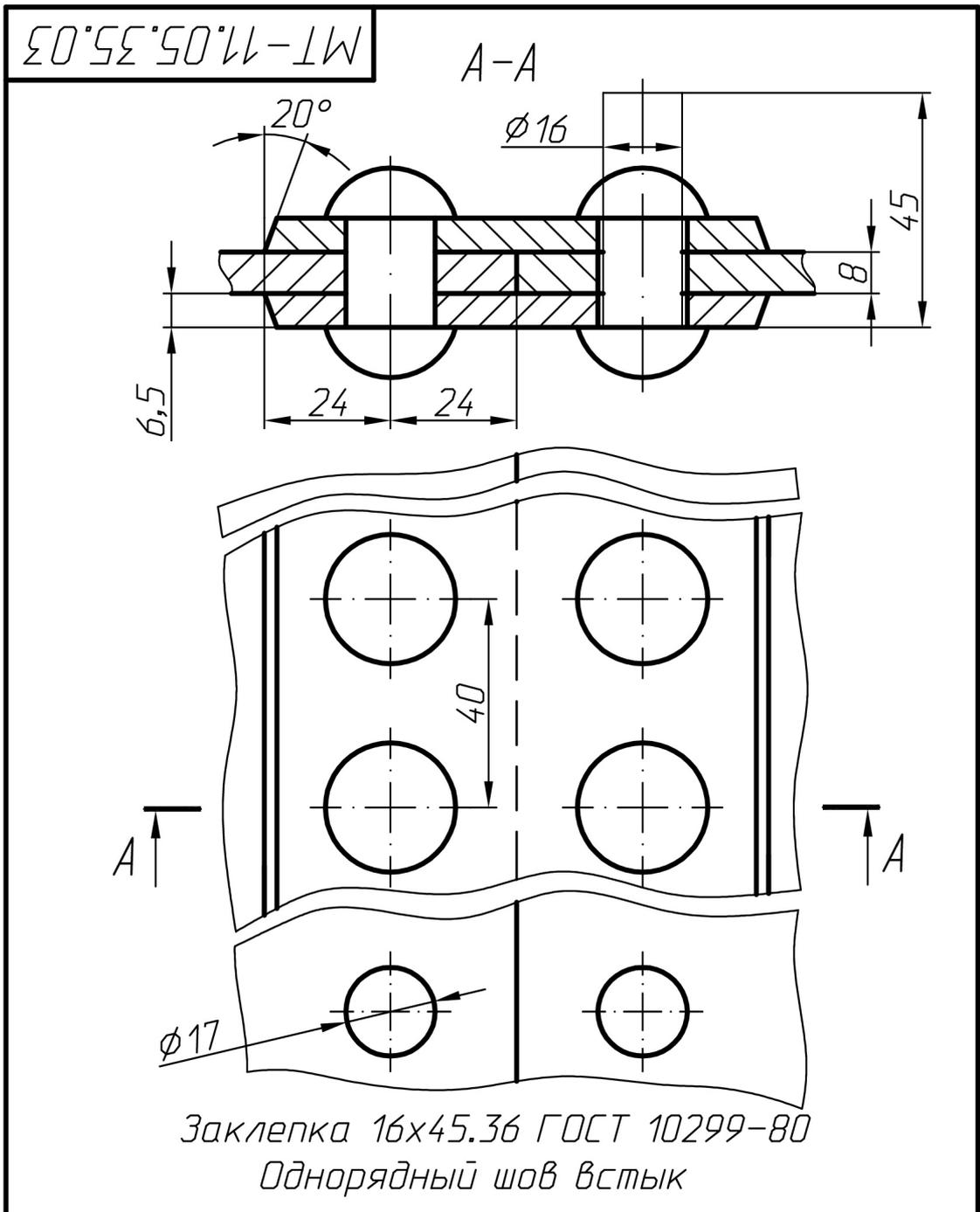
MT-11.05.35.02



Тройник Ц-15 ГОСТ 8948-75

				MT-11.05.35.02				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Соединение трубное	Лит.	Масса	Масшт.
Разраб.	Николаев					и	-	2:1
Пров.	Сергеев					Лист	Листов 1	
Т.контр.						БелГУТ кафедра "Графика"		
Н.контр.					Формат А4			
Утв.								

А.7 Образец выполнения соединения заклепкой



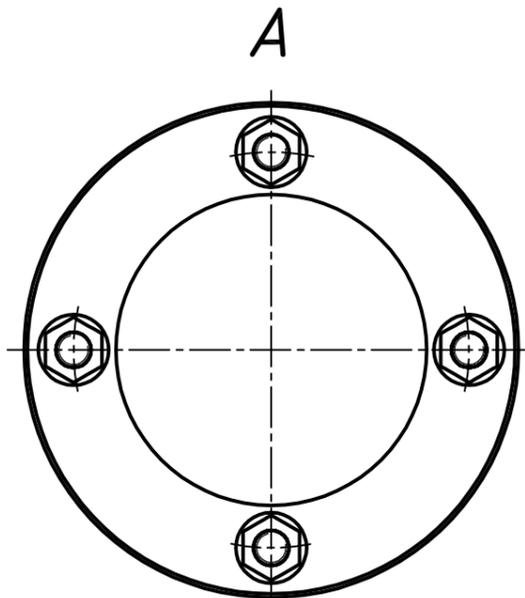
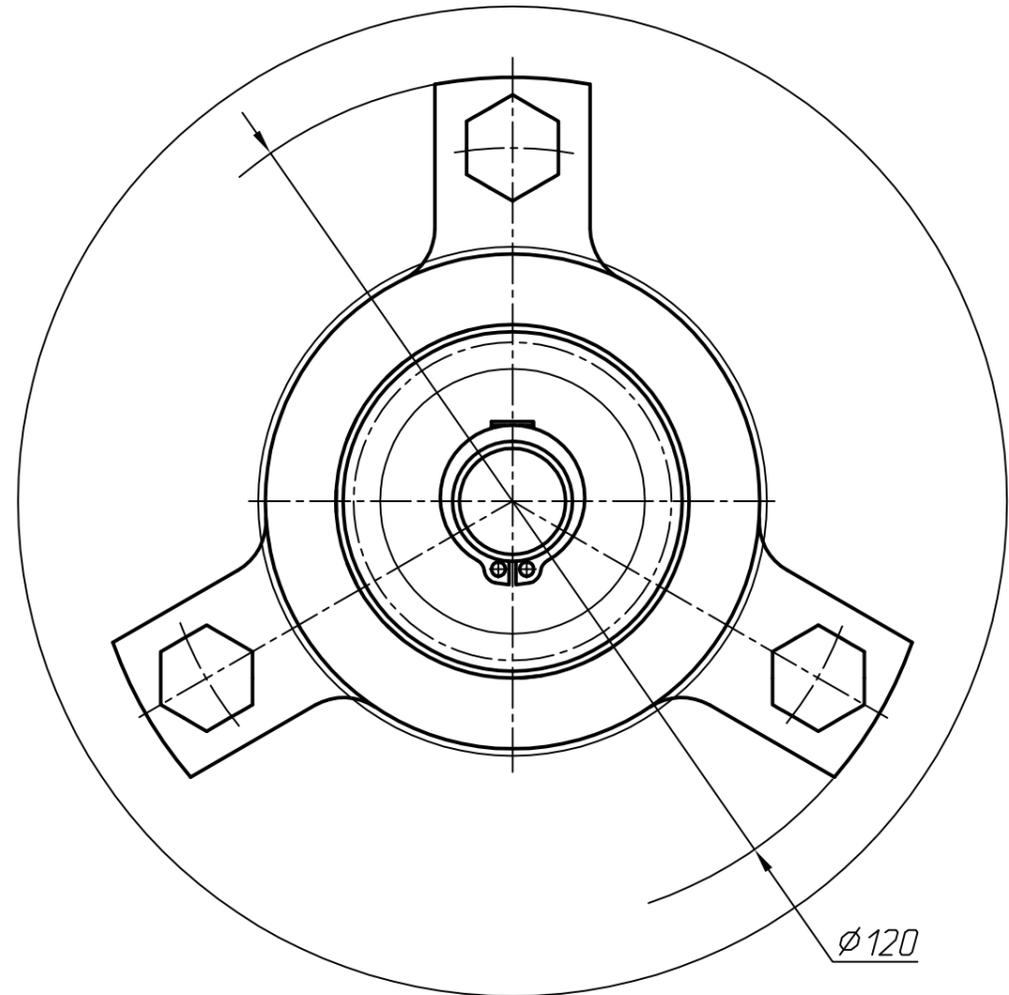
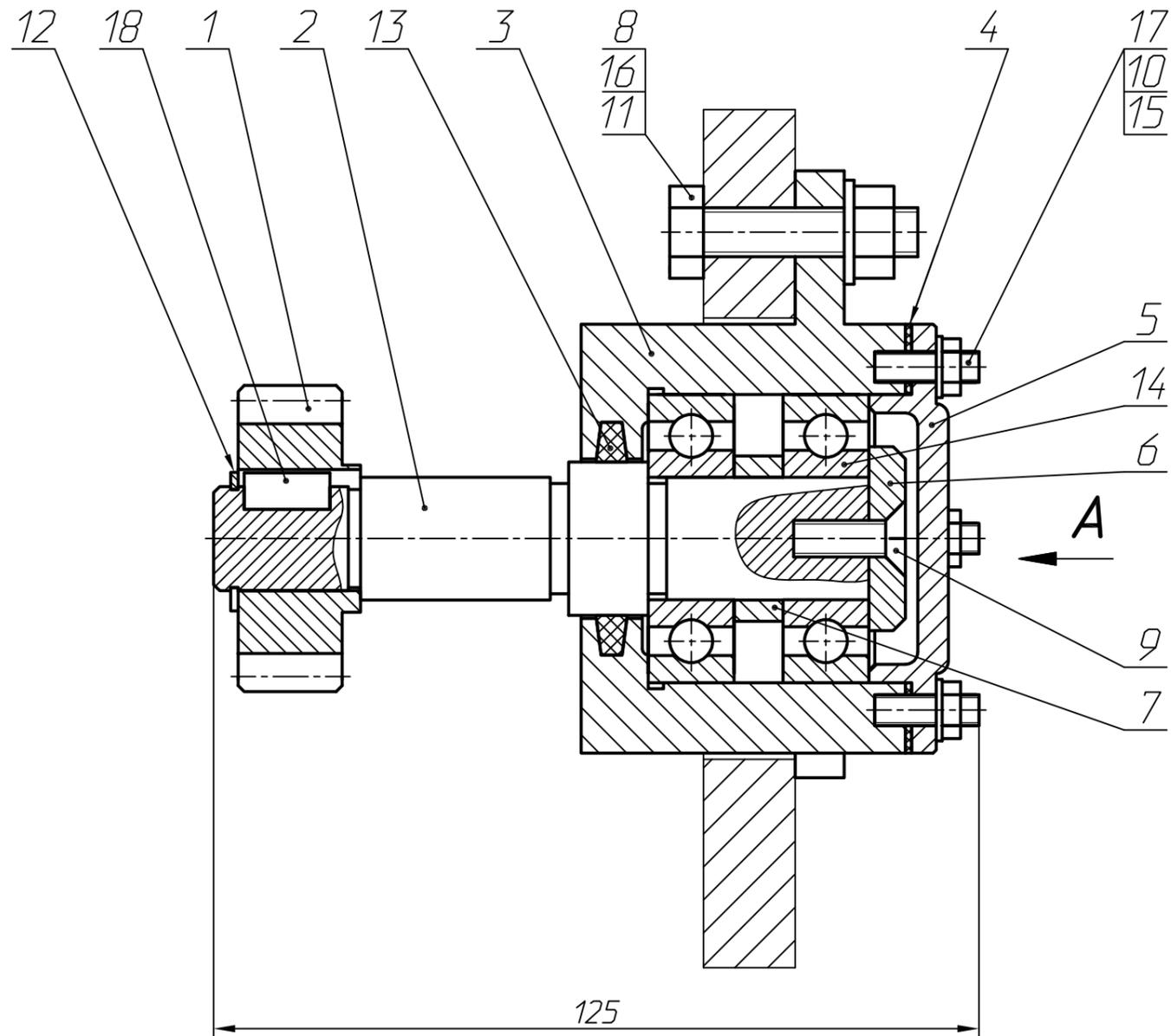
				MT-11.05.35.03			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масшт.
Разраб.		Николаев			и	—	1:1
Проб.		Сергеев			Лист	Листов 1	
Т.контр.					БелГУТ кафедра "Графика"		
И.контр.							
Утв.							

Копировал

Формат А4



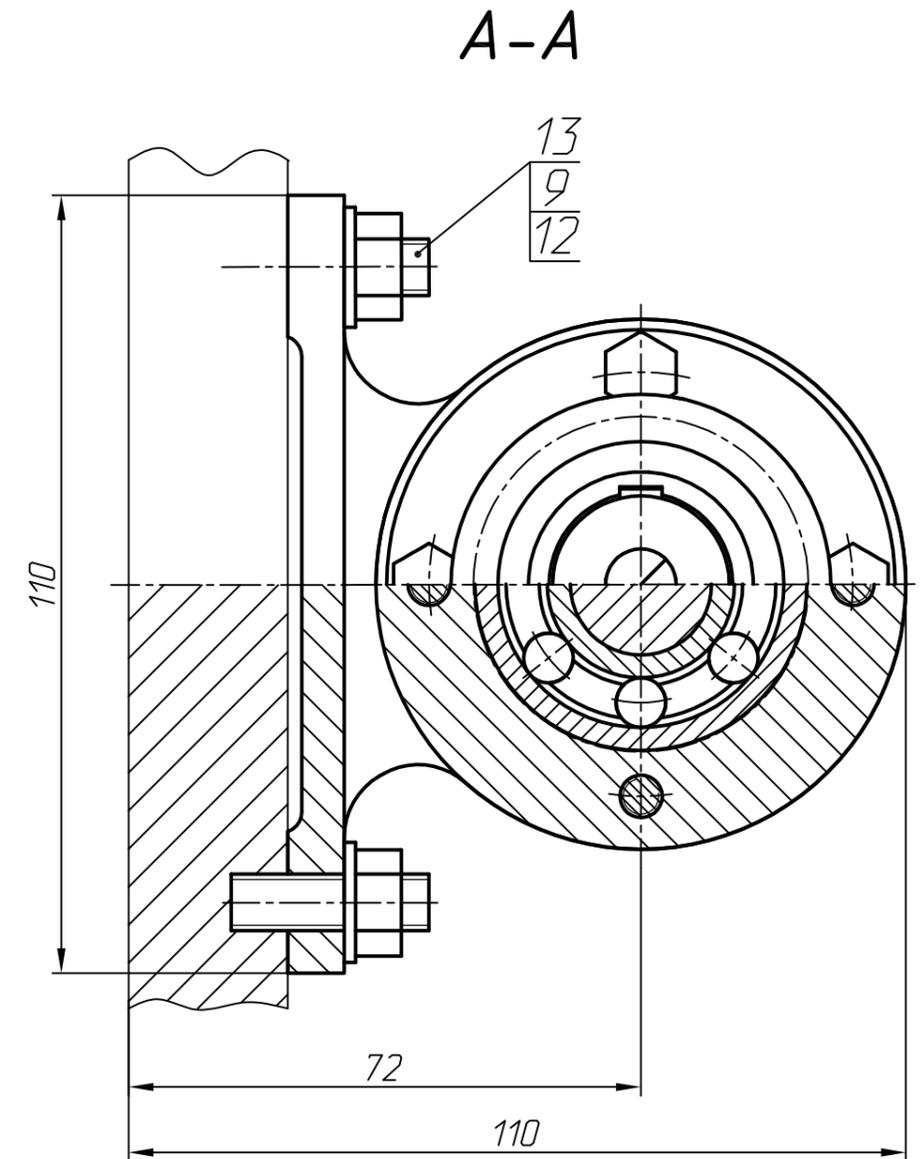
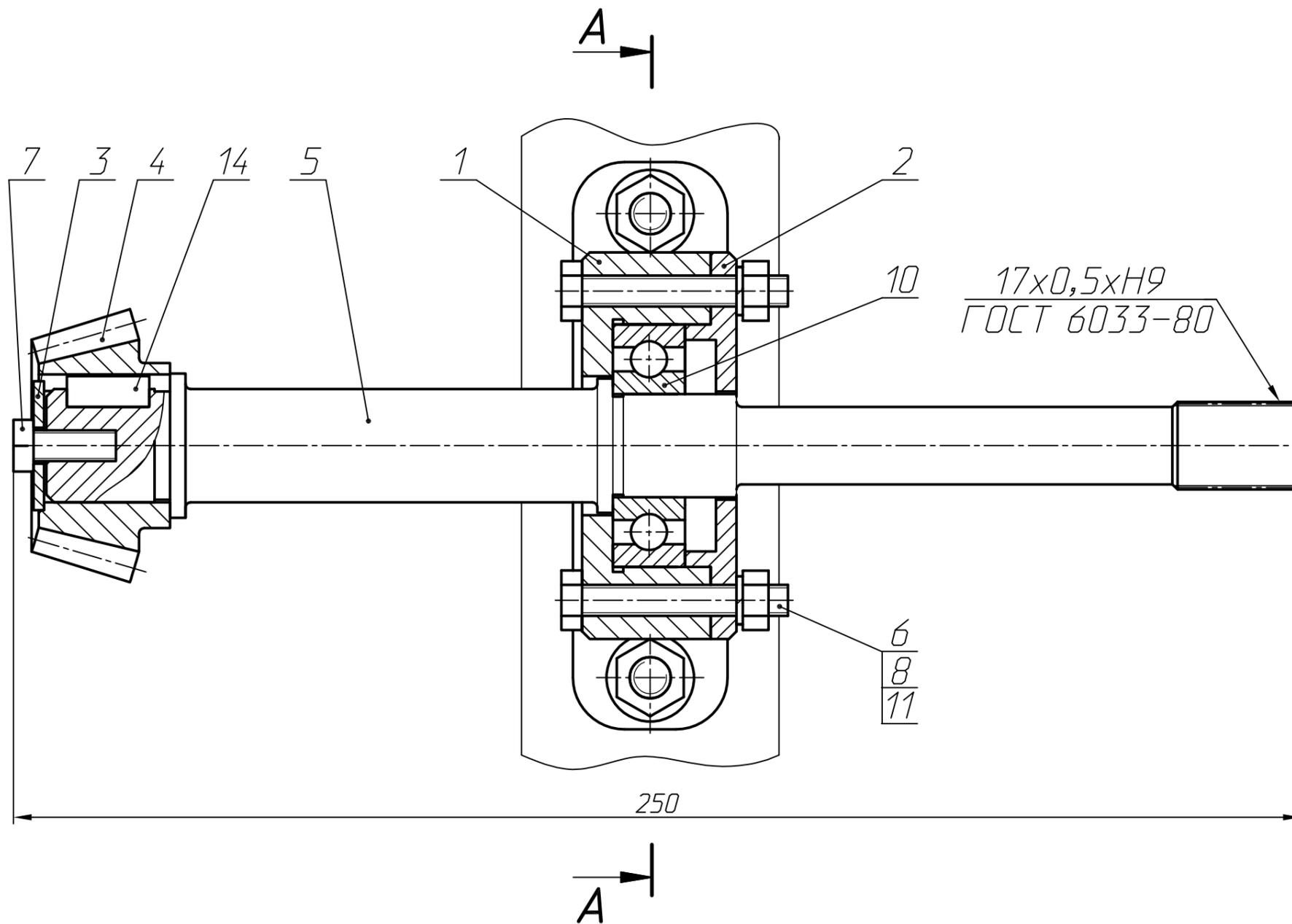
MT-11.05.01.01.00 СБ



					MT-11.05.01.01.00 СБ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Шестерня промежуточная Сборочный чертеж	Лит.	Масса	Масшт.
Разраб.	Николаев					и	1,85	1:1
Пров.	Сергеев					Лист	Листов 1	
Т.контр.						БелГУТ кафедра "Графика"		
Н.контр.								
Утв.								



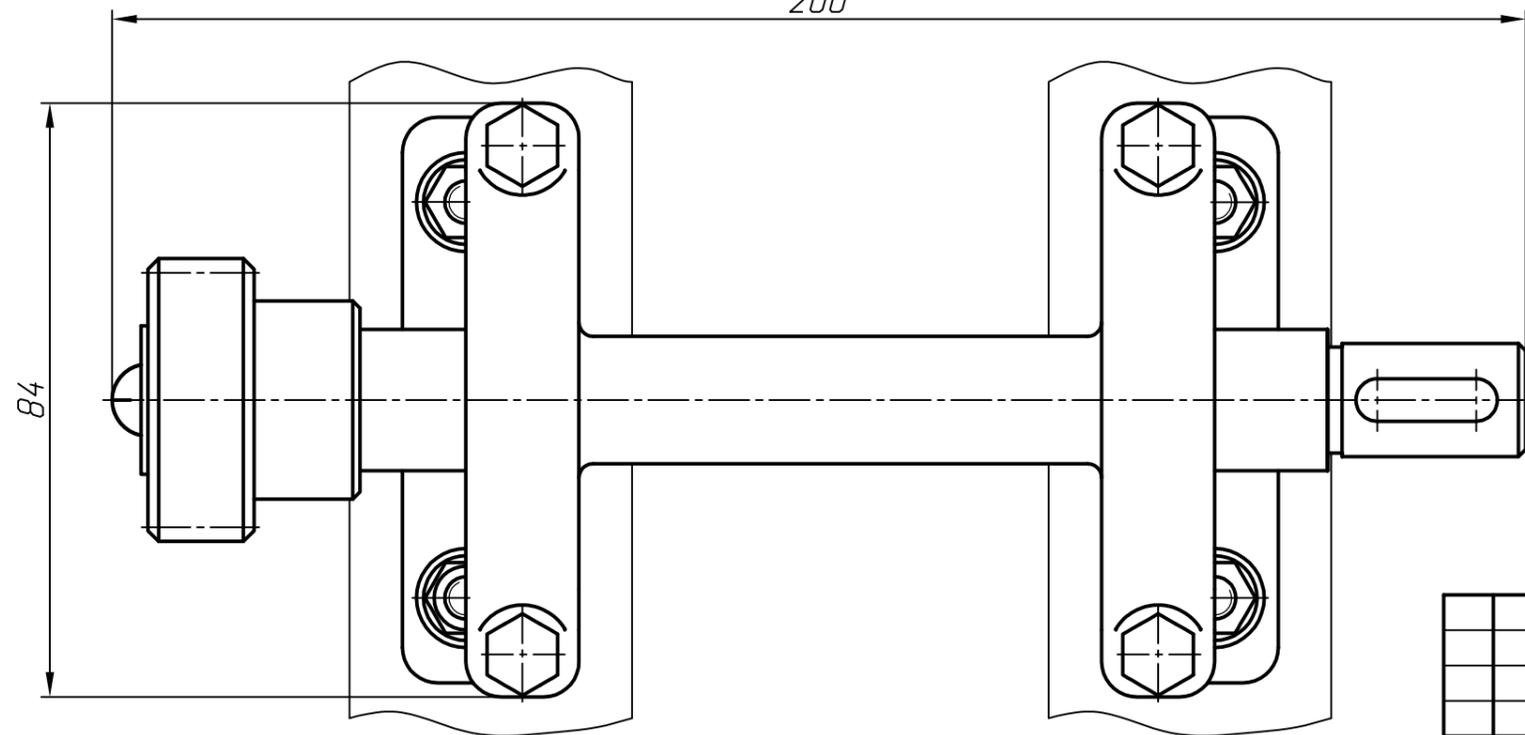
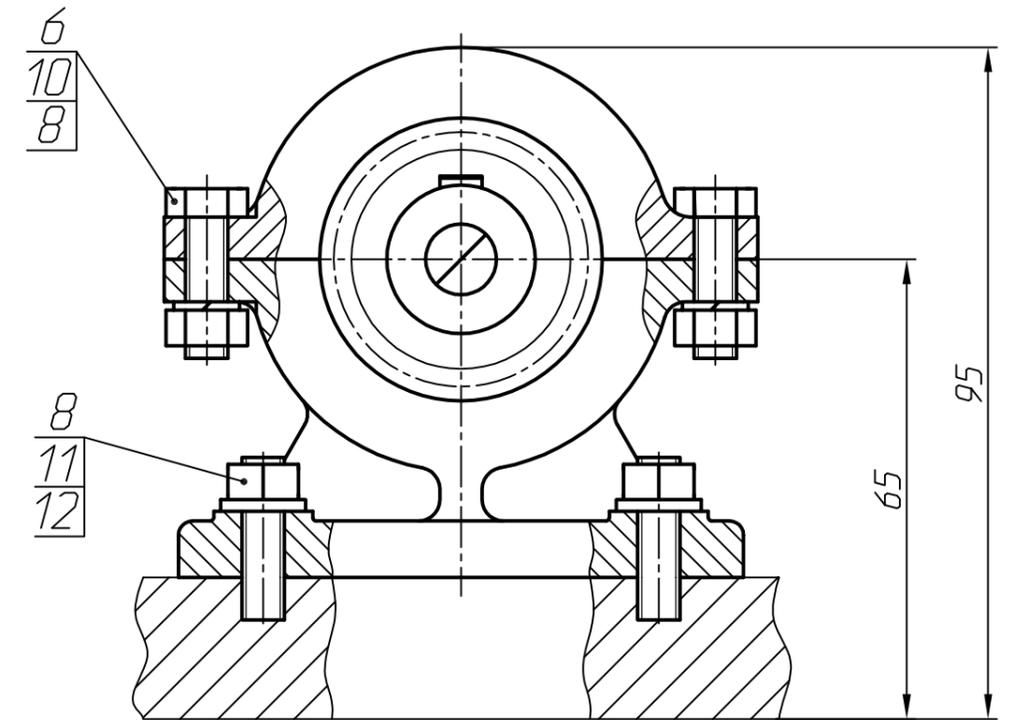
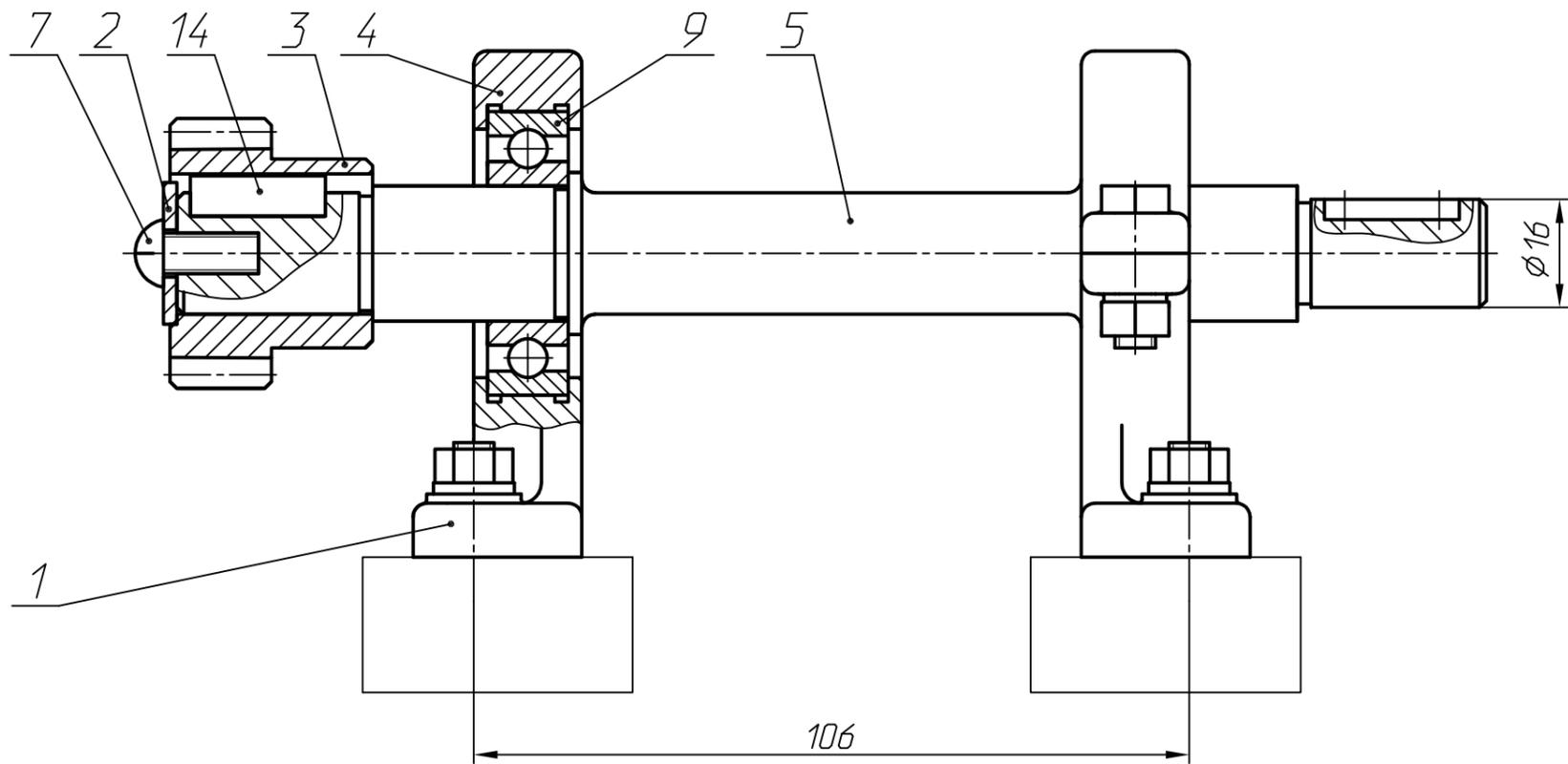
MT-11.05.02.01.00 СБ



					MT-11.05.02.01.00 СБ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Опора верхняя Сборочный чертеж	Лит.	Масса	Масшт.
						и	1,9	1:1
Разраб.	Николаев					Лист	Листов 1	
Пров.	Сергеев							
Т.контр.								
Н.контр.								
Утв.					БелГУТ кафедра "Графика"			



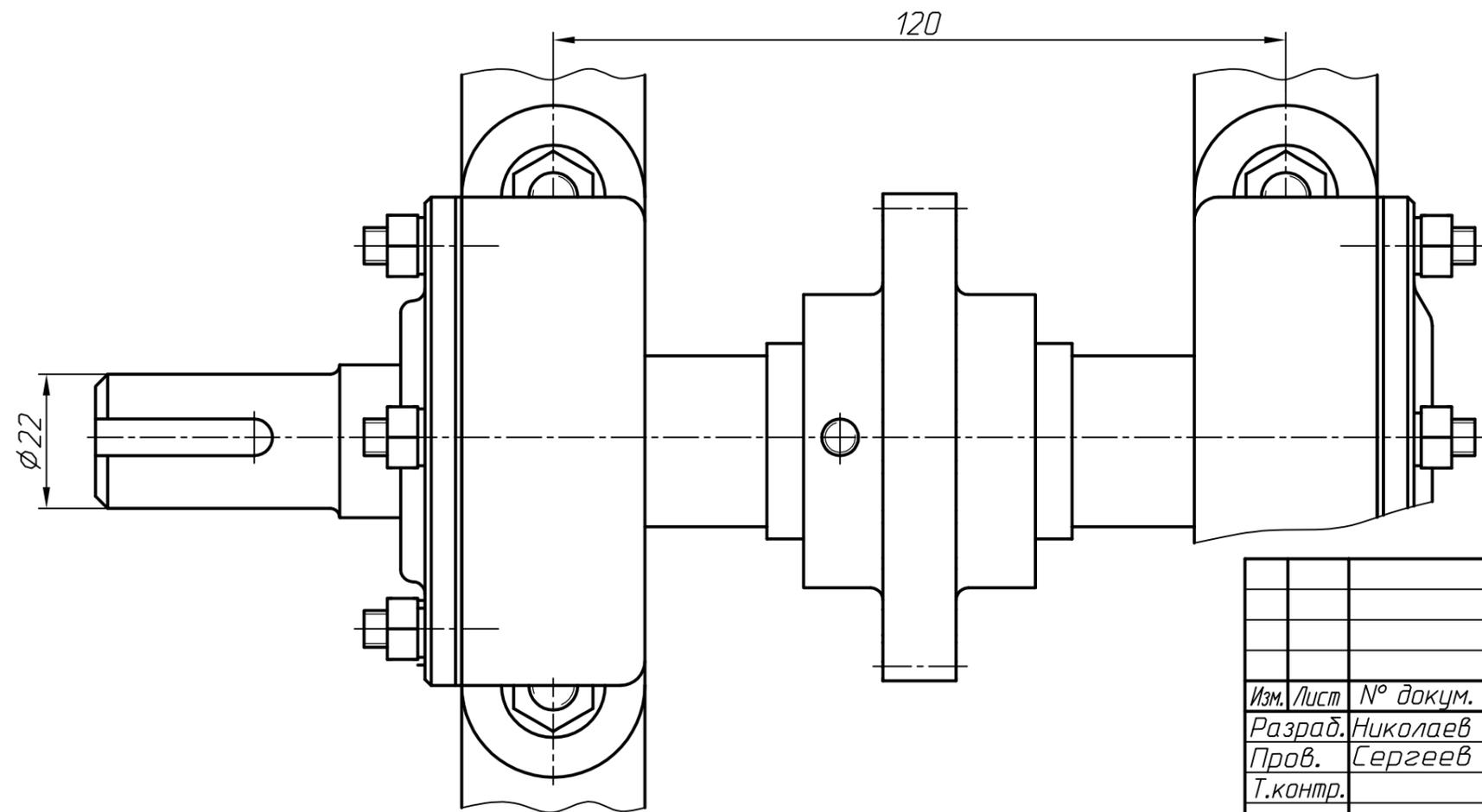
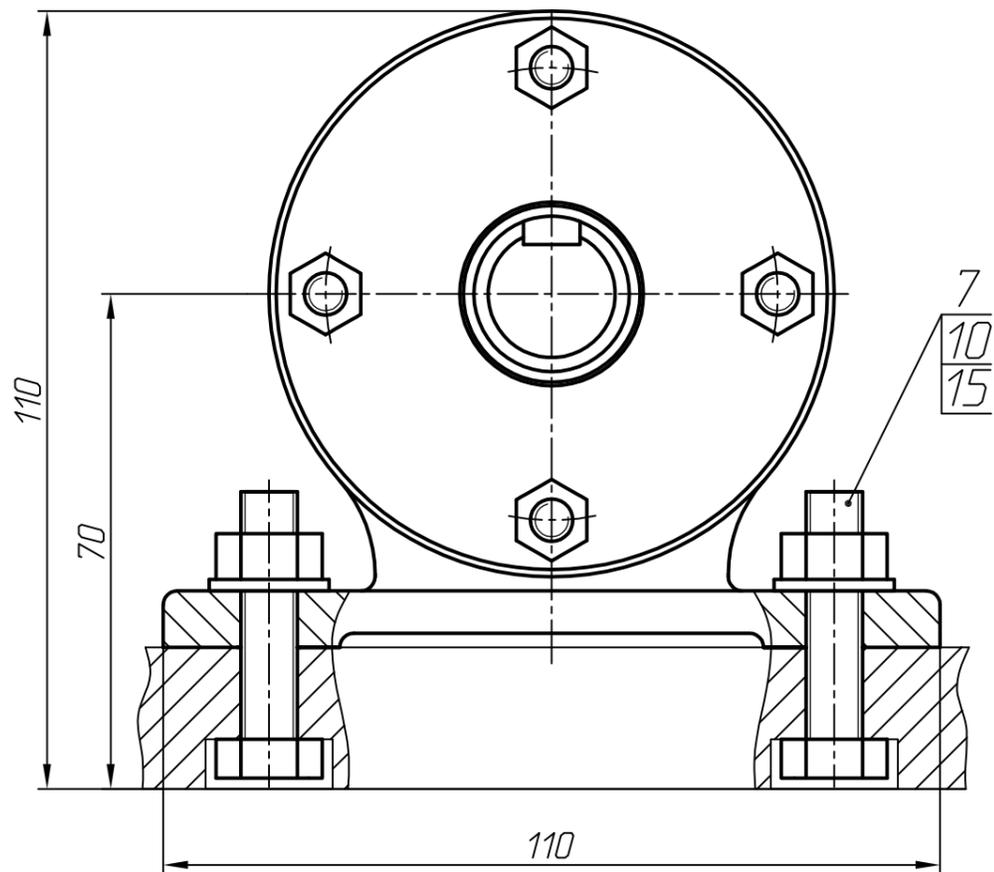
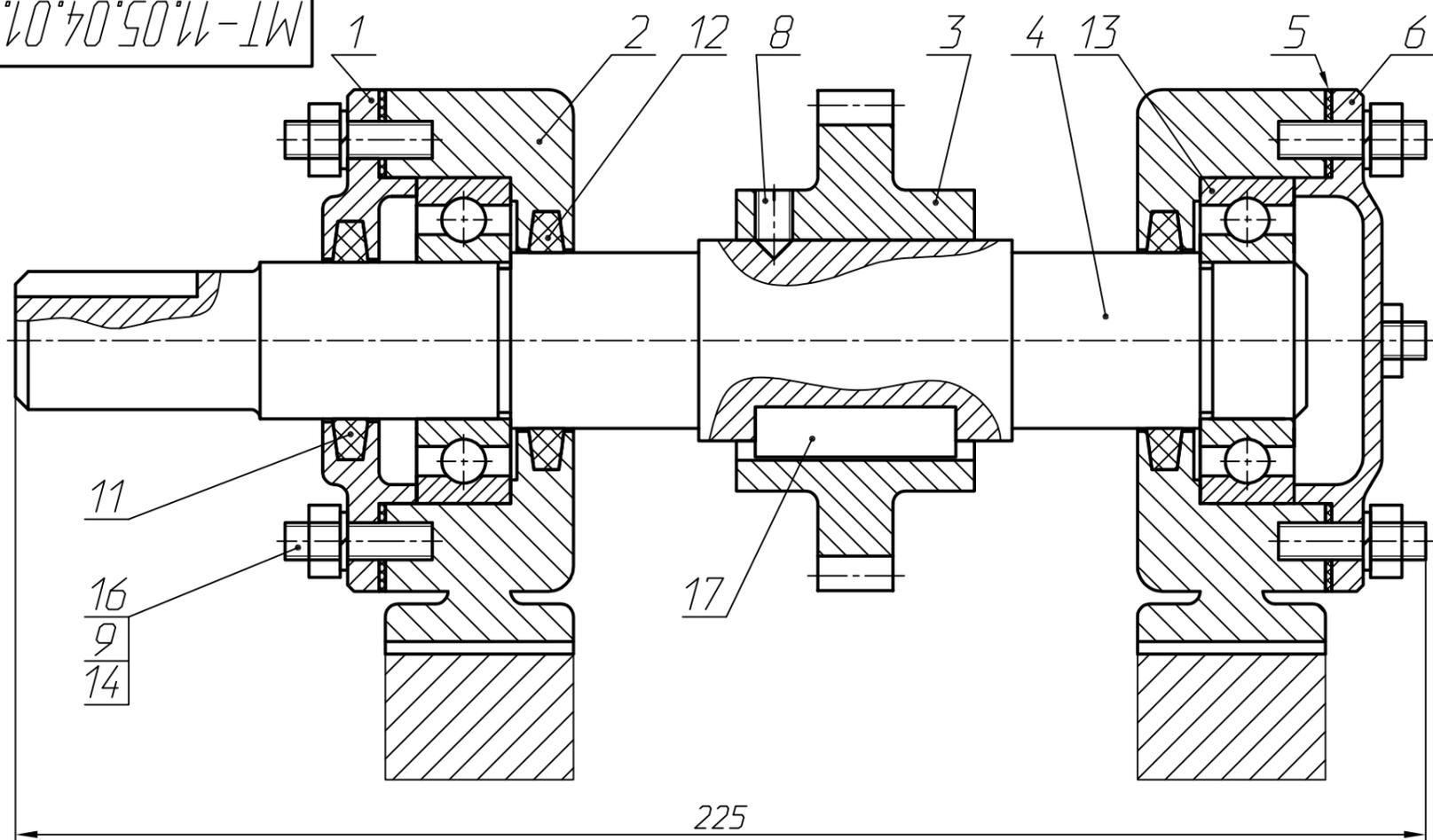
MT-11.05.03.01.00 СБ



					MT-11.05.03.01.00 СБ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал приводной двухопорный Сборочный чертеж	Лит.	Масса	Масшт.
Разраб.	Николаев					И	1,5	1:1
Пров.	Сергеев					Лист	Листов 1	
Т.контр.						БелГУТ кафедра "Графика"		
Н.контр.								
Утв.								



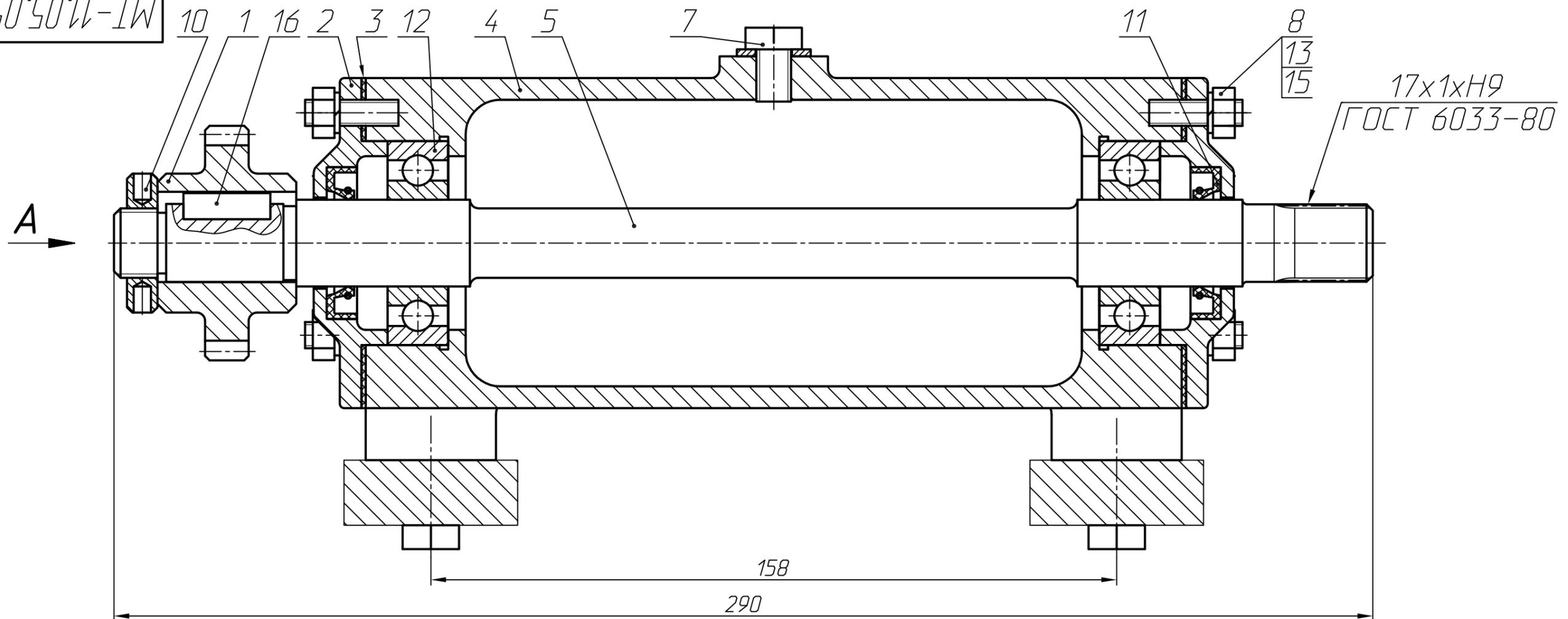
MT-11.05.04.01.00 СБ



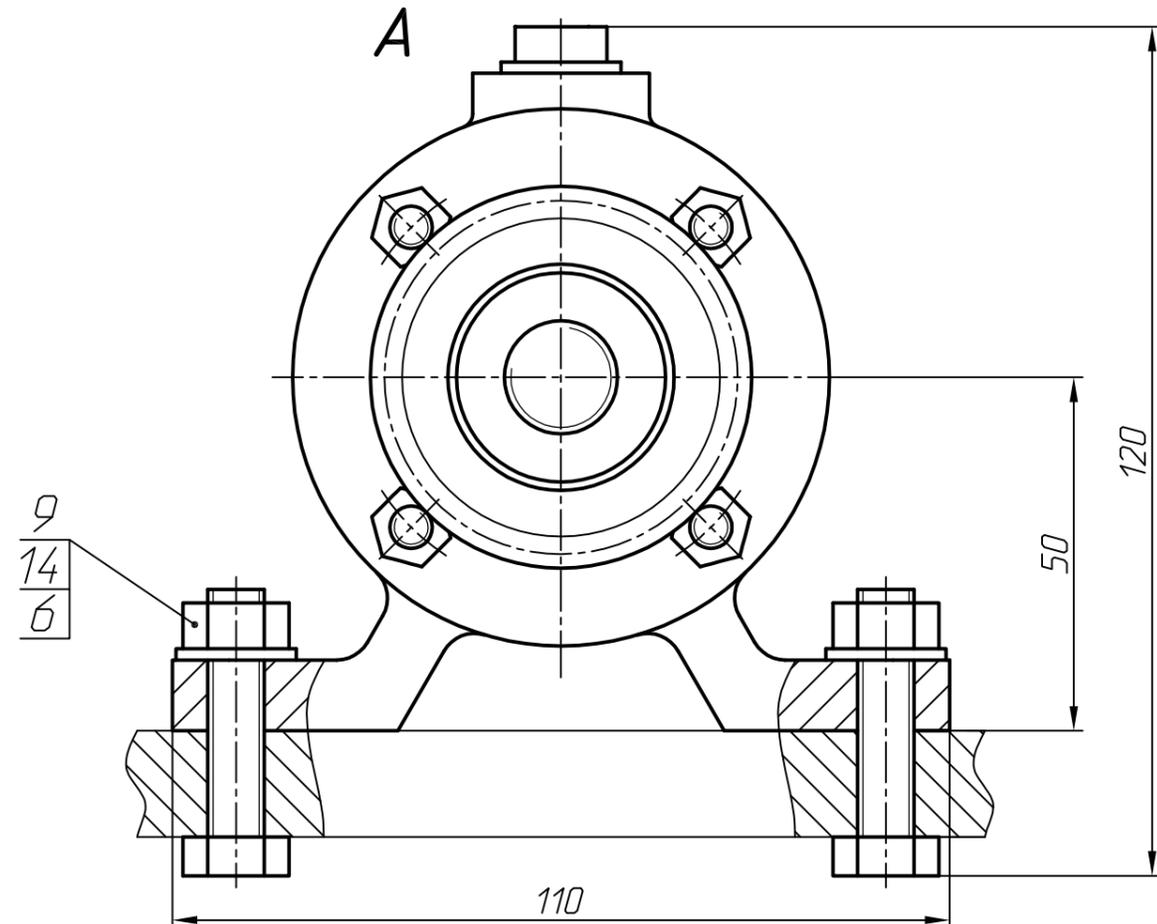
					MT-11.05.04.01.00 СБ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Привод конвейера Сборочный чертеж	Лит.	Масса	Масшт.
		Николаев				и	4,2	1:1
		Сергеев				Лист	Листов 1	
Т.контр.					БелГУТ кафедра "Графика"			
Н.контр.								
Утв.								



MT-11.05.05.01.00-1W



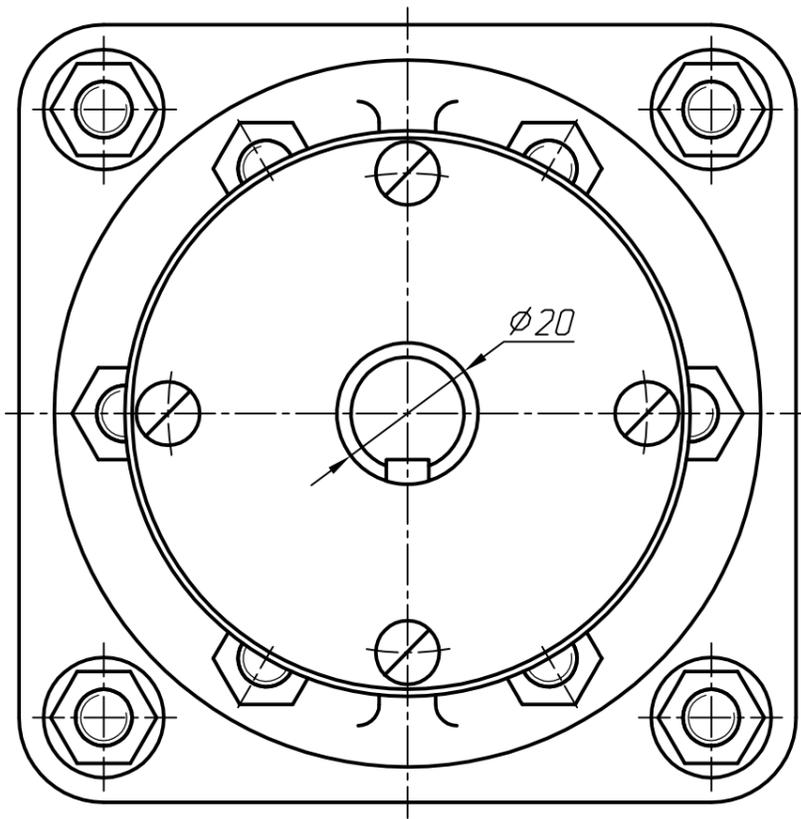
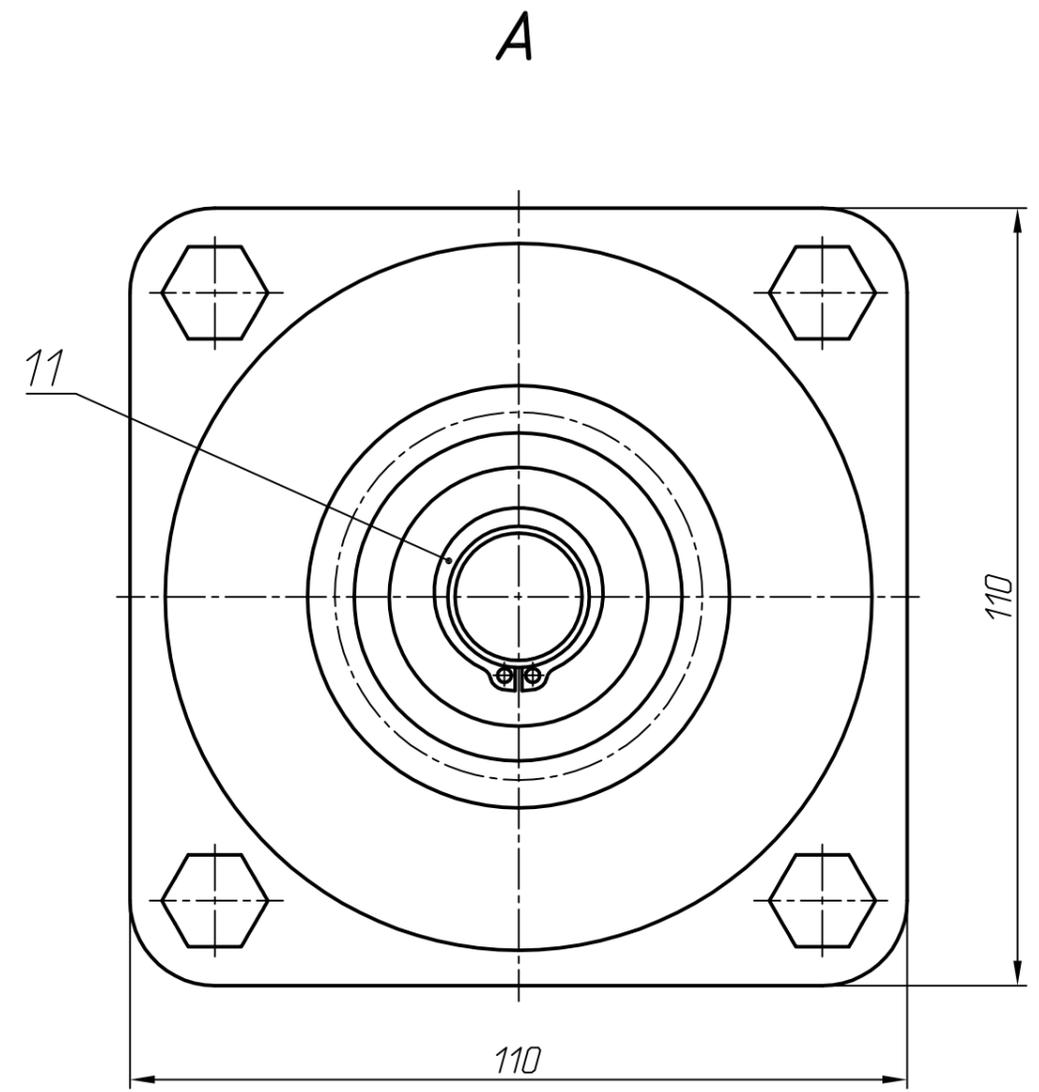
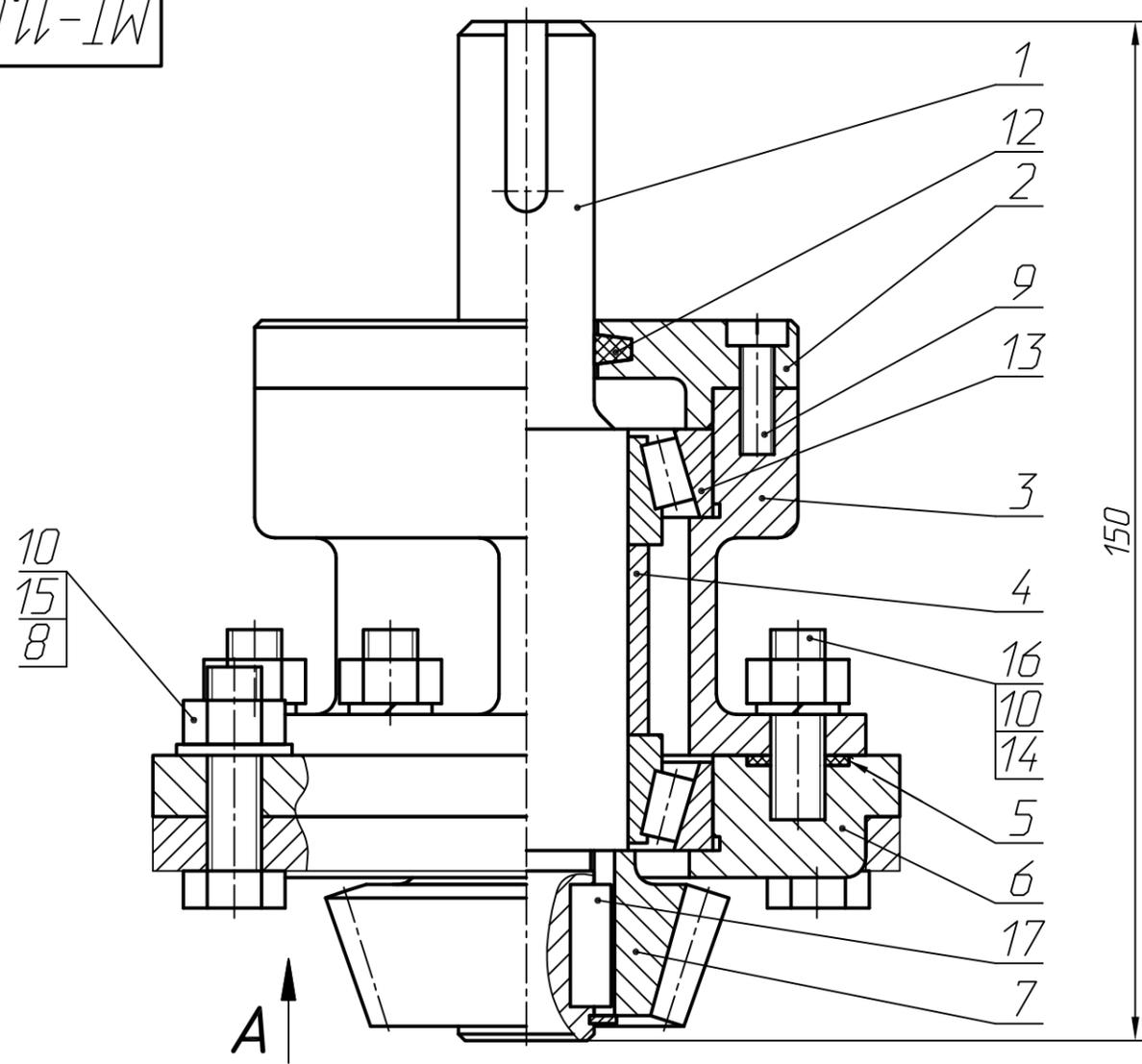
17x1xH9  
ГОСТ 6033-80



					MT-11.05.05.01.00 СБ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Привод тележки Сборочный чертеж	Лит.	Масса	Масшт.
		Николаев				и	4,3	1:1
		Сергеев				Лист	Листов 1	
Т.контр.								
Н.контр.								
Утв.								
						БелГУТ кафедра "Графика"		



MT-11.05.06.01.00 СБ



					MT-11.05.06.01.00 СБ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Привод вертикальный Сборочный чертеж	Лит.	Масса	Масшт.
Разраб.	Николаев					и	3,9	1:1
Пров.	Сергеев					Лист	Листов 1	
Т.контр.					БелГУТ кафедра "Графика"			
Н.контр.								
Утв.								

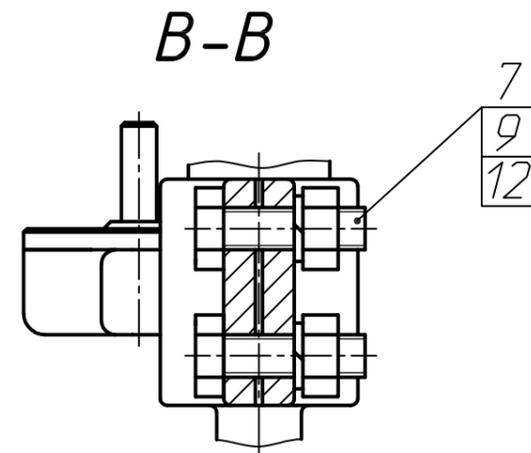
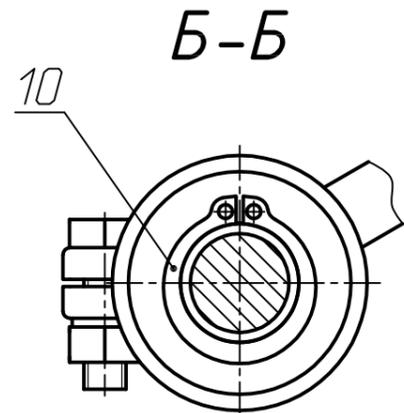
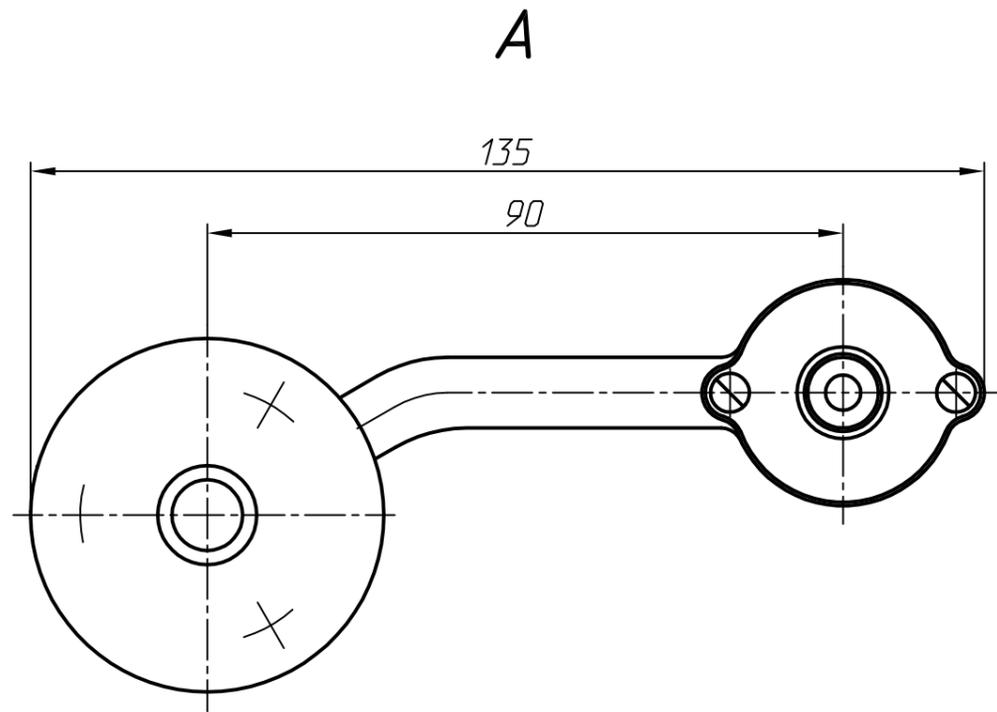
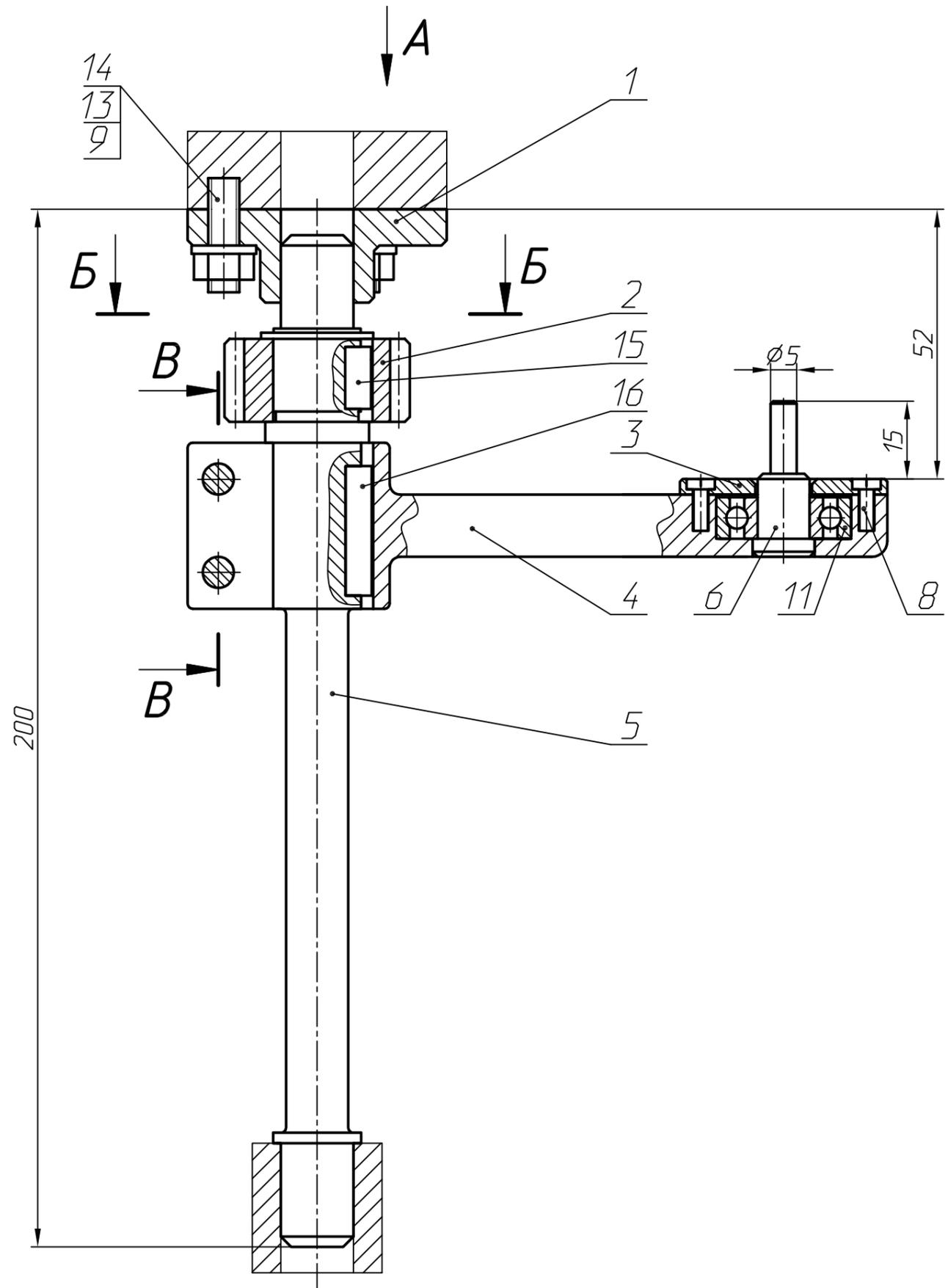
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A3			MT-11.05.07.01.00 СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
Б4	1		MT-11.05.07.01.01	Фланец	1	
A4	2		MT-11.05.07.01.02	Шестерня (m=1,75, z=18)	1	
Б4	3		MT-11.05.07.01.03	Крышка	1	
Б4	4		MT-11.05.07.01.04	Рычаг	1	
Б4	5		MT-11.05.07.01.05	Стойка	1	
Б4	6		MT-11.05.07.01.06	Палец	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
	7			Болт DхL ГОСТ 7798-70	2	
	8			Винт DхL ГОСТ 1491-80	2	
	9			Гайка D ГОСТ 5915-70	5	
	10			Кольцо А17 ГОСТ 13942-86	1	
	11			Подшипник 100 ГОСТ 8338-75	1	
	12			Шайба D ГОСТ 6402-70	2	

				MT-11.05.07.01.00		
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Николаев				Лит.	Лист
Пров.	Сергеев				И	1
Н. контр.					Листов	
Утв.					2	
				Рычаг поворотный		БелГУТ кафедра "Графика"

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		13		Шайба D ГОСТ 11371-78	3	
		14		Шпилька DхL ГОСТ 22032-76	3	
				Шпонки ГОСТ 23360-78	1	
		15		b <sub>1</sub> x h <sub>1</sub> x l	1	
		16		b <sub>1</sub> x h <sub>1</sub> x l	1	

				MT-11.05.07.01.00		
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		
				Лист		2

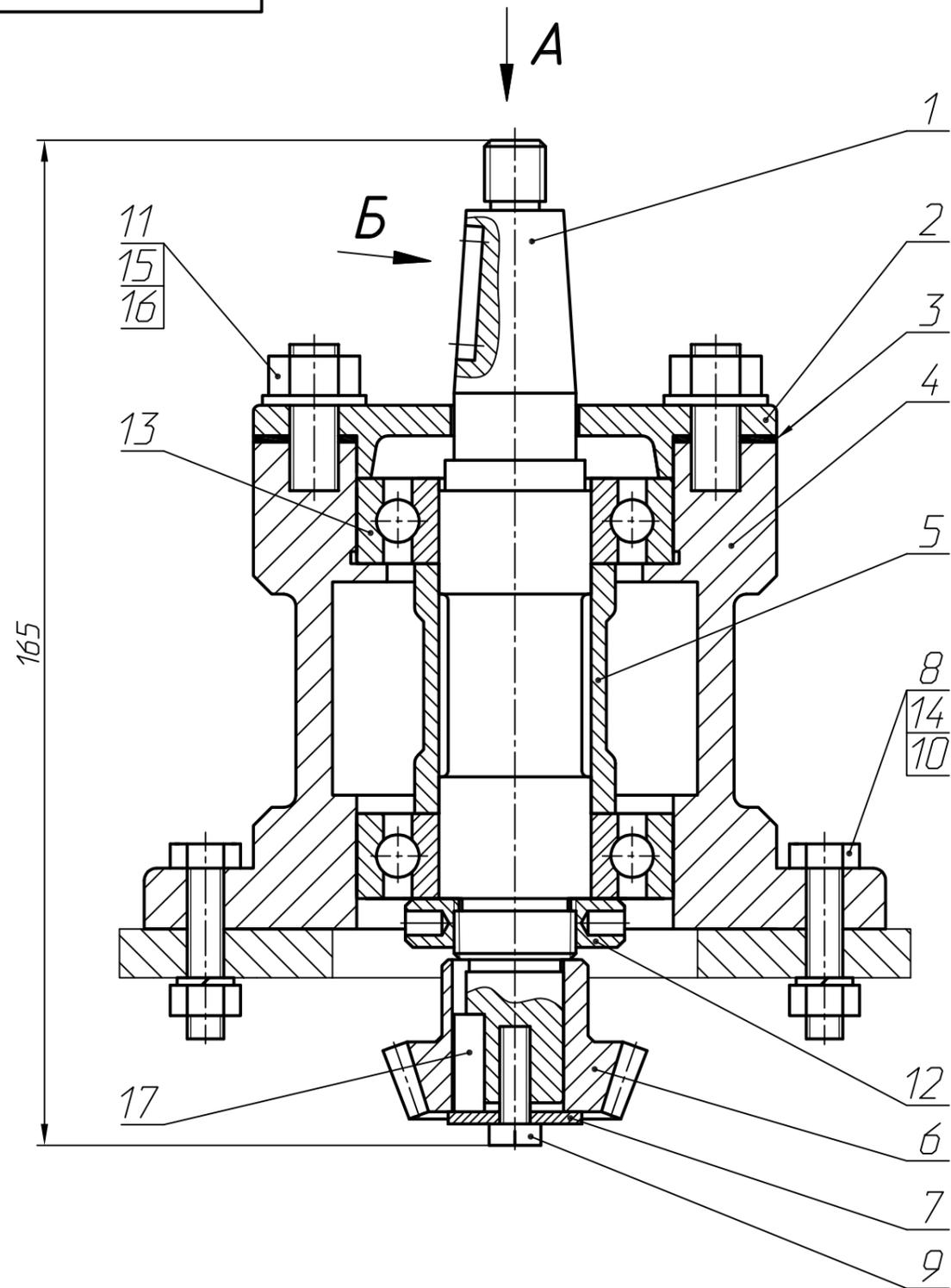
MT-11.05.07.01.00 СБ



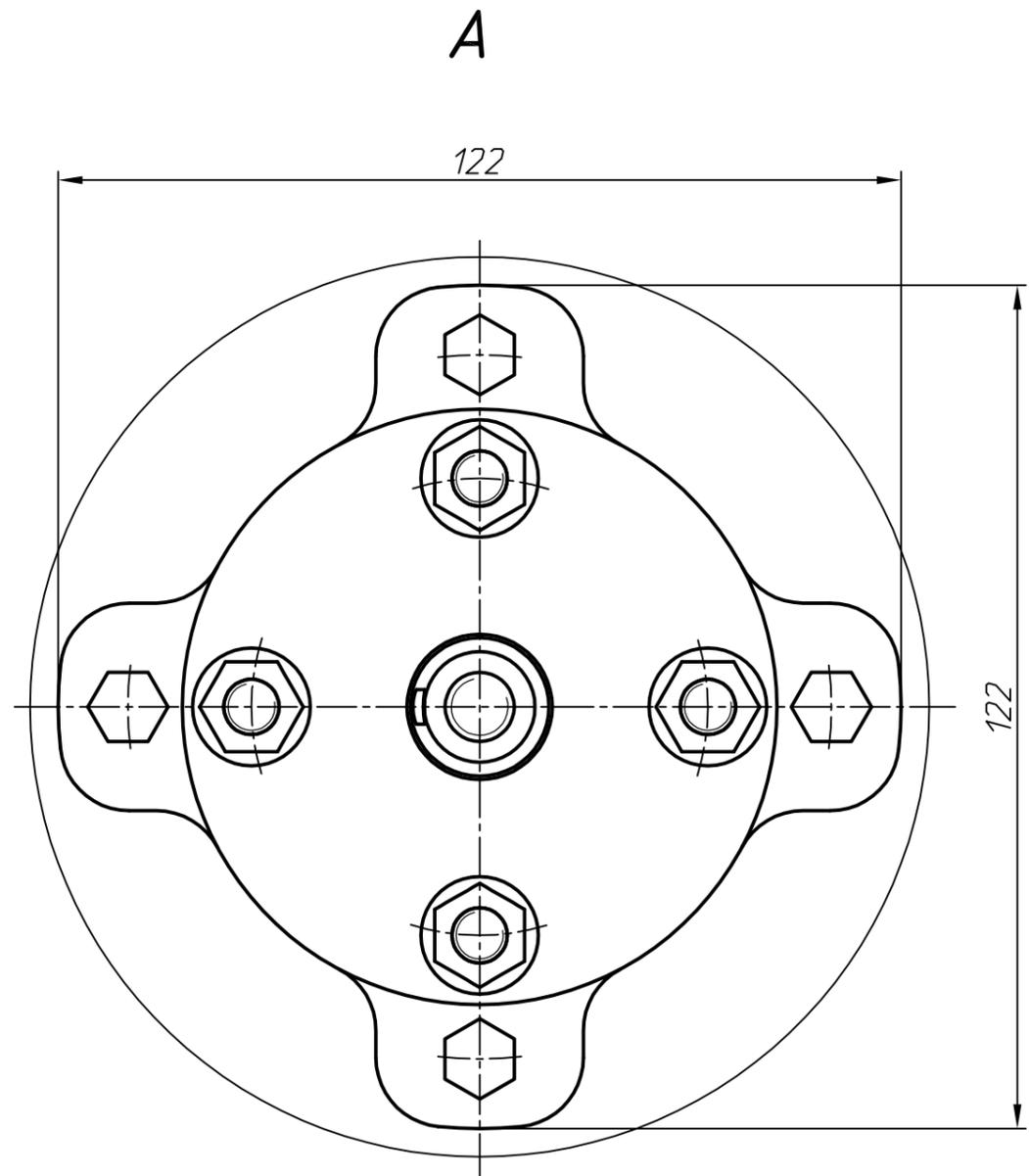
					MT-11.05.07.01.00 СБ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Рычаг поворотный Сборочный чертеж	Лит.	Масса	Масшт.
						и	1,1	1:1
Разраб.	Николаев					Лист	Листов 1	
Пров.	Сергеев					БелГУТ кафедра "Графика"		
Т.контр.								
Н.контр.								
Утв.								



MT-11.05.08.01.00 СБ



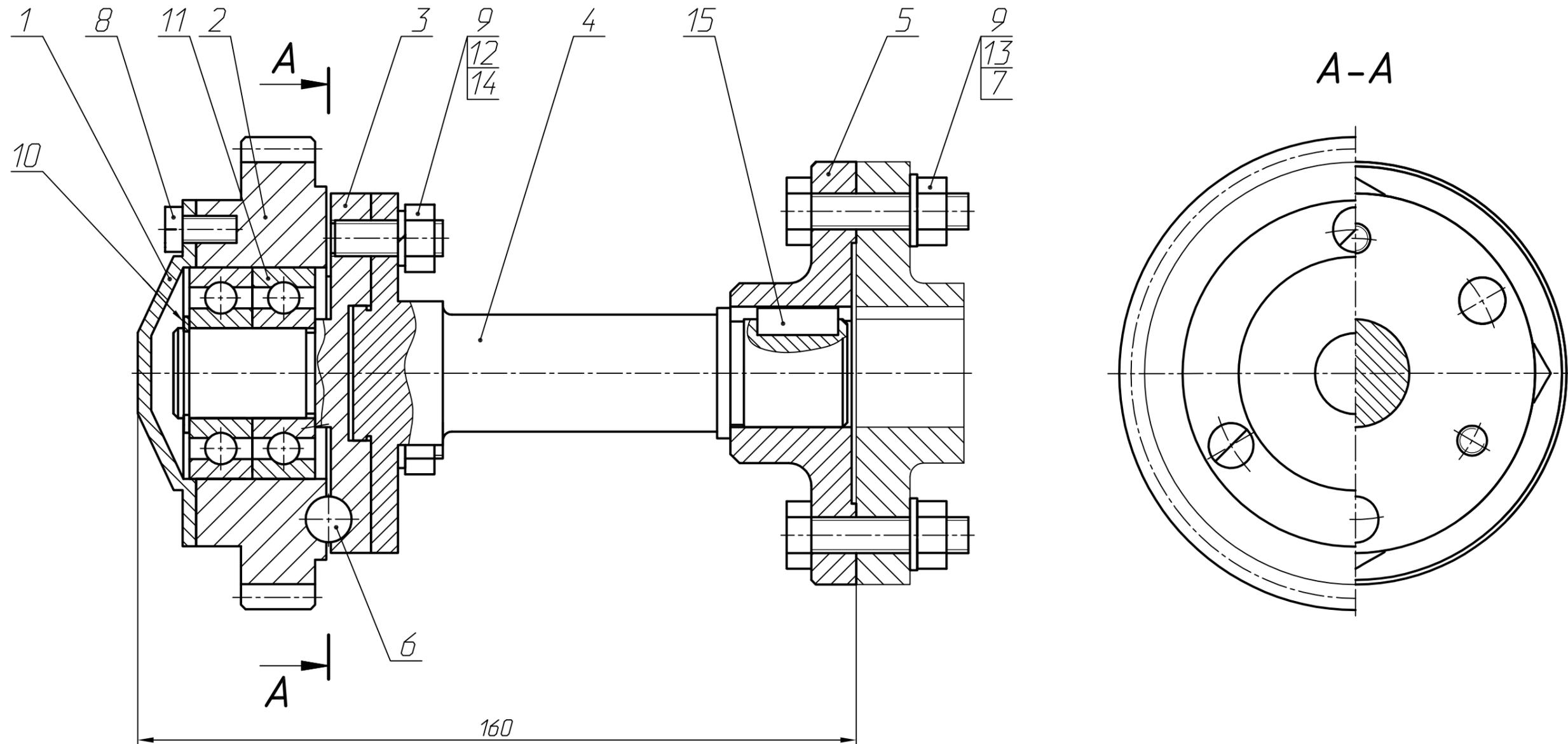
Б



					MT-11.05.08.01.00 СБ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Привод вентилятора Сборочный чертеж	Лит.	Масса	Масшт.
						и	2,9	1:1
Разраб.	Николаев					Лист	Листов 1	
Пров.	Сергеев							
Т.контр.								
Н.контр.								
Утв.								
						БелГУТ кафедра "Графика"		



MT-11.05.09.01.00 СБ



					MT-11.05.09.01.00 СБ		
					Вал приводной промежуточный Сборочный чертеж		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масшт.
					и	3,4	1:1
Разраб. Николаев					Лист		
Пров. Сергеев					Листов 1		
Т.контр.					БелГУТ кафедра "Графика"		
Н.контр.							
Утв.							

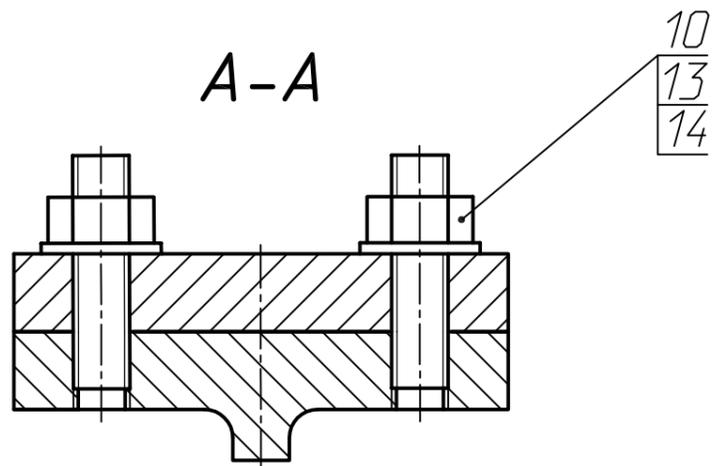
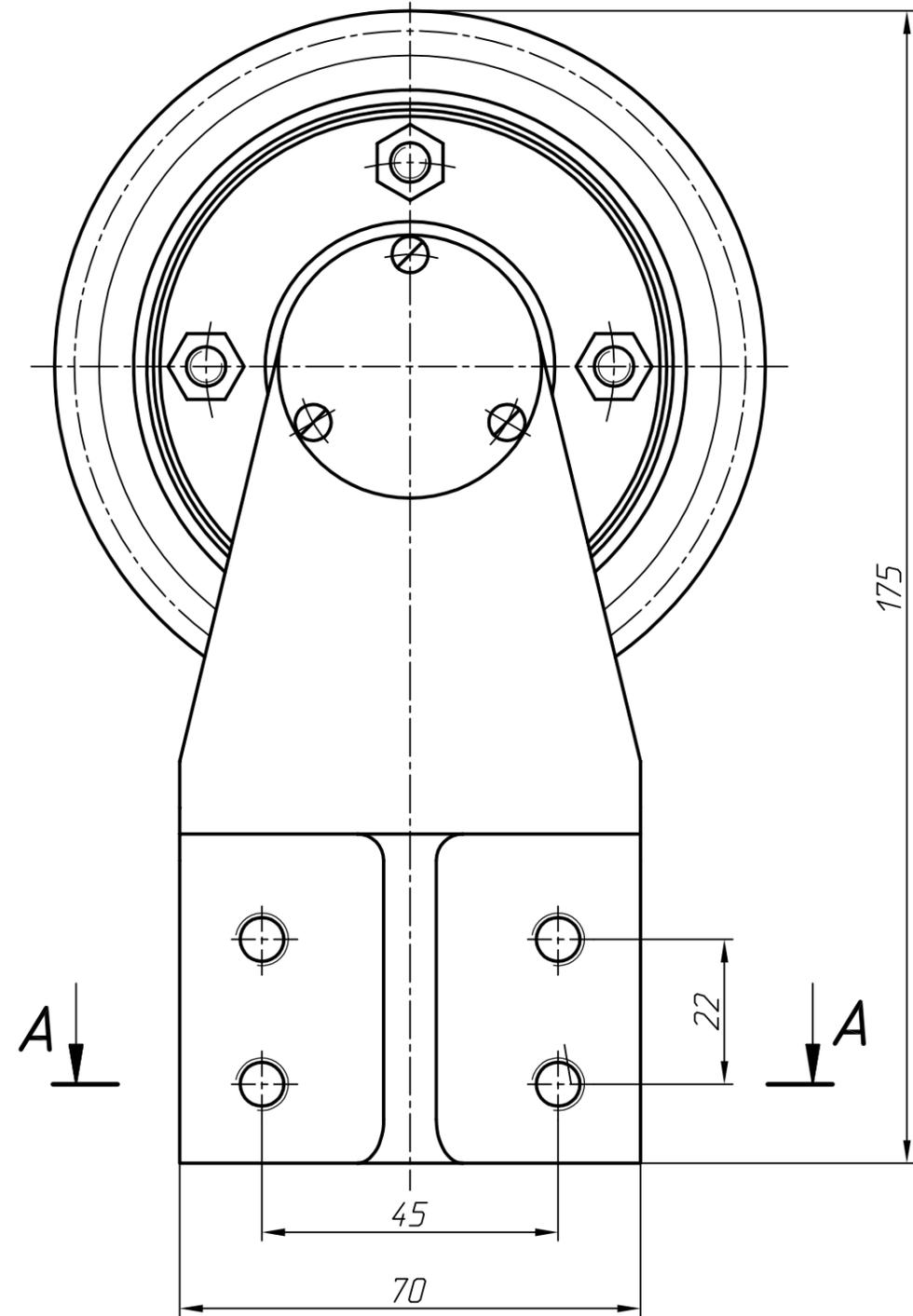
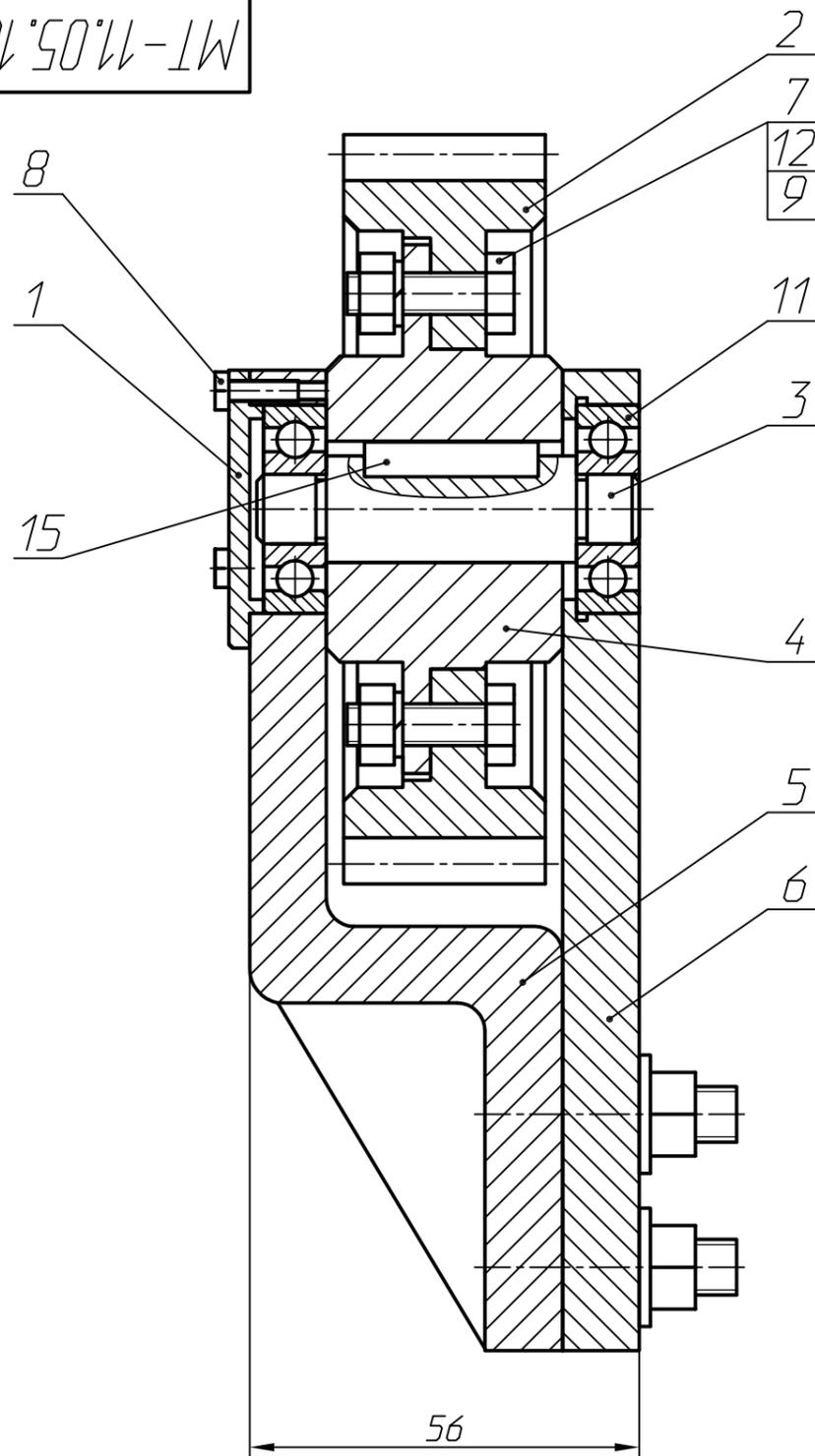
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A3			MT-11.05.10.01.00 СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
Б4	1		MT-11.05.10.01.01	Крышка	1	
A4	2		MT-11.05.10.01.02	Колесо зубчатое (m=3, z=34)	1	
Б4	3		MT-11.05.10.01.03	Ось	1	
Б4	4		MT-11.05.10.01.04	Ступица	1	
Б4	5		MT-11.05.10.01.05	Корпус	1	
Б4	6		MT-11.05.10.01.06	Пластина задняя	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
	7			Болт DхL ГОСТ 7798-70	4	
	8			Винт DхL ГОСТ 1491-80	3	
				Гайки ГОСТ 5915-70		
	9			D1	4	
	10			D2	4	
	11			Подшипник 200 ГОСТ 8338-75	2	
	12			Шайба D ГОСТ 6402-70	4	

				MT-11.05.10.01.00		
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Николаев				Лит.	Лист
Пров.	Сергеев				И	1 2
Н. контр.					БелГУТ	
Утв.					кафедра "Графика"	

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		13		Шайба D ГОСТ 11371-78	4	
		14		Шпилька DхL ГОСТ 22032-76	4	
		15		Шпонка b1хh1хl ГОСТ 23360-78	1	

				MT-11.05.10.01.00		
Изм.	Лист	№докум.	Подп.	Дата	Лист	
					2	

MT-11.05.10.01.00 СБ



					MT-11.05.10.01.00 СБ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масшт.
Разраб.	Николаев				и	2,5	1:1
Пров.	Сергеев				Лист Листов 1		
Т.контр.					БелГУТ кафедра "Графика"		
Н.контр.							
Утв.							



*ПРИЛОЖЕНИЕ Б*  
*(обязательное)*

**Варианты заданий по разъемным соединениям**

ПРИЛОЖЕНИЕ В  
(справочное)

**Основные размеры болтов с шестигранной головкой (нормальной точности) по ГОСТ 7798–70**

В миллиметрах

Номинальный диаметр резьбы $d$	Шаг резьбы		$d_1$	$S$	$H$	$D$ , не менее	$r$		$d_3$	Предельное смещение оси отверстия в стержне относительно резьбы	$d_4$	$l_2$
	крупный	мелкий					не менее	не более				
6	1	–	6	10	4	10,9	0,25	0,6	1,6	0,20	2	2
8	1,25	1	8	13	5,5	14,2	0,4	1,1	2	0,20	2,5	2,8
10	1,5	1,25	10	17	7	18,7	0,4	1,1	2,5	0,20	3,2	3,5
12	1,75	1,25	12	19	8	20,9	0,6	1,6	3,2	0,25	3,2	4
(14)	2	1,5	14	22	9	24,3	0,6	1,6	3,2	0,25	3,2	4,5
16	2	1,5	16	24	10	26,5	0,6	1,6	4	0,30	4	5
(18)	2,5	1,5	18	27	12	29,9	0,6	1,6	4	0,30	4	6
20	2,5	1,5	20	30	13	33,3	0,8	2,2	4	0,30	4	6,5
(22)	2,5	1,5	22	32	14	35	0,8	2,2	5	0,45	4	7
24	3	2	24	36	15	39,6	0,8	2,2	5	0,45	4	7,5
(27)	3	2	27	41	17	45,2	1,0	2,7	5	0,45	4	8,5
30	3,5	2	30	46	19	50,9	1,0	2,7	6,3	0,45	4	9,5
36	4	3	36	55	23	60,8	1,0	3,2	6,3	0,45	5	11,5
42	4,5	3	42	65	26	72,1	1,2	3,3	8	0,50	5	13
48	5	3	48	75	30	83,4	1,6	4,3	8	0,50	5	15

*Примечания*

- 1 Размеры болтов, заключенные в скобки, применять не рекомендуется.
- 2 Размеры  $d_1$ ,  $S$ ,  $H$ ,  $d_3$ ,  $d_4$ ,  $l_2$  номинальные.
- 3 Принятые обозначения (см. рисунок):  $d_1$  – диаметр стержня,  $S$  – размер «под ключ»,  $H$  – высота головки,  $D$  – диаметр описанной окружности,  $r$  – радиус под головкой,  $d_3$  – диаметр отверстия в стержне,  $d_4$  – диаметр отверстия в головке,  $l_2$  – расстояние от опорной поверхности до оси отверстия в головке.



ПРИЛОЖЕНИЕ Д  
(справочное)

**Гайки шестигранные (нормальной точности) по ГОСТ 5915–70**

В миллиметрах

Номинальный диаметр резьбы $d$	Шаг резьбы		Размер «под ключ» $S$	Диаметр описанной окружности $D$ , не менее	Высота $H$
	крупный	мелкий			
6	1	–	10	10,9	4
8	1,25	1	13	14,2	5
10	1,5	1,25	17	18,7	6
12	1,75	1,25	19	20,9	10
(14)	2	1,5	22	24,3	11
16	2	1,5	24	26,5	13
(18)	2,5	1,5	27	29,9	15
20	2,5	1,5	30	33,3	16
(22)	2,5	1,5	32	35,0	18
24	3	2	36	39,6	19
(27)	3	2	41	45,2	22
30	3,5	2	46	50,9	24
36	4	3	55	60,8	29
42	4,5	3	65	72,1	34
48	5	3	75	83,4	38

*Примечания*

1 Размеры гаек, заключенные в скобки, применять не рекомендуется.

2 Размеры  $S$  и  $H$  – номинальные.

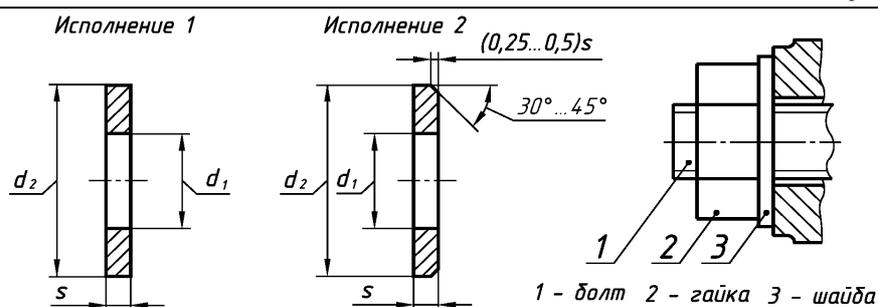
ПРИЛОЖЕНИЕ Е  
(справочное)

**Шайбы нормальные (ГОСТ 11371–78) и шайбы увеличенные (ГОСТ 6958–78)**

В миллиметрах

Номинальный диаметр резьбы крепежной детали	$d_1$	Шайбы нормальные		Шайбы увеличенные		
		$d_2$	$s$	$d_1$	$d_2$	$s$
1	1,1	3,5	0,3	1,1	4	0,5
1,2	1,3	4	0,3	1,3	4	0,5
1,4	1,5	4	0,3	1,5	-	0,8
1,6	1,7	4	0,3	1,7	5	0,8
2	2,2	5	0,3	2,2	6	0,8
2,5	2,7	6,5	0,5	2,7	8	0,8
3	3,2	7	0,5	3,2	10	0,8
4	4,3	9	0,8	4,3	12	1,0
5	5,3	10	1,0	5,3	16	1,6
6	6,4	12,5	1,6	6,4	18	1,6
8	8,4	17	1,6	8,4	24	2,0
10	10,5	21	2,0	10,5	30	2,5
12	13	24	2,5	13	36	3
14	15	28	2,5	15	42	3
16	17	30	3	17	48	4
18	19	34	3	19	55	4
20	21	37	3	21	60	5
22	23	39	3	23	65	5
24	25	44	4	25	70	6
27	28	50	4	28	80	6
30	31	56	4	31	90	6
36	37	66	5	37	100	8
42	43	78	7	43	120	8
48	50	92	8	50	140	8

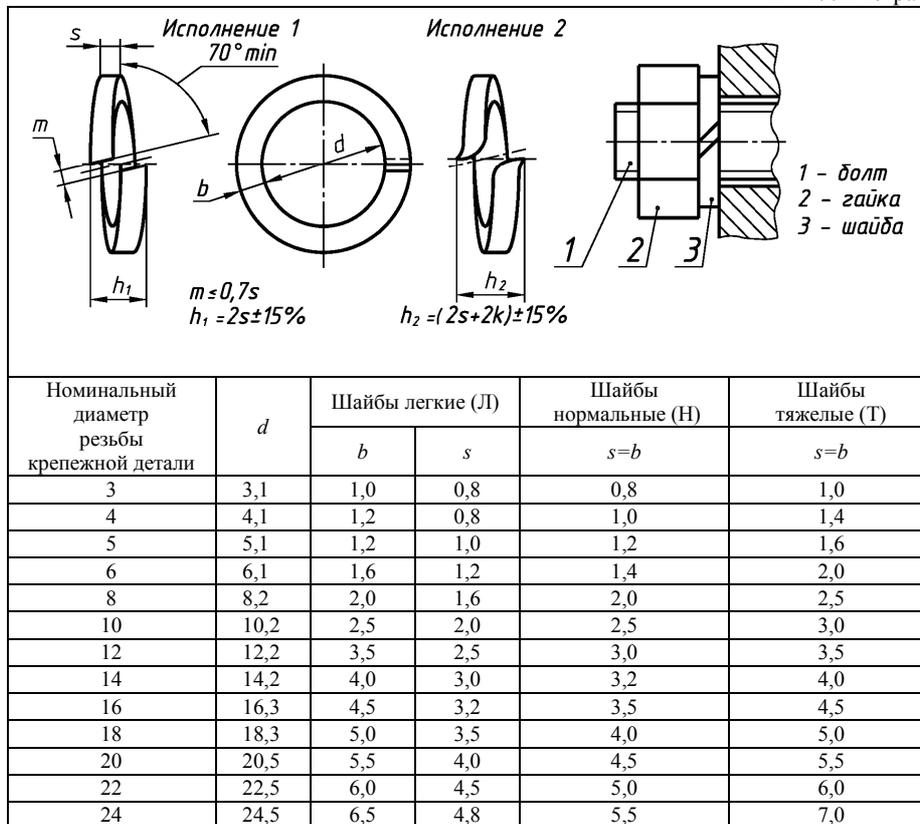
*Примечание – Шайбы увеличенные (ГОСТ 6958–78) изготавливаются только исполнения 1.*



ПРИЛОЖЕНИЕ Ж  
(справочное)

Шайбы пружинные (ГОСТ 6402–70)

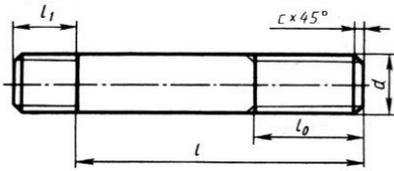
В миллиметрах



ПРИЛОЖЕНИЕ И  
(справочное)

Основные размеры шпилек общего применения (ГОСТ 20032–76, ГОСТ 22033–76)

В миллиметрах



Номинальный диаметр резьбы $d$	Шаг резьбы $P$		Диаметр стержня $d_1$	Длина винчиваемого резьбового конца $l_0$	Номинальный диаметр резьбы $d$	Шаг резьбы $P$		Диаметр стержня $d_1$	Длина винчиваемого резьбового конца $l_0$
	крупный	мелкий				крупный	мелкий		
2	0,4	–	2	3	16	2	1,5	16	16
2,5	0,45	–	2,5	3	(18)	2,5	1,5	18	18
3	0,5	–	3	3	20	2,5	1,5	20	20
4	0,7	–	4	4	(22)	2,5	1,5	22	22
5	0,8	–	5	5	24	3	2	24	24
6	1	–	6	6	(27)	3	2	27	27
8	1,25	1	8	8	30	3,5	2	30	30
10	1,5	1,25	10	10	36	4	3	36	36
12	1,75	1,25	12	12	42	4,5	3	42	42
(14)	2	1,5	14	14	48	5	3	48	48

*Примечание* – Шпильки с размерами, заключенными в скобки, по возможности не применять.

**ПРИЛОЖЕНИЕ К**

(справочное)

**Длина шпилек общего применения (ГОСТ 22032–76; ГОСТ 22033–76)**

В миллиметрах

Номинальная длина шпильки $l$ (без резьбового винчиваемого конца $l_1$ )	Длина резьбового конца $l_0$ (без сбега резьбы) при $d$																		
	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	36	42
10	×	×	×	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	×	×	×	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	10	11	12	×	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
16	10	11	12	14	×	×	×	×	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
(18)	10	11	12	14	×	×	×	×	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20	10	11	12	14	16	×	×	×	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
(22)	10	11	12	14	16	18	×	×	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
25	10	11	12	14	16	18	×	×	×	×	–	–	–	–	–	–	–	–	–
(28)	10	11	12	14	16	18	22	×	×	×	–	–	–	–	–	–	–	–	–
30	10	11	12	14	16	18	×	×	×	×	–	–	–	–	–	–	–	–	–
(32)	10	11	12	14	16	18	22	26	×	×	–	–	–	–	–	–	–	–	–
35	10	11	12	14	16	18	22	26	×	×	×	×	–	–	–	–	–	–	–
(38)	10	11	12	14	16	18	22	26	30	×	×	×	–	–	–	–	–	–	–
40	10	11	12	14	16	18	22	26	30	×	×	×	×	–	–	–	–	–	–
(42)	10	11	12	14	16	18	22	26	30	34	×	×	×	–	–	–	–	–	–
45	10	11	12	14	16	18	22	26	30	34	×	×	×	×	×	–	–	–	–
(48)	10	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38	×	×	×	×	–	–	–	–
50	10	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38	×	×	×	×	–	–	–	–
55	10	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38	42	×	×	×	×	–	–	–
60	10	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38	42	46	×	×	×	×	–	–
65	10	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38	42	46	50	×	×	×	–	–
70	10	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	×	×	×	–
75	10	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	×	×	–
80	–	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	×	×
(85)	–	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	×	×
90	–	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	×	×
(95)	–	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	78	×
100	–	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	78	×
(105)	–	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	78	×
110	–	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	78	×
(115)	–	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	78	90
120	–	11	12	14	16	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	78	90
130	–	17	18	20	22	24	28	28	36	40	44	48	52	56	60	66	72	84	96
140	–	17	18	20	22	24	28	28	36	40	44	48	52	56	60	66	72	84	96
150	–	17	18	20	22	24	28	28	36	40	44	48	52	56	60	66	72	84	96
160	–	17	18	20	22	24	28	28	36	40	44	48	52	56	60	66	72	84	96
170	–	–	–	–	–	–	28	28	36	40	44	48	52	56	60	66	72	84	96
180	–	–	–	–	–	–	28	28	36	40	44	48	52	56	60	66	72	84	96
190	–	–	–	–	–	–	28	28	36	40	44	48	52	56	60	66	72	84	96
200	–	–	–	–	–	–	28	28	36	40	44	48	52	56	60	66	72	84	96
220	–	–	–	–	–	–	–	–	49	53	57	61	65	69	73	79	85	97	109
240	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	65	69	73	79	85	97	109
260	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	79	85	97	109
280	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	97	109
300	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	97	109

*Примечания*

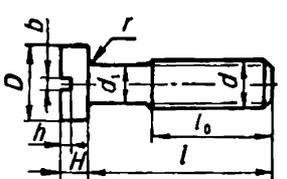
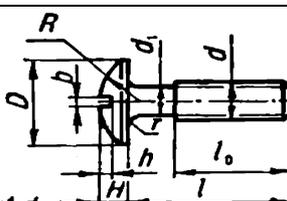
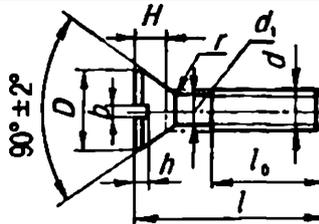
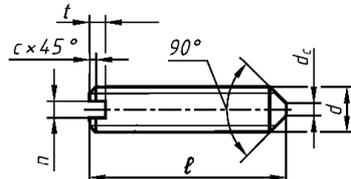
1 Шпильки с размерами, заключенными в скобки, по возможности не применять.

2 Знаком «×» отмечены шпильки с длиной гаечного конца  $l_0 = l - 0,5d$ .

ПРИЛОЖЕНИЕ Л  
(справочное)

**Основные размеры винтов (ГОСТ 1491–80, ГОСТ 17473–80, ГОСТ 17475–80, ГОСТ 1476–93)**

В миллиметрах

Номинальный диаметр резьбы, $d$		3	4	5	6	8	10	12
Шаг резьбы, $P$		0,5	0,7	0,8	1,0	1,25	1,5	1,75
	$r$	0,3	0,35	0,5	0,6	1,1	1,1	1,6
	$b$	0,8	1,0	1,2	1,6	2	2,5	3
<b>ГОСТ 1491–80</b>	$D$	5	7	8,5	10	12,5	15	18
	$H$	2	2,8	3,5	4	5	6	7
	$h$	1,0	1,4	1,7	2	2,5	3	3,5
	$l$	3–70	4–70	6–70	7–70	12–70	18–70	22–85
Резьба до головки при $l \leq$		14	16	17	20	25	30	32
<b>ГОСТ 17473–80</b>	$D$	6	8	10	12	16	20	22
	$H$	2,1	2,8	3,5	4,2	5,6	7	8
	$h$	1,2	1,8	2,3	2,5	3,5	4	4,2
	$l$	3–70	4–70	6–70	7–70	12–70	18–70	22–85
Резьба до головки при $l \leq$		14	16	18	20	25	30	32
<b>ГОСТ 17475–80</b>	$D$	6	8	10	12	16	20	22
	$H$	1,5	2	2,5	3	4	5	5,5
	$h$	0,9	1,1	1,2	1,5	2	2,5	2,5
	$l$	3,5–70	7–70	8–70	8–70	12–70	20–70	22–85
Резьба до головки при $l \leq$		16	18	20	22	30	35	40
<i>Примечание – Размер <math>l</math> в указанных пределах брать из ряда: 3; 4; 5; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 16; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85.</i>								
<b>ГОСТ 1476–93</b>	$n$	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
	$t$	1,0	1,4	1,6	2,0	2,5	3,0	3,5
	$d_c$	0,3	0,4	0,5	1,5	2,0	2,5	3,0
	$c$	0,5	0,5	1,0	1,0	1,6	1,6	1,6
	$l$	3–16	6–20	8–25	8–30	10–40	12–50	12–60
<i>Примечание – Размер <math>l</math> в указанных пределах брать из ряда: 3; 4; 5; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60.</i>								

ПРИЛОЖЕНИЕ М  
(справочное)

Размеры призматических шпонок и шпоночных пазов (ГОСТ 23360–78)

В миллиметрах

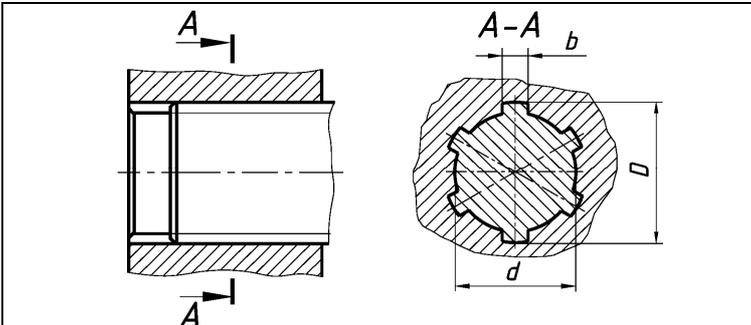
Диаметр вала $d_0$	Шпонка			Шпоночный паз		
	$b_1$	$h_1$	$c$ или $r$	Вал $t_2$	Втулка $t_1$	$c$ или $r$
От 6 до 8	2	2	0,16–0,25	1,2	1,0	0,08–0,16
Свыше 8 до 10	3	3		1,8	1,4	
» 10 » 12	4	4		2,5	1,8	
» 12 » 17	5	5	0,25–0,4	3,0	2,3	0,16–0,25
» 17 » 22	6	6		3,5	2,8	
» 22 » 30	8	7		4,0	3,3	
» 30 » 38	10	8	0,4–0,6	5,0	3,3	0,25–0,4
» 38 » 44	12	8		5,0	3,3	
» 44 » 50	14	9		5,5	3,8	
» 50 » 58	16	10		6,0	4,3	
» 58 » 65	18	11		7,0	4,4	
» 65 » 75	20	12	0,6–0,8	7,5	4,9	0,4–0,6

*Примечание* – Размер  $l$  брать из ряда: 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100 и т. д.

**ПРИЛОЖЕНИЕ Н**  
(справочное)

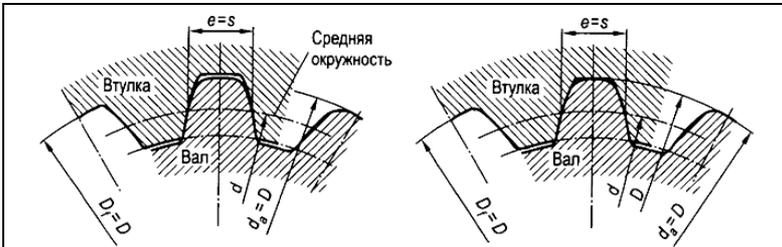
**Соединение зубчатое (шлицевое) прямобочное (ГОСТ 1139–80)**  
**Соединение шлицевое эвольвентное (ГОСТ 6033–80)**

В миллиметрах



Легкая серия		Средняя серия		Тяжелая серия	
$z \times d \times D$	$b$	$z \times d \times D$	$b$	$z \times d \times D$	$b$
6×23×26	6	6×11×14	3	10×16×20	2,5
6×26×30	6	6×13×16	3,5	10×18×23	3
6×28×32	7	6×16×20	4	10×21×26	3
8×32×36	6	6×18×22	5	10×23×29	4
8×36×40	7	6×21×25	5	10×26×32	4
8×42×46	8	6×23×28	6	10×28×35	4
8×46×50	9	6×26×32	6	10×32×40	6
8×52×58	10	6×28×34	7	10×36×45	5
8×56×62	10	8×32×38	6	10×42×52	6
8×62×68	12	8×36×42	7	10×46×56	7

В миллиметрах



Наружный диаметр $D$	Число зубьев $z$									
	Модуль $m$									
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6
10	18	8	-	-	-	-	-	-	-	-
12	22	10	6	-	-	-	-	-	-	-
15	28	13	8	6	-	-	-	-	-	-
17	32	15	10	7	-	-	-	-	-	-
20	38	18	12	8	6	-	-	-	-	-
25	48	24	15	11	8	7	-	-	-	-
30	-	28	18	13	10	8	-	-	-	-
35	-	34	22	16	12	10	-	7	-	-
40	-	38	25	18	14	12	-	8	6	-
45	-	44	28	21	16	13	12	10	7	-
50	-	48	32	24	18	15	12	11	8	7
55	-	54	35	26	20	17	14	12	9	8
60	-	58	38	28	22	18	16	13	10	8
65	-	-	42	31	24	20	18	15	11	9
70	-	-	45	34	26	22	18	16	12	10

ПРИЛОЖЕНИЕ О  
(справочное)

**Кольца войлочные для уплотнений и канавки для них (МН 180-61)  
Манжеты резиновые армированные для валов (ГОСТ 8752-79)**

В миллиметрах

Диаметр вала $d_b$	Кольцо			Канавка			
	$d$	$D$	$b$	$D_1$	$d_1$	$b_1$	$b_2^*$
12	11	20	2,5	21	13	2,0	3,0
15	14	23		24	16		
16	15	26		27	17		
18	17	28	3,5	29	19	3,0	4,3
20	19	30		31	21		
22	21	32		33	23		
25	24	37	5,0	38	26	4,0	5,0
28	27	40		41	29		
30	29	42		43	31		
32	31	44		45	33		
35	34	47		48	36		
36	35	48		49	37		
40	39	52		53	41		
45	44	57		58	46		
48	47	60	61	49	5,0	7,1	
50	49	66	67	51			

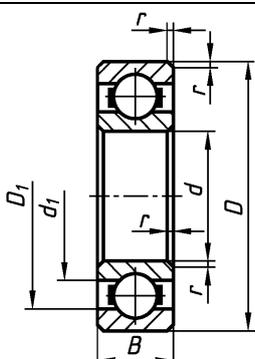
В миллиметрах

Диаметр вала $d$	$D$	$h$	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$d-d_1$
12	28	7,0	3,0	8,5	1,0	2,0
14	28					
15	30					
16	30					
17	32					
20	40	10	5,0	12,0	1,5	2,5
22	40					
25	42					
28	50					3,0
30	52					
35	58					3,5
40	60					
50	70					

ПРИЛОЖЕНИЕ П  
(справочное)

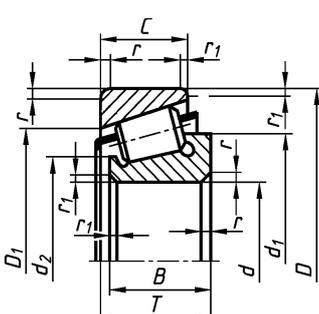
**Подшипники шариковые радиальные однорядные (ГОСТ 8338–75)  
Подшипники роликовые конические радиально-упорные однорядные (ГОСТ 27365–87)**

В миллиметрах



Обозначение	$d$	$D$	$B$	$r$	$d_1$	$D_1$
<i>Особо легкая серия</i>						
104						
105	25	47	12	1,0	17	40
<i>Легкая серия</i>						
200	10	30	9	1,0	15	24
201	12	32	10		18	27
202	15	35	11		21	30
203	17	40	12		23	34
204	20	47	14	1,5	28	40
205	25	52	15		33	44
206	30	62	16	2,0	40	52
207	35	72	17		46	61
208	40	80	18		52	68
<i>Средняя серия</i>						
304	20	52	15	2,0	30	42
305	25	62	17		36	51
306	30	72	19		44	60
307	35	80	21	2,5	48	67
308	40	90	23		56	75

В миллиметрах

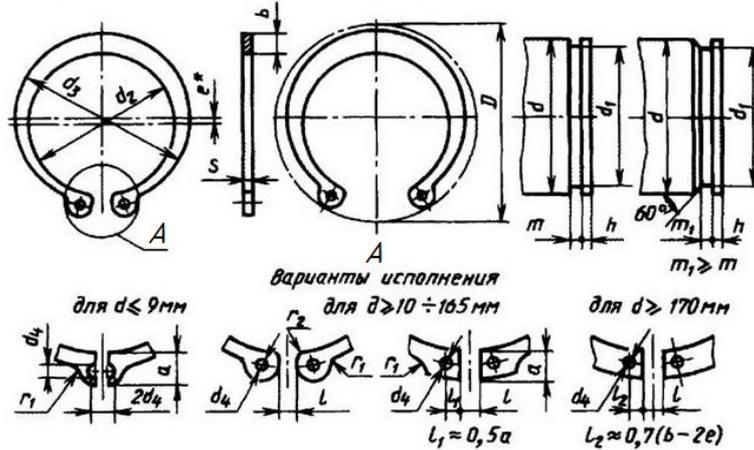


Обозначение	$d$	$D$	$T$	$B$	$C$	$D_1$	$r$	$r_1$	$d_1$	$d_2$
<i>Особо легкая серия</i>										
7106	30	55	17	16	14	43	1,5	0,5	40	35
<i>Легкая широкая серия</i>										
7506	30	62	21,5	21	17	51	1,5	0,5	44	37
7507	35	72	24,5	23	20	60	2,0	0,8	51	43
7508	40	80	25	24	20	65			57	49
<i>Средняя серия</i>										
7308	40	90	25,5	23	20	76	2,5	0,8	61	52
7309	45	100	27,5	26	22	85			69	60

ПРИЛОЖЕНИЕ Р  
(справочное)

Кольца пружинные  
упорные плоские наружные эксцентрисические и канавки для них (ГОСТ 13942–86)

В миллиметрах

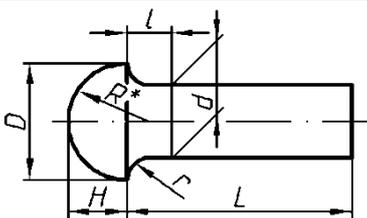


Диаметр вала $d_0$	Кольцо									Канавка		
	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$s$	$b$	$a$ , не более	$l$	$r_2$	$r_1$	$d_1$	$m$	$h$
6	5,4	7,34	1,15	0,7	1,3	2,7	-	-	1,8	5,6	0,8	0,6
8	7,2	9,3	1,2		1,5	3,2			2,0	2,0		
10	9,2	11,8	1,5	1,0	1,8	3,3	2,0	1,0	1,5	9,5	1,2	0,75
12	11,0	13,6	1,7		2,1	3,5			11,3	1,1		
14	12,9	15,9			2,2	3,6			13,2	1,2		
15	13,8	17,0			2,3	3,7			14,1	1,4		
16	14,7	17,9			2,4	3,8			15,0	1,5		
17	15,7	19,1			2,5	3,9			16,0	1,8		
18	16,5	19,9			2,6	4,0			16,8	1,4	2,1	
19	17,5	21,1	2,8		4,2	17,8			2,3			
20	18,2	21,8	2,9		4,3	18,6			3,0		2,3	
22	20,2	24,2	3,0		4,4	20,6						
23	21,1	25,3	3,1	4,5	21,5							
24	22,1	26,3	3,2	4,7	22,5							
25	23,1	27,3	3,4	4,8	23,5							
26	24,0	28,2	3,5	5,0	24,5							
28	25,8	30,2	3,6	5,2	26,5							
29	26,8	31,6	3,8	5,4	27,5							
30	27,8	32,8	2,5	1,2	3,5	5,0	28,5	2,7				
32	29,5	34,5			3,6	5,2	30,2					
34	31,4	36,8	1,7	1,7	3,8	5,4	32,0	1,9				
35	32,2	37,6			3,9	5,6	33,0		3,0			

**ПРИЛОЖЕНИЕ С**  
(справочное)

**Заклепки с полукруглой головкой (ГОСТ 10299–80)**

В миллиметрах

						
Диаметр стержня $d$	Диаметр головки $D$	Высота головки $H$	Радиус под головкой $r$ , не более	Радиус сферы головки $R$	Расстояние от основания головки до диаметра стержня $l$	Длина $L$
8	14	4,8	0,5	7,5	4	От 7 до 70
10	16	6,0	0,6	8,3	6	» 14 » 100
12	19	7,2	0,8	9,8	6	» 18 » 110
(14)	22	8,4	0,8	11,4	6	» 20 » 140
16	25	9,5	1,0	13,0	6	» 20 » 140
(18)	27	11	1,0	13,8	8	» 28 » 140
20	30	12	1,0	15,4	8	» 34 » 160
(22)	35	13	1,0	18,3	8	» 38 » 180
24	37	16	1,2	18,7	8	» 40 » 180
30	45	20	1,2	22,7	10	» 55 » 180
36	55	24	1,6	27,8	10	» 55 » 180

*Примечание* – Размеры, заключенные в скобки, применять не рекомендуется.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Левицкий, В. С.** Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей / В. С. Левицкий. – М. : Высш. шк., 2000. – 423 с.
- 2 **Чекмарев, А. А.** Инженерная графика / А. А. Чекмарев. – М. : Высш. шк., 2000. – 365 с.
- 3 **Федоренко, В. А.** Справочник по машиностроительному черчению / В. А. Федоренко, А. И. Шошин. – Л. : Машиностроение, 1981. – 416 с.
- 4 **Новичихина, Л. И.** Справочник по техническому черчению / Л. И. Новичихина. – Минск : Книжный дом, 2004. – 320 с.
- 5 **ГОСТ 2.301–68 – 2.318–81** Единая система конструкторской документации. Общие правила выполнения чертежей : сб. стандартов. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 231 с.
- 6 **ГОСТ 2.001–70 – 2.121–73** Единая система конструкторской документации. Основные положения : сб. стандартов. – М. : Изд-во стандартов, 1975.
- 7 **ГОСТ 2.404–68 – 2.426–74** Единая система конструкторской документации. Правила выполнения чертежей различных деталей : сб. стандартов. – М. : Изд-во стандартов, 1976.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	3
<b>1 Рекомендации по выполнению расчетно-графической работы</b> .....	3
<b>2 Виды соединения деталей</b> .....	4
<b>3 Разъемные резьбовые соединения деталей</b> .....	4
3.1 Резьба. Классификация резьбы .....	4
3.2 Изображение резьбы и резьбового соединения .....	6
3.3 Условное обозначение резьбы .....	7
3.4 Стандартные крепежные детали с резьбой .....	11
3.4.1 Соединение болтом .....	11
3.4.2 Соединение шпилькой .....	15
3.4.3 Соединение винтом .....	16
<b>4 зубчатые передачи</b> .....	19
4.1 Цилиндрическая зубчатая передача .....	21
4.2 Коническая зубчатая передача .....	23
<b>5 Детали валов</b> .....	25
<b>6 Соединение труб фитингами</b> .....	30
<b>7 Неразъемные соединения</b> .....	34
7.1 Соединение заклепками .....	34
7.2 Соединения сварные .....	36
<b>Приложения</b>	
<b>А</b> Образец оформления работы .....	48
<b>Б</b> Варианты заданий по разъемным соединениям .....	58
<b>В</b> Основные размеры болтов с шестигранной головкой (нормальной точности) по ГОСТ 7798–70 .....	59
<b>Г</b> Длина болтов с шестигранной головкой (нормальной точности) по ГОСТ 7798–70 .....	60
<b>Д</b> Гайки шестигранные (нормальной точности) по ГОСТ 5915–70 .....	61
<b>Е</b> Шайбы нормальные (ГОСТ 11371–78) и шайбы увеличенные (ГОСТ 6858–78) .....	62
<b>Ж</b> Шайбы пружинные (ГОСТ 6402–70) .....	63
<b>И</b> Основные размеры шпилек общего применения (ГОСТ 20032–76, ГОСТ 22033–76) .....	64
<b>К</b> Длина шпилек общего применения (ГОСТ 22032–76; ГОСТ 22033–76) .....	65
<b>Л</b> Основные размеры винтов (ГОСТ 1491–80, ГОСТ 17473–80, ГОСТ 17475–80, ГОСТ 1476–93) .....	66
<b>М</b> Размеры призматических шпонок и шпоночных пазов (ГОСТ 23360–78) .....	67
<b>Н</b> Соединение зубчатое (шлицевое) прямобочное (ГОСТ 1139–80). Соединение шлицевое эвольвентное (ГОСТ 6033–80) .....	68
<b>О</b> Кольца войлочные для уплотнений и канавки для них (МН 180-61). Манжеты резиновые армированные для валов (ГОСТ 8752–79) .....	69
<b>П</b> Подшипники шариковые радиальные однорядные (ГОСТ 8338–75). Подшипники роликовые конические радиально-упорные однорядные (ГОСТ 27365–87) .....	70
<b>Р</b> Кольца пружинные упорные плоские наружные эксцентрические и канавки для них (ГОСТ 13942–86) .....	71
<b>С</b> Заклепки с полукруглой головкой (ГОСТ 10299–80) .....	72
<b>Список рекомендуемой литературы</b> .....	73

Учебное издание

*ЛОДНЯ Вячеслав Александрович,  
НИКИТИН Олег Викторович*

**Соединение деталей**

Учебно-методическое пособие

Технический редактор В. Н. К у ч е р о в а  
Корректор Т. А. П у г а ч

Подписано в печать 28.01.2018 г. Формат бумаги 60x84 1/8.  
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 8,84 + 10 вкл. (4,65 усл. печ. л.). Уч.-изд. л. 14,64. Тираж 200 экз.  
Зак. № . Изд. № 59

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Белорусский государственный университет транспорта.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/361 от 13.06.2014.  
№ 2/104 от 01.04.2014.  
№ 3/1583 от 14.11.2017.  
Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель.