



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный  
технический университет**

---

**Кафедра «Инженерная графика строительного профиля»**

**О. И. Чумакова  
Т. Д. Чудникова**

# **РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ**

*Учебно-методическое пособие*

**Минск  
БНТУ  
2015**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Инженерная графика строительного профиля»

О. И. Чумакова  
Т. Д. Чудникова

# РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Учебно-методическое пособие  
для студентов строительных специальностей

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по образованию в области строительства*

Минск  
БНТУ  
2015

УДК Т44:621.88(075.8)

ББК 30.11017

Ч-84

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническая эксплуатация  
автомобилей» БНТУ *И. М. Флерко*;

кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерная графика  
и САПР» БГАТУ *А. Г. Вабищевич*

**Чумакова, О. И.**

Ч-84 Резьбовые соединения : учебно-методическое пособие для студентов строительных специальностей / О. И. Чумакова, Т. Д. Чудникова. – Минск : БНТУ, 2015. – 54 с.

ISBN 978-985-550-487-1.

Издание предназначено для помощи студентам строительных специальностей в овладении приемами и навыками по выполнению и чтению строительных и машиностроительных чертежей, технической документации в соответствии с действующими стандартами.

УДК Т44:621.88 (075.8)

ББК 30.11017

ISBN 978-985-550-487-1

© Чумакова О. И., Чудникова Т. Д., 2015

© Белорусский национальный  
технический университет, 2015

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Ознакомление студентов с видами изделий (ГОСТ 2.101–68) и комплектностью конструкторских документов (ГОСТ 2.102–68).
2. Изучение студентами требований по выполнению чертежей.
3. Усвоение правил заполнения документации.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

1. Выполнить изображение соединений стандартными резьбовыми деталями. Чертеж выполнить на формате А3.
2. Выполнить спецификацию.
3. Выполнить условное и упрощенное изображение резьбовых соединений. Чертеж выполнить на формате А4.

## 3. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

В соответствии с ГОСТ 2.102–68 конструкторские документы в зависимости от стадии разработки делятся на документы, входящие в комплект проектной документации, и на документы, входящие в комплект рабочей документации.

В комплект проектной документации входит чертеж общего вида, который определяет конструкцию изделия и взаимодействие его основных составных частей, а также объясняет принцип работы изделия.

Комплект проектной документации, дающий исчерпывающие сведения о разработанном изделии, не позволяет осуществить его изготовление. Изготовление изделия осуществляется на основании комплекта рабочей документации, разработанного на базе комплекта проектной документации.

В комплект рабочей документации входят: спецификации, сборочные чертежи и чертежи детали. Спецификация представляет собой документ, определяющий состав изделия.

**Сборочный чертеж** – документ, содержащий изображение изделия и другие сведения, необходимые для его сборки (изготовления).

**Чертеж детали** – документ, позволяющий изготовить деталь.

**Изделием** называется любой предмет или набор предметов, подлежащих изготовлению на предприятии. В соответствии с ГОСТ 2.101–68 установлены следующие виды изделий: детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты.

**Деталь** – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, не имеющего составных частей.

**Сборочная единица** – изделие, составные части которого подлежат соединению между собой сборочными операциями.

## 4. РЕЗЬБЫ

### 4.1. Основные параметры резьб

Если точка выполняет одновременно два перемещения, из которых одно является вращением вокруг некоторой оси, а второе поступательным движением, то движение точки называется **винтовым движением**. При этом точка описывает винтовую линию. При винтовом движении какой-либо линии образуется винтовая поверхность.

Резьба является сложным присоединительным элементом деталей машин и приборов, воспринимает внешние усилия от другой детали, передает движение другой детали или обеспечивает герметичное соединение деталей.

**Резьба** – один или несколько равномерно расположенных выступов резьбы постоянного сечения, образованных на боковой поверхности прямого кругового цилиндра или прямого кругового конуса.

**Ось резьбы** – прямая, относительно которой происходит винтовое движение плоского контура, образующего резьбу.

**Наружный диаметр резьбы  $D$**  – диаметр воображаемого кругового цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы или впадин внутренней резьбы. Этот диаметр принимают за номинальный и используют при обозначении резьбы.

**Внутренний диаметр резьбы  $d_1$**  – диаметр воображаемого прямого цилиндра, описанного вокруг впадин наружной резьбы или вершин внутренней резьбы.

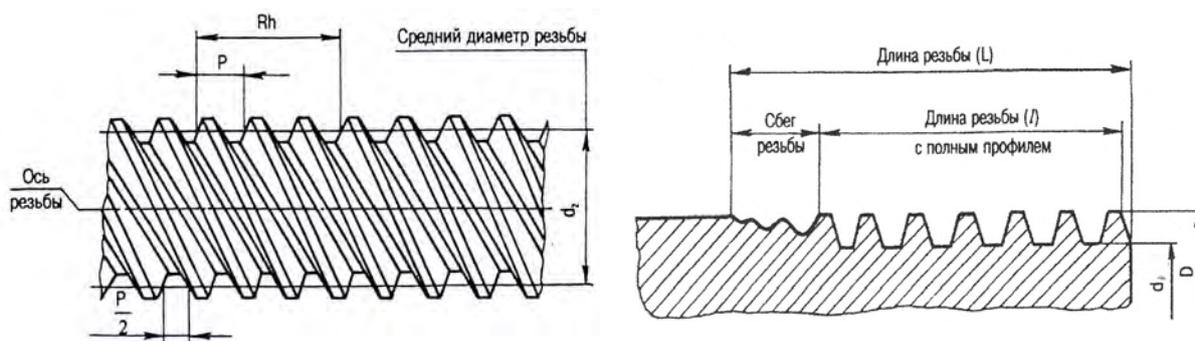


Рис. 1

**Средний диаметр резьбы  $d_2$**  – диаметр воображаемого, соосного с резьбой прямого цилиндра, каждая образующая которого пересекает профиль резьбы таким образом, что ее отрезки, образованные при пересечении с канавкой резьбы, равны половине номинального шага резьбы.

**Профиль резьбы** – контур сечения резьбы плоскостью, проходящей через ее ось.

**Шагом** резьбы называется расстояние  $P$  между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы, (рис. 1). Часть винтовой линии, соответствующая одному шагу для однозаходной резьбы, называется **витком винтовой линии**.

**Ходом резьбы** (рис. 1) называется расстояние  $P_h$  между ближайшими одноименными боковыми сторонами профиля, принадлежащими одной и той же винтовой поверхности, в направлении, параллельном оси резьбы. Ход резьбы есть величина относительного осевого перемещения гайки (винта) за один оборот.

В однозаходной резьбе ход равен шагу ( $P_h = P$ ), в многозаходной – произведению шага на число  $Z$  заходов ( $P_h = PZ$ ).

**Номинальный диаметр резьбы** – диаметр, условно характеризующий размеры резьбы и используемый при ее обозначении.

**Сбегом резьбы** называется участок конечных витков резьбы, имеющих неполный профиль (рис. 2). Сбег резьбы образуется при отводе режущего инструмента или от его заборной части. Для того чтобы избежать образования сбega, на детали выполняется специальная проточка, служащая для выхода резьбонарезного инструмента.

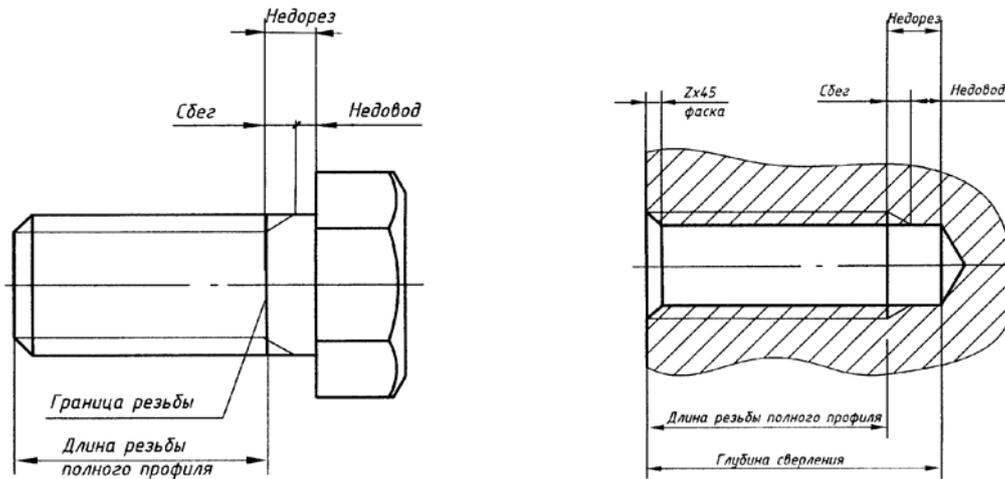
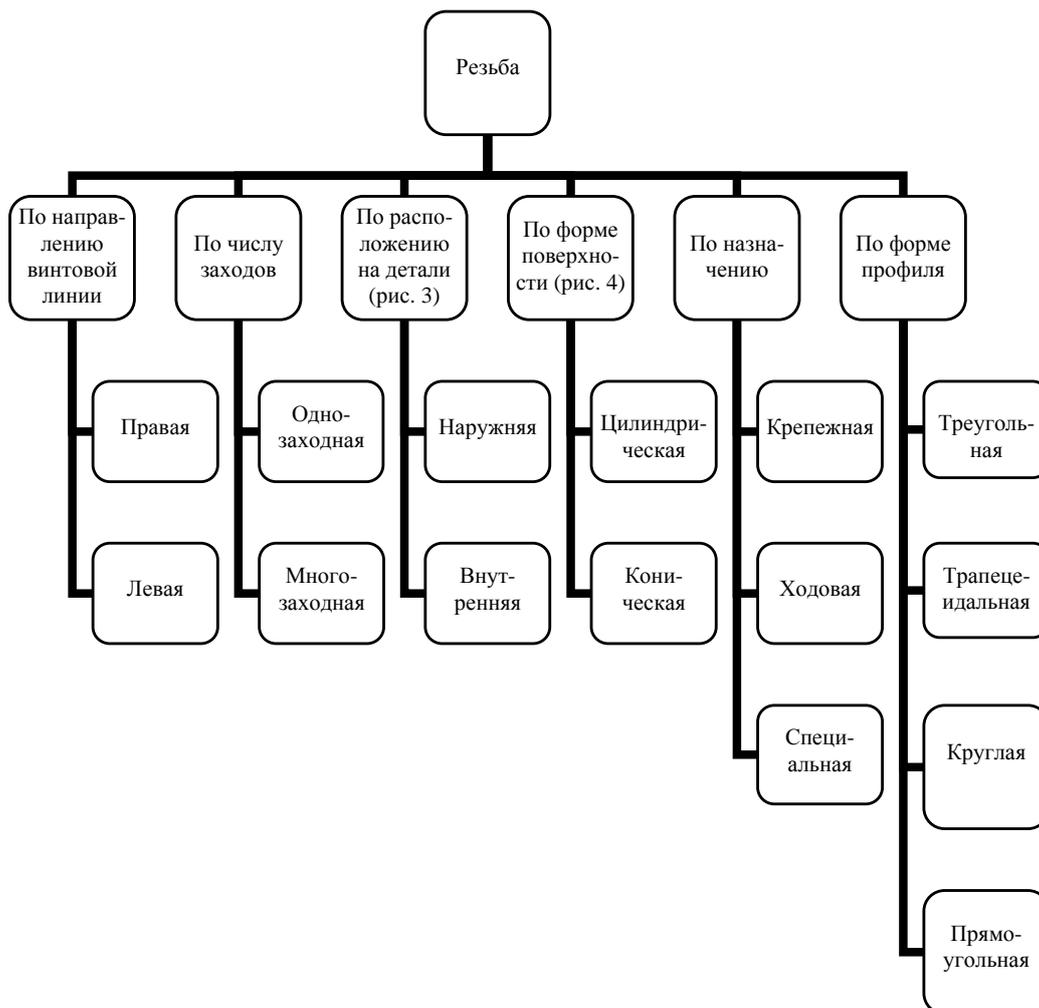


Рис. 2

## 4.2. Классификация резьб

Классификация резьб может быть представлена в виде следующей схемы:



**Правую резьбу** образует контур при вращении по часовой стрелке и перемещении вдоль оси от наблюдателя.

**Левую резьбу** образует контур при вращении против часовой стрелки и перемещении вдоль оси от наблюдателя.

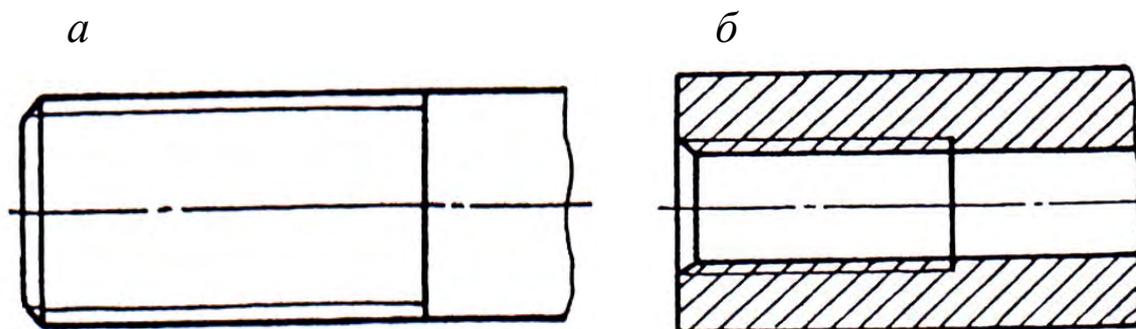


Рис. 3:  
*a* – наружная резьба; *б* – внутренняя резьба

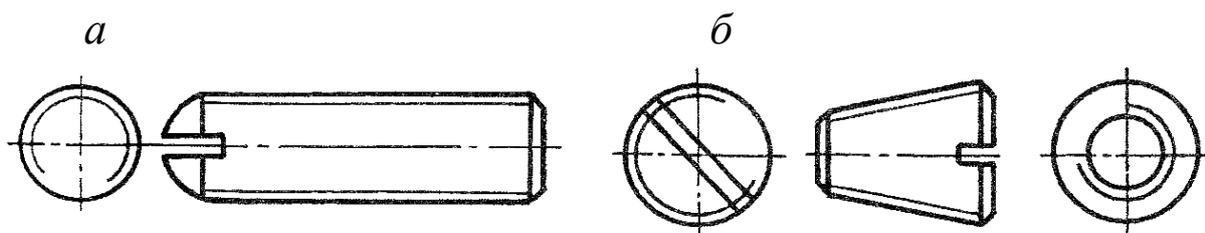


Рис. 4:  
*a* – цилиндрическая резьба; *б* – коническая резьба

По **назначению** резьбы общего назначения можно разделить на три группы:

**1 группа** – крепежные резьбы, предназначенные для соединения деталей (болты, винты, шпильки, гайки). К ним относятся метрические и дюймовые резьбы;

**2 группа** – кинематические (ходовые) резьбы. Предназначены для преобразования вращательного движения в поступательное, или наоборот. К ним относятся трапецеидальная и прямоугольная, упорная резьбы;

**3 группа** – изделия специального назначения. Примерами этих изделий могут служить плашка, фреза, сверло. Также к этой группе можно отнести трубные и арматурные резьбы, применяемые для трубопроводов и арматуры, основное назначение – обеспечение

герметичности соединений. К ним относятся трубная цилиндрическая и коническая, метрическая резьбы.

В зависимости от **формы профиля**:

1. **Метрическая резьба (М)** (рис. 5). Теоретический профиль резьбы – равносторонний треугольник с углом при вершине  $60^\circ$ , основание которого равно шагу резьбы. Форма впадин резьбы болта может выполняться плоскосрезанной или закругленной. Формы и размеры профиля резьбы взяты по ГОСТ 9150–81 (СТ СЭВ 180–75).

Основными параметрами являются номинальный (наружный) диаметр  $d$  и шаг  $p$ . Стандартом установлены метрические резьбы с крупным и мелким шагом.

В обозначении метрических резьб указывается буква М и размер наружного диаметра резьбы (рис. 5). Например: М20 или М20 × 1,5 – если резьба имеет мелкий шаг. Левые резьбы отмечаются буквами ЛН. Например: М20 × 1,5 ЛН (рис. 5).

Для определения типа и шага резьбы пользуются резьбомерами и стандартами резьб. Существует два вида резьбомеров: для метрических резьб с углом профиля  $60^\circ$  и для дюймовой и трубной резьб с углом профиля  $55^\circ$ . На каждой гребенке резьбомера для метрических резьб выбита цифра, указывающая шаг резьбы в мм, для дюймовых и трубных резьб – число шагов на длине 25,4 мм ( $1" = 25,4$  мм).

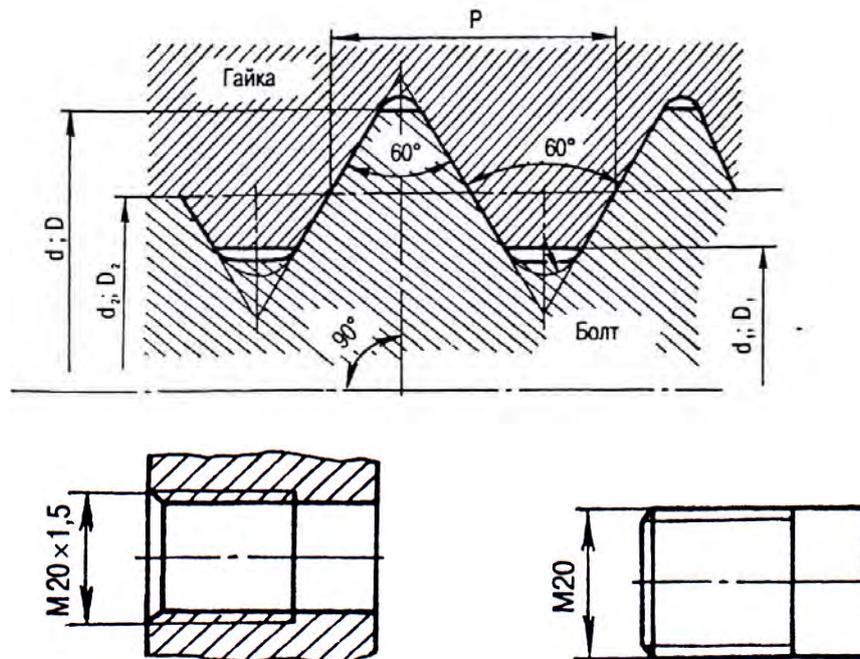


Рис. 5

2. **Дюймовая резьба** (рис. 6), как и метрическая, предназначена в основном для крепежных соединений. Профиль дюймовой резьбы – равносторонний треугольник с углом при вершине  $55^\circ$ , имеет зазоры по внутреннему и наружному диаметрам.

В обозначения указывается наружный диаметр резьбы в дюймах (без знака «"»). Дюйм равен 25,4 мм (в настоящее время применение дюймовой резьбы в конструкциях запрещено, но возможно лишь при изготовлении запасных деталей).

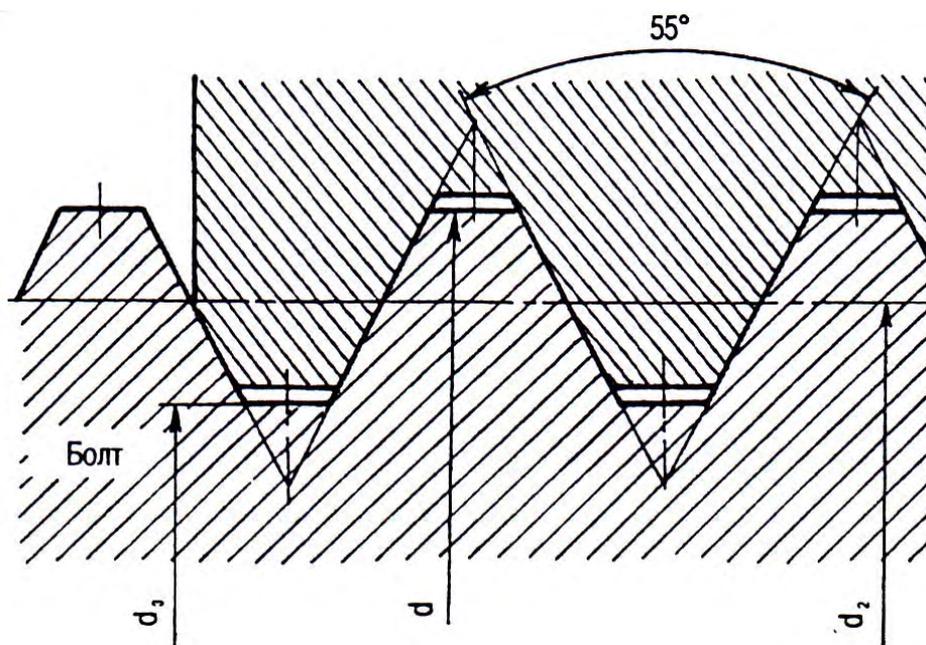


Рис. 6

3. **Тrapeцеидальная резьба (Tr)** применяется в соединениях, передающих движение (ходовые винты, винты суппортов). Профиль трапецеидальной резьбы – равнобочная трапеция с углом  $30^\circ$  между боковыми сторонами. Обозначение трапецеидальной резьбы на чертежах содержит:  $Tr20 \times 4(P2)$  – номинальный диаметр и шаг (для многозаходных – число заходов). Левые резьбы отмечаются буквами LH (рис. 7).

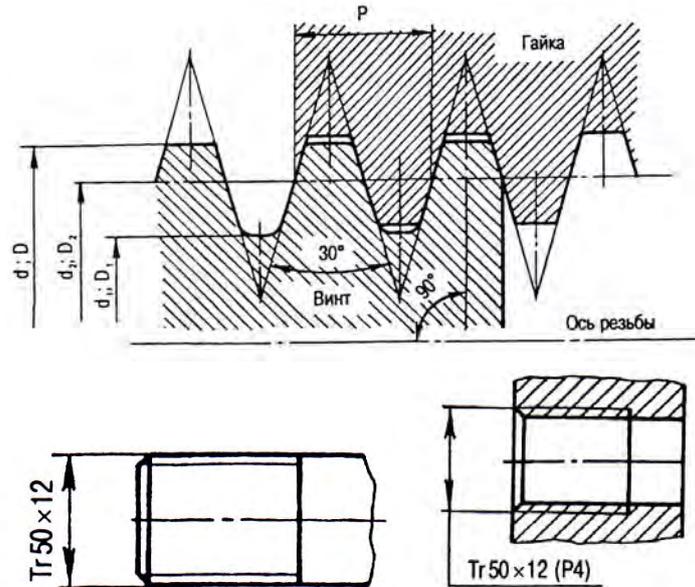


Рис. 7

4. **Упорная резьба (S)** (рис. 8) является грузовой и применяется в соединениях с большим односторонним давлением, например, в домкратах, тисках и т. п. Профиль резьбы – трапеция: одна сторона является рабочей стороной профиля, ее положение определяется углом наклона  $3^\circ$ , другая сторона трапеции не рабочая с углом  $30^\circ$ . На чертежах упорная резьба обозначается номинальным диаметром и шагом, например  $S80 \times 10$ . Левые резьбы отмечаются буквами ЛН.

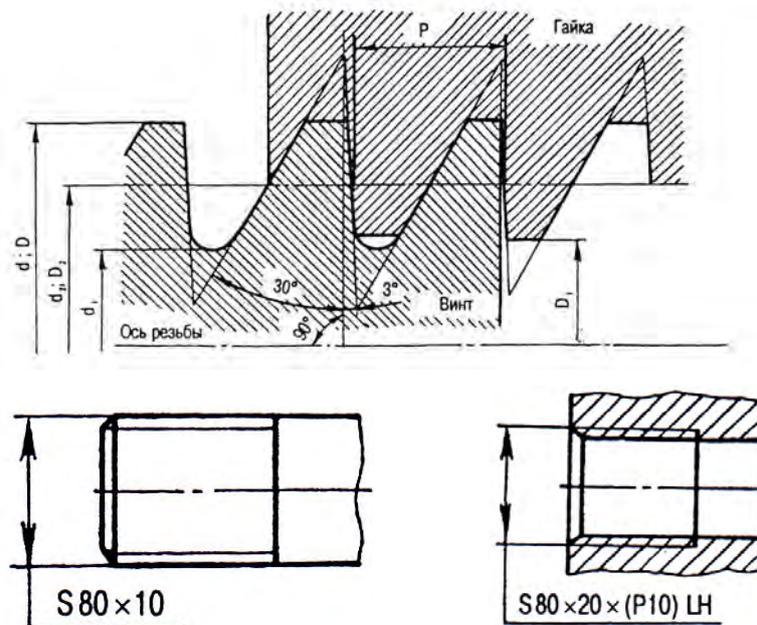


Рис. 8

5. **Трубная резьба (G)** предназначена для соединения труб, арматуры трубопроводов и фитингов. Профиль трубной резьбы, как и дюймовой, – равнобедренный треугольник с углом при вершине  $55^\circ$ , но с измельченным шагом и с закругленными вершинами и впадинами, повышающими плотность соединения (рис. 9). Трубную резьбу обозначают в дюймах, указывающих величину диаметра трубы  $D_y$ . Например:  $G_1$  означает, что размер 1" относится к внутреннему диаметру этой трубы.

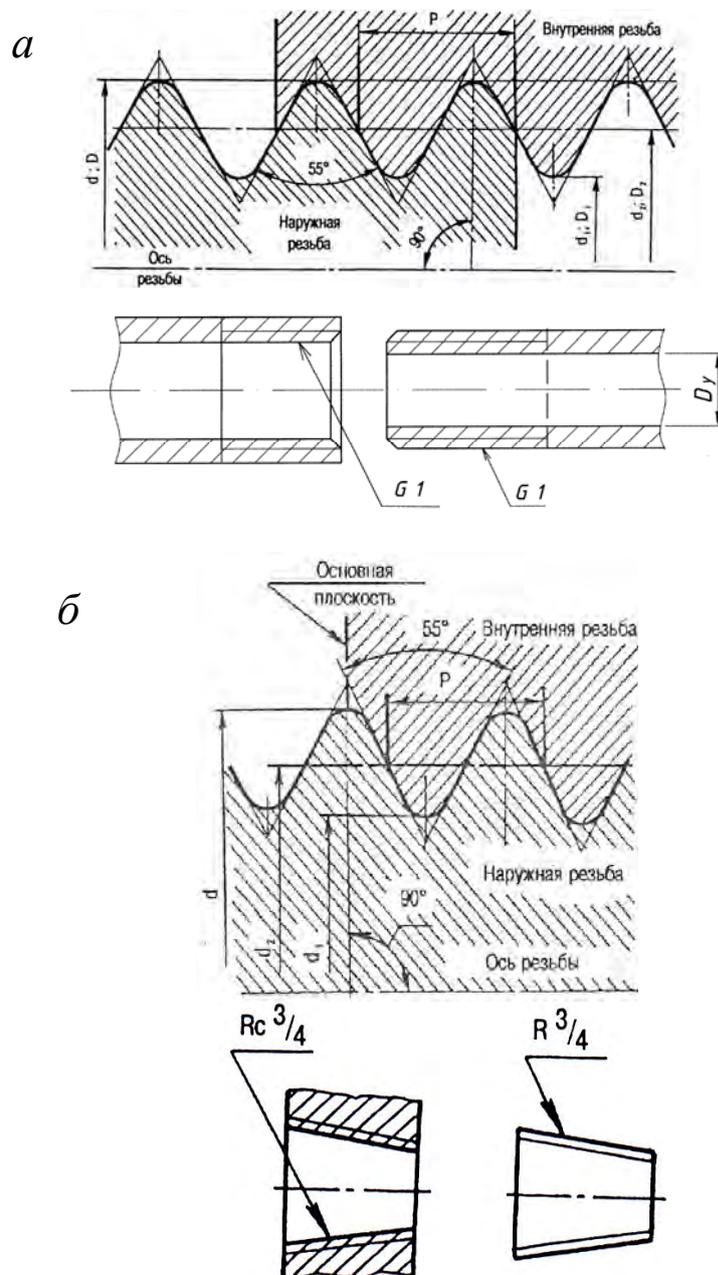


Рис. 9:

а – трубная цилиндрическая резьба; б – трубная коническая резьба

Для конических резьб все диаметры резьбы относятся к диаметрам в основной плоскости. **Основная плоскость** – это расчетное сечение, расположенное на заданном расстоянии от базы конуса  $l_1$  (рис. 10).

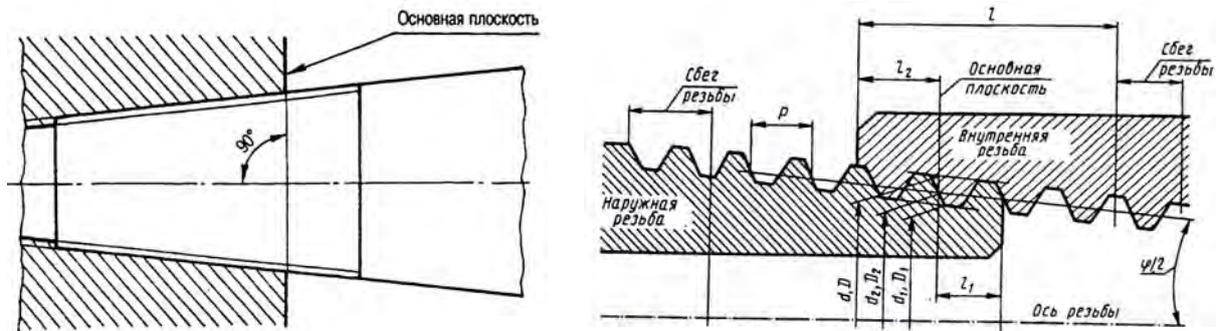


Рис. 10

6. **Дюймовая коническая резьба** (рис. 11) применяется в соединениях топливных, масляных, водяных и воздушных трубопроводов машин и станков. Профиль резьбы имеет вид равностороннего треугольника с углом  $60^\circ$  с прямосрезанной вершиной. Конусность составляет 1 : 16, обозначается буквой **К**.

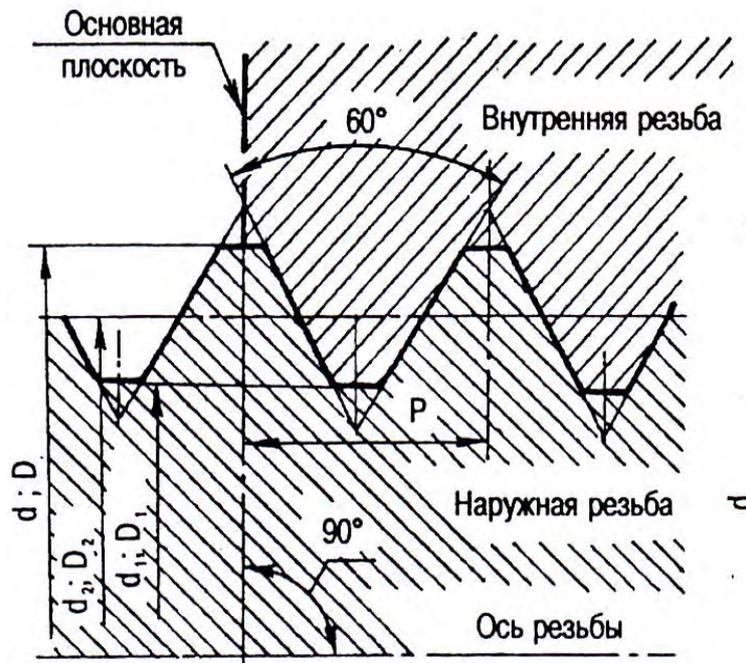


Рис. 11

7. **Круглая резьба** (рис. 12) применяется для шпинделей, вентилях, смесителях. В обозначении указывается Кр, наружный диаметр резьбы и шаг например: Кр 12 × 2,54 ГОСТ 13536–68. Для цоколей, патронов, электрических ламп используется резьба Эдисона. Обозначается Е 10 ГОСТ 6042–83.

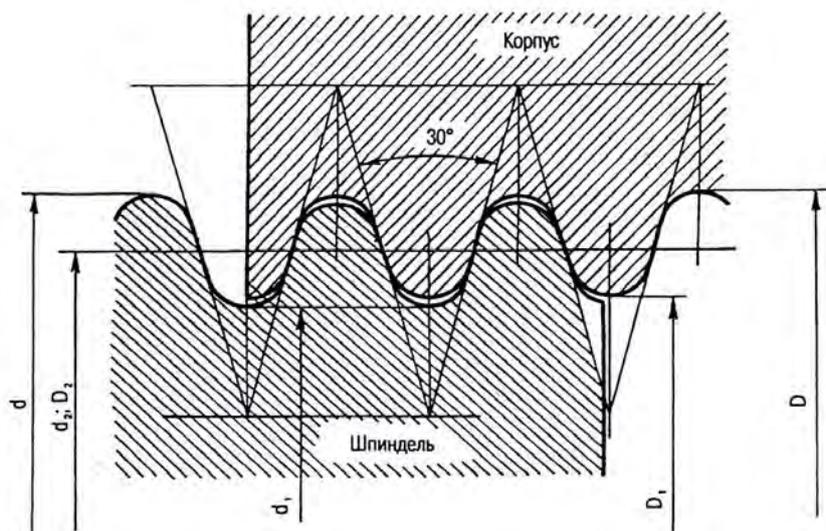


Рис. 12

8. **Прямоугольная резьба** – не стандартизированная. Она имеет квадратный профиль. (рис. 13). При изображении этой резьбы обязательно указывают ее профиль, наружный и внутренний диаметр резьбы, шаг и ход. Если резьба левая и многозаходная, то на чертеже наносятся обозначения согласно (рис. 13).

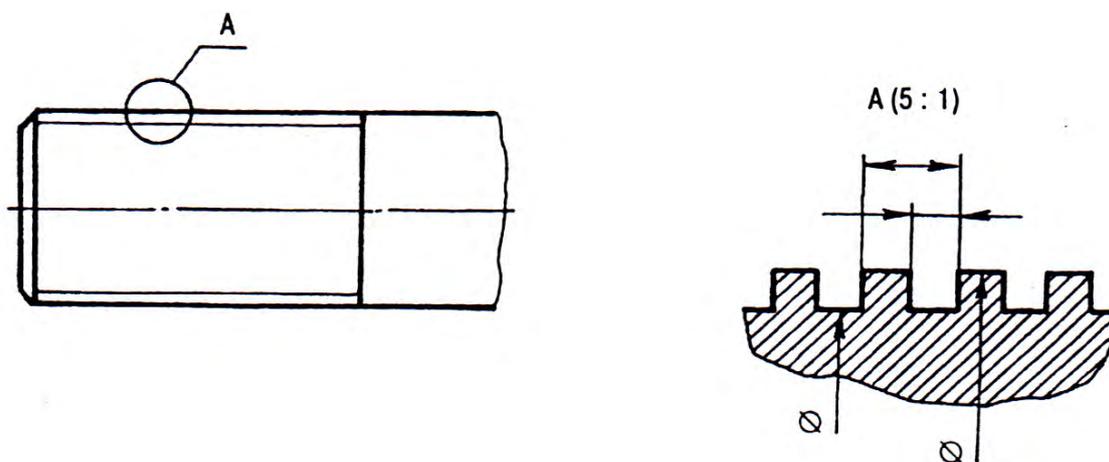


Рис. 13

### 4.3. Изображение резьбы

ГОСТ 2.311–68 устанавливает правила изображения и нанесения обозначения резьбы на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

Наружная резьба на стержне изображается сплошными толстыми линиями по наружному диаметру и сплошными тонкими линиями по внутреннему диаметру. На изображении, полученном проецированием на плоскость, параллельную оси резьбы, сплошные тонкие линии проводятся на всю длину резьбы без сбега (начинаются от линии, обозначающей границу резьбы, и пересекают линию границы фаски (рис. 14). Расстояние между сплошными толстой и тонкой линиями, применяемыми для изображения резьбы, должно быть не менее 0,8 мм и не более шага резьбы.

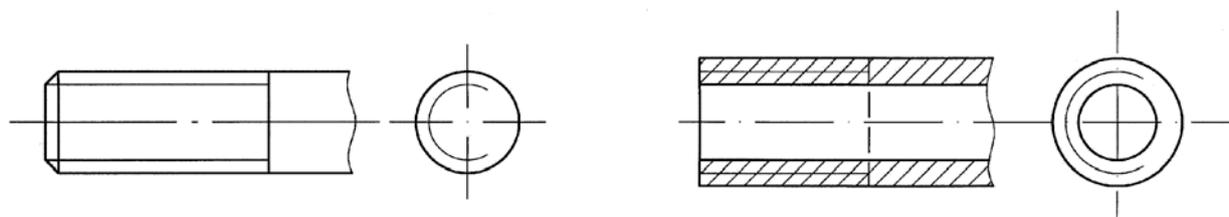


Рис. 14

Линия, изображающая границу резьбы, наносится в том месте, где кончается резьба полного профиля и начинается сбеги резьбы. Границу резьбы проводят до линии наружного диаметра и изображают сплошной толстой основной или штриховой линией, если резьба изображена как невидимая.

На изображении, полученном проецированием на плоскость, перпендикулярную оси резьбы, по наружному диаметру резьбы проводится окружность сплошной толстой линией, а по внутреннему диаметру резьбы проводится тонкой сплошной линией дуга, приблизительно равная  $3/4$  окружности и разомкнутая в любом месте; фаска на этом виде не изображается. Дуга, равная  $3/4$  окружности, не должна начинаться и кончаться точно у осевой линии.

Фаски на стержне с резьбой и в отверстии с резьбой, не имеющие специального конструктивного назначения, в проекции на плоскость, перпендикулярную к оси стержня или отверстия, не изображают.

Внутренняя резьба (рис. 15) на разрезе изображается сплошными толстыми основными линиями по внутреннему диаметру и сплошными тонкими линиями по наружному диаметру резьбы, проводимыми на всю длину резьбы (от линии, обозначающей границу резьбы, и до линий, изображающих фаску).

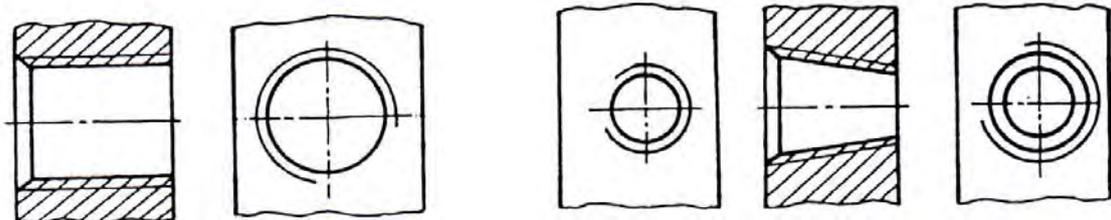


Рис. 15

Конец глухого резьбового отверстия изображается так, как показано на рис. 16. Глухое резьбовое отверстие называется *гнездом*. Гнездо заканчивается конусом с углом  $120^\circ$  при вершине, который остается от сверла. На чертеже размер этого угла не проставляется.

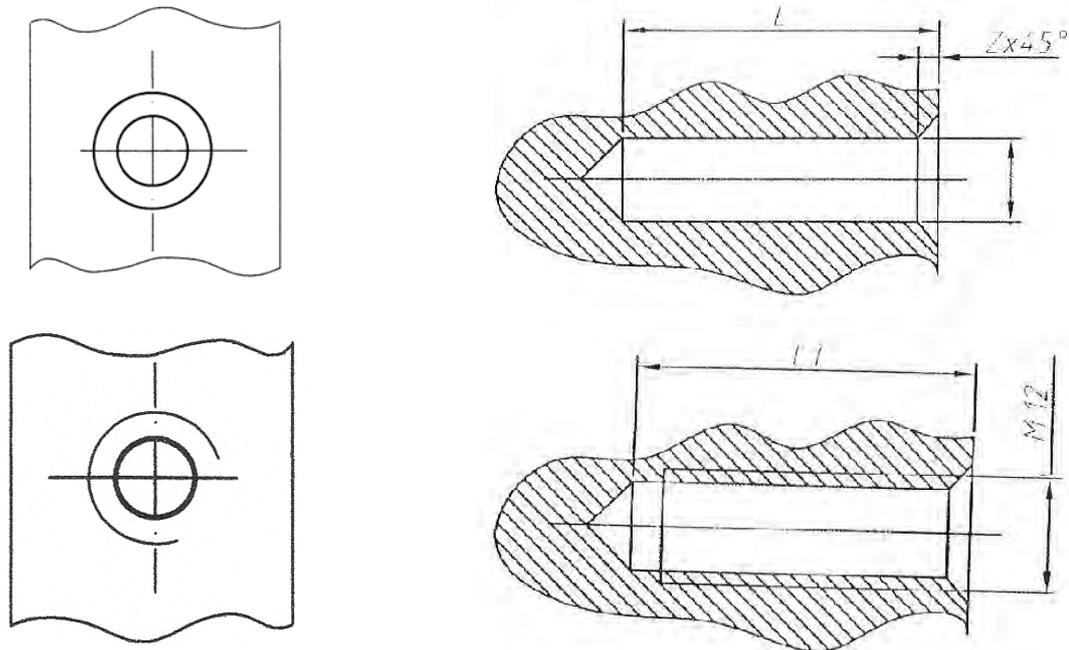


Рис. 16

На разрезах резьбовых соединений в отверстиях показывают только ту часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня (рис. 17).

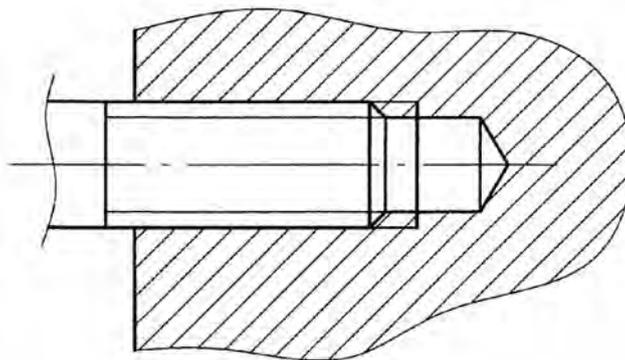


Рис. 17

Штриховку в разрезах и сечениях проводят до линии наружного диаметра резьбы на стержне и до линии внутреннего диаметра в отверстии, т. е. в обоих случаях до сплошной толстой основной линии.

## **5. РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ СТАНДАРТНЫХ КРЕПЕЖНЫХ ДЕТАЛЕЙ**

Соединения деталей могут быть разъемными и неразъемными. Разъемными называются соединения, которые разбираются без нарушения целостности деталей и средств соединения. К неподвижным разъемным соединениям относятся те, в которых относительное перемещение деталей исключается (болтовое и шпилечное соединения, соединения при помощи винтов, фитингов и др.)

### **5.1. Болты общего назначения**

Болты общего назначения с шестигранной головкой применяют для соединения деталей со сквозными отверстиями. Болт представляет собой цилиндрический стальной стержень, снабженный на одном конце головкой, на другом – резьбой. Размеры и форма головки позволяют использовать ее для завинчивания болта при помощи стандартного гаечного ключа. Обычно на головке болта выполняется коническая фаска, сглаживающая острые края головки и облегчающая пользование гаечным ключом.

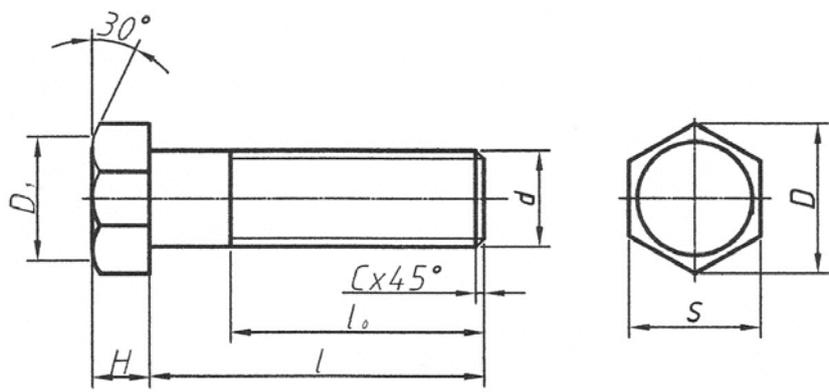
Пример условного обозначения болта:

Болт М20-69 × 80.58 ГОСТ 7798–70.

Болт исполнения 1, диаметром резьбы  $d = 20$  мм, длиной  $l = 80$  мм, с крупным шагом резьбы, с полем допуска 69, класс прочности 5.8, без покрытия.

Таблица 1

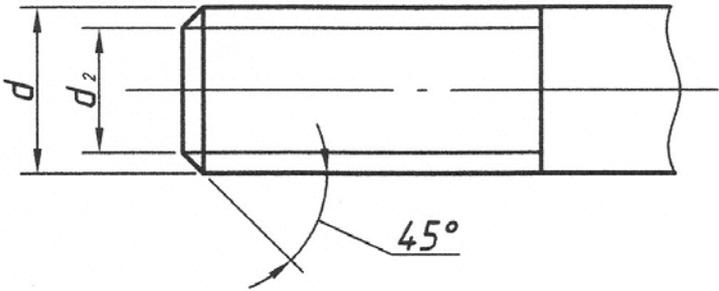
Болты с шестигранной головкой нормальной точности  
(ГОСТ 7798–70)



Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Шаг резьбы $P$	Крупный	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	3
	Мелкий		1	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5	2
Размер под ключ $S$	10	13	17	19	22	24	27	30	32	36
Высота головки $H$	4	5,5	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	13,0	14,0	15,0
Диаметр описанной окружности $D$	10,9	14,2	18,7	20,9	24,3	26,5	29,5	33,3	35	39,6
Длина болта $l$ , мм	Длина резьбы $l_0$ , мм									
25	18	25	25	25	25	25	25	25		
30	18	22	30	30	30	30	30	30	30	30
35	18	22	26	30	35	35	35	35	35	35
40	18	22	26	30	34	40	40	40	40	40
45	18	22	26	30	34	38	45	45	45	45
50	18	22	26	30	34	38	42	50	50	50
55	18	22	26	30	34	38	42	46	50	55
60	18	22	26	30	34	38	42	46	50	55
65	18	22	26	30	34	38	42	46	50	55
70	18	22	26	30	34	38	42	46	50	55
75	18	22	26	30	34	38	42	46	50	55
80	18	22	26	30	34	38	42	46	50	55

Диаметр фаски для головки болта принимается  $D_1 = (0,9...0,95)S$ ;  
Размеры фаски на конце стержня подбираются по табл. 2.

## Концы болтов, винтов, шпилек по ГОСТ 12414–66, мм



$d$	14	16	18	20	22	24	27
$d_2$	10	12	13	15	17	18	21

## 5.2. Соединение болтом

Скрепление двух или большего количества деталей при помощи болта, гайки и шайбы называется соединением болтом (рис. 18). При соединении деталей болт свободно проходит через деталь А и Б. Для данного соединения в деталях просверливают отверстие диаметром  $1,1d$ , где  $d$  – диаметр болта.

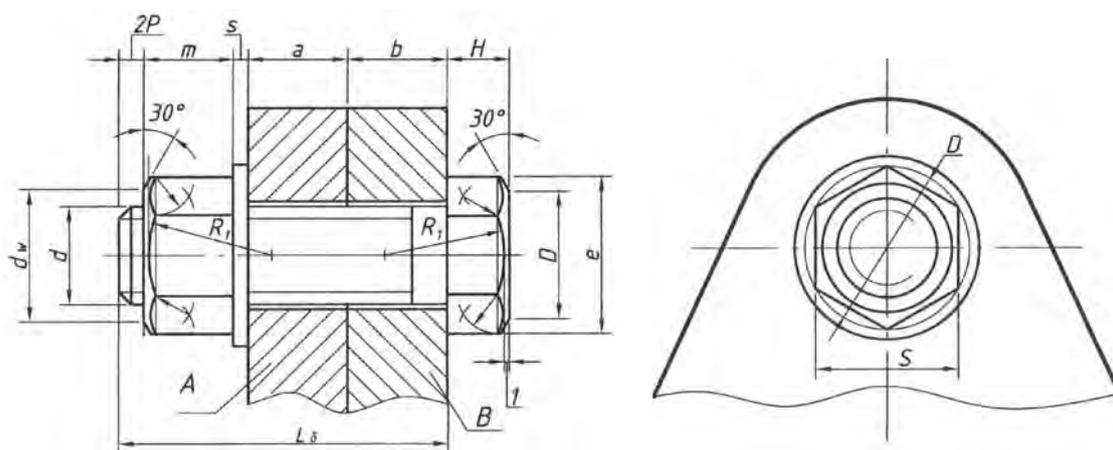


Рис. 18

При вычерчивании болтового соединения конструктивные размеры болта, гайки (табл. 10) и шайбы (табл. 11) берутся из соответствующих стандартов.

Длина  $l_6$  болта определяется расчетом (рис. 18):

$$l_6 = a + b + S + m + 2P,$$

где  $a, b$  – толщина соединяемых деталей;

$S$  – толщина шайбы;

$m$  – высота гайки;

$2P$  – необходимый запас резьбы при выходе болта из гайки;

$P$  – шаг резьбы.

Полученный результат  $l_6$  округляется до ближайшего стандартного значения  $l$ . Длина резьбы на стержне  $l_0$  определяется по табл. 1.

### 5.3. Шпильки

Шпильками называют цилиндрические стержни с резьбой на обоих концах или по всей длине. Один конец шпильки с резьбой  $l_1$  называется ввинчиваемым резьбовым концом (посадочный конец). Он предназначен для завинчивания в глухое отверстие (гнездо под шпильку), нарезанное в одной из соединяемых деталей. Длина ввинчиваемого резьбового конца зависит от материала детали, в которую он должен завинчиваться (табл. 4). Другой конец шпильки  $l_0$  называется гаечным концом. Он предназначен для навинчивания на него гайки при соединении скрепляемых деталей. Под длиной шпильки  $l$  понимается длина стержня без ввинчиваемого резьбового конца  $l_1$  (табл. 3).

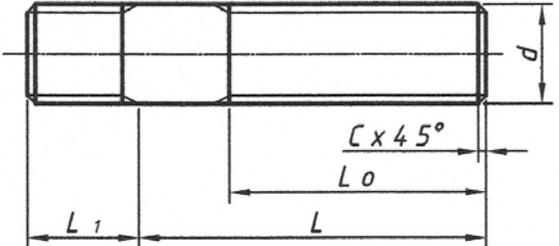
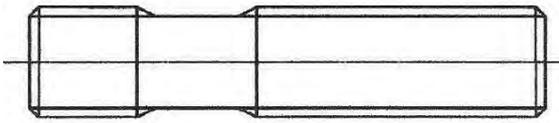
Пример условного обозначения шпильки:

Шпилька М20-69 × 120.58 ГОСТ 22032–76.

Шпилька с ввинчиваемым концом длиной  $1d$ , класса точности В, исполнения 1, с диаметром резьбы  $d = 20$  мм, с крупным шагом  $P = 2,5$ , с полем допуска 69, длиной  $l = 120$  мм, класса прочности 5.8, без покрытия.

Таблица 3

Шпильки нормальной точности  
(ГОСТ 22032–76, 22034–76, 22038–76)

		Исполнение 1										Исполнение 2									
																					
Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24										
Шаг резьбы $P$	Крупный	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3										
	Мелкий		1	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2										
Длина $l$ , мм		Длина резьбы $l_0$ , мм																			
25		18	21	20	19	18															
30		18	22	25	24	23															
35		18	22	26	29	28	27	26													
40		18	22	26	30	33	32	31	30												
45		18	22	26	30	34	37	36	35	34	33										
50		18	22	26	30	34	38	41	40	39	38										
55		18	22	26	30	34	38	42	45	44	43										
60		18	22	26	30	34	38	42	46	49	48										
65		18	22	26	30	34	38	42	46	50	53										
70		18	22	26	30	34	38	42	46	50	54										
75		18	22	26	30	34	38	42	46	50	54										
80		18	22	26	30	34	38	42	46	50	54										

## Применение шпилек, в зависимости от материала деталей

Шпильки Нормальной точности ГОСТ	Длина ввинчиваемого резьбового конца $l_1$	Область применения
22032-76	$l_1 = d$	Для резьбовых отверстий в стальных, бронзовых и латунных деталях и деталях из титановых сплавов
22034-76	$l_1 = 1,25d$	Для резьбовых отверстий в деталях из ковкого и серого чугуна
22038-76	$l_1 = 2d$	Для резьбовых отверстий в деталях из легких сплавов (алюминия, магния)

## 5.4. Соединение шпилькой

Соединение шпилькой используют, когда изготовлять сквозное отверстие в одной из соединяемых деталей нецелесообразно из-за значительной ее толщины или из-за отсутствия места для головки болта. Соединение деталей осуществляется при помощи шпильки, гайки и шайбы (рис. 19). Шпилька свободно проходит через деталь А (размер отверстия составляет  $1.1d$  шпильки) и соединяется при помощи резьбы с деталью Б. Для этого в детали Б высверливают отверстие по диаметру совпадающее с внутренним диаметром резьбы шпильки.

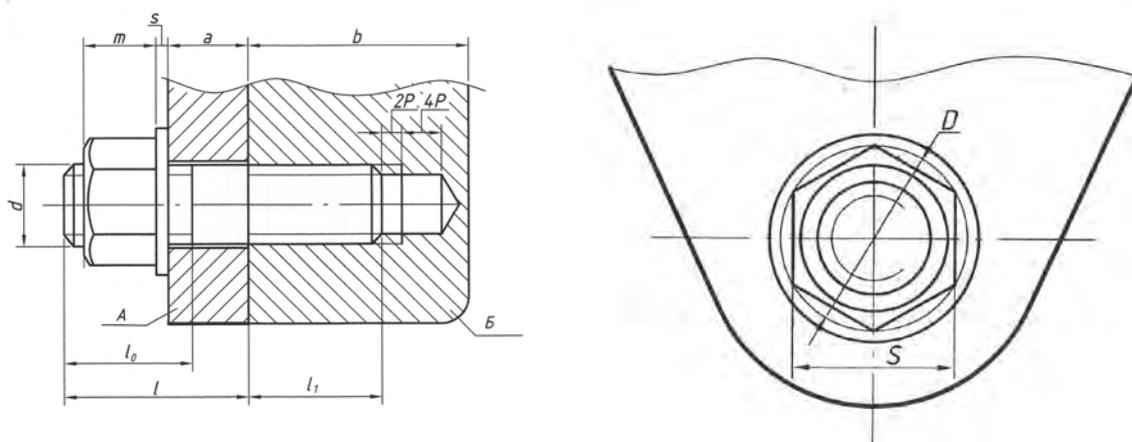


Рис. 19

На конец шпильки, выступающий из скрепляемых деталей, надевают шайбу и навинчивают гайку (рис. 15).

При вычерчивании соединения шпилькой конструктивные размеры шпильки, гайки (табл. 10) и шайбы (табл. 11) берутся из соответствующих стандартов.

Длина гаечного конца шпильки  $l$  определяется следующим образом (рис. 19):

$$l = a + S + m + 2P,$$

где  $a$  – толщина детали;

$S$  – толщина шайбы;

$m$  – высота гайки;

$2P$  – запас резьбы при выходе шпильки из гайки;

Полученный размер  $l$  округляется до ближайшего размера по таблице стандарта (см. табл. 3). По этой же таблице определяется длина  $l_0$  нарезанной части шпильки под гайку. Длину  $l_1$  ввинчиваемого (посадочного) конца шпильки выбирают в зависимости от материала детали Б по таблице стандарта (таблица 4).

## 5.5. Винты

Винт представляет собой цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой для ввинчивания в одну из соединяемых деталей на другом. Винты обычно ввинчиваются в одну из соединяемых деталей. По способу завинчивания они разделяются на винты с головкой под отвертку и с головкой под ключ. Головки винтов бывают различной формы, которая устанавливается соответствующим стандартом.

Наибольшее применение имеют следующие типы крепежных винтов:

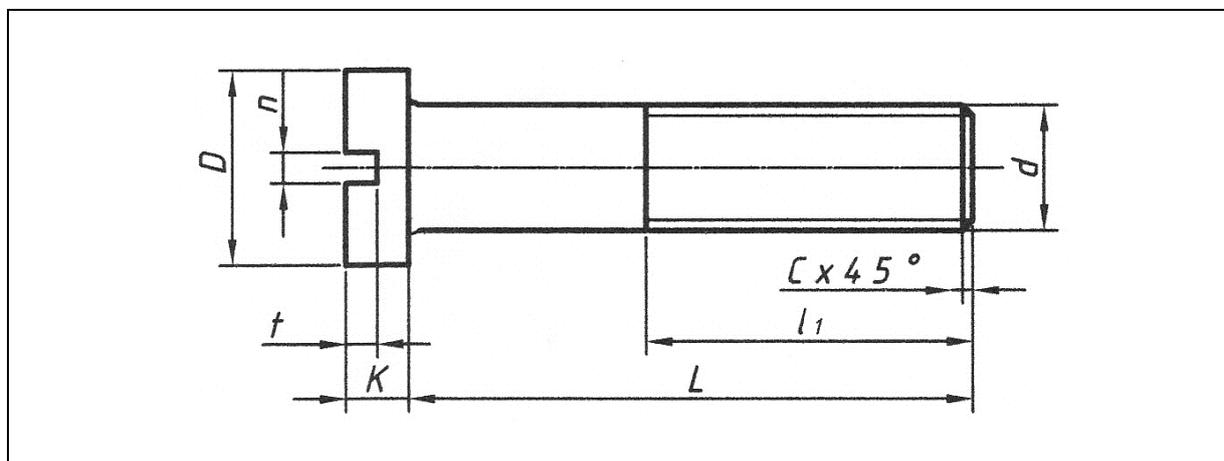
- 1) с потайной головкой, ГОСТ 17475–80;
- 2) с полупотайной головкой, ГОСТ 17474–80;
- 3) с полукруглой головкой, ГОСТ 17473–80;
- 4) с цилиндрической головкой, ГОСТ 1491–80.

Пример условного обозначения:

Винт АМ8 × 50 ГОСТ 1491–80.

Таблица 5

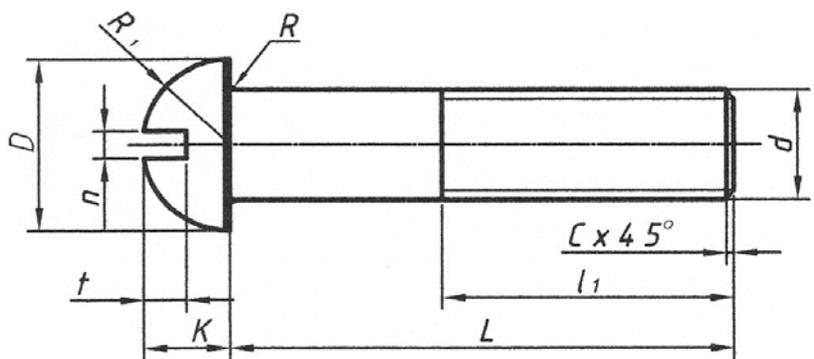
Винты с цилиндрической головкой класса точности В  
(нормальной точности) ГОСТ 1491–80



Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм		4	5	6	8	10	12	14	16
Шаг резьбы $P$	Крупный	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2
	Мелкий				1	1,25	1,25	1,5	1,5
Диаметр головки $D$		7	8,5	10,0	13,0	16,0	18,0	21,0	24,0
Высота головки $K$		2,6	3,3	3,9	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
Ширина шлица $n$	не менее	1,06	1,26	1,66	2,06	2,56	3,06	3,06	4,07
	не более	1,2	1,51	1,91	2,31	2,81	3,31	3,31	4,37
Глубина шлица $t$	не менее	1,2	1,5	1,8	2,3	2,7	3,2	3,6	4,0
	не более	1,6	2,0	2,3	2,8	3,2	3,8	4,2	4,6

Таблица 6

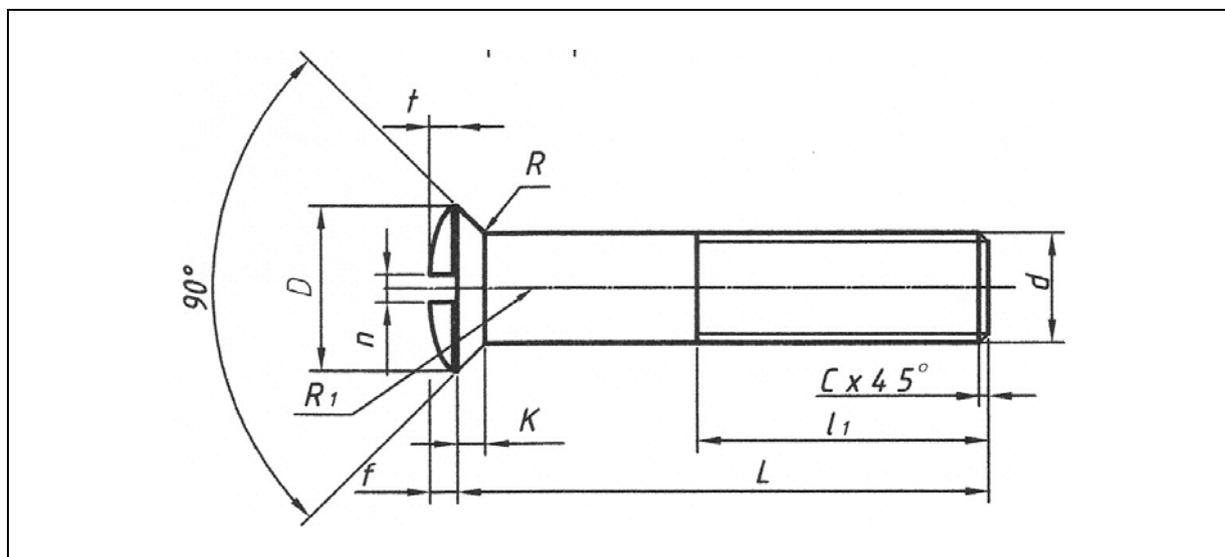
Винты с полукруглой головкой класса точности В  
(нормальной точности) ГОСТ 17473–80



Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм		4	5	6	8	10	12	14	16
Шаг резьбы $P$	Крупный	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2
	Мелкий				1	1,25	1,25	1,5	1,5
Диаметр головки $D$		7	8,5	10,0	13,0	16,0	18,0	21,0	24,0
Высота головки $K$		2,8	3,5	4,2	5,6	7,0	8,0	9,5	11,0
Радиус сферы $R_1$		3,6	4,4	5,1	6,6	8,1	9,1	10,6	12,1
Ширина шлица $n$	не менее	1,06	1,26	1,66	2,06	2,56	3,06	3,06	4,07
	не более	1,2	1,51	1,91	2,31	2,81	3,31	3,31	4,37
Глубина шлица $t$	не менее	1,6	2,1	2,3	3,26	3,76	3,96	4,26	4,76
	не более	2,0	2,5	2,7	3,74	4,24	4,44	4,74	5,24

Таблица 7

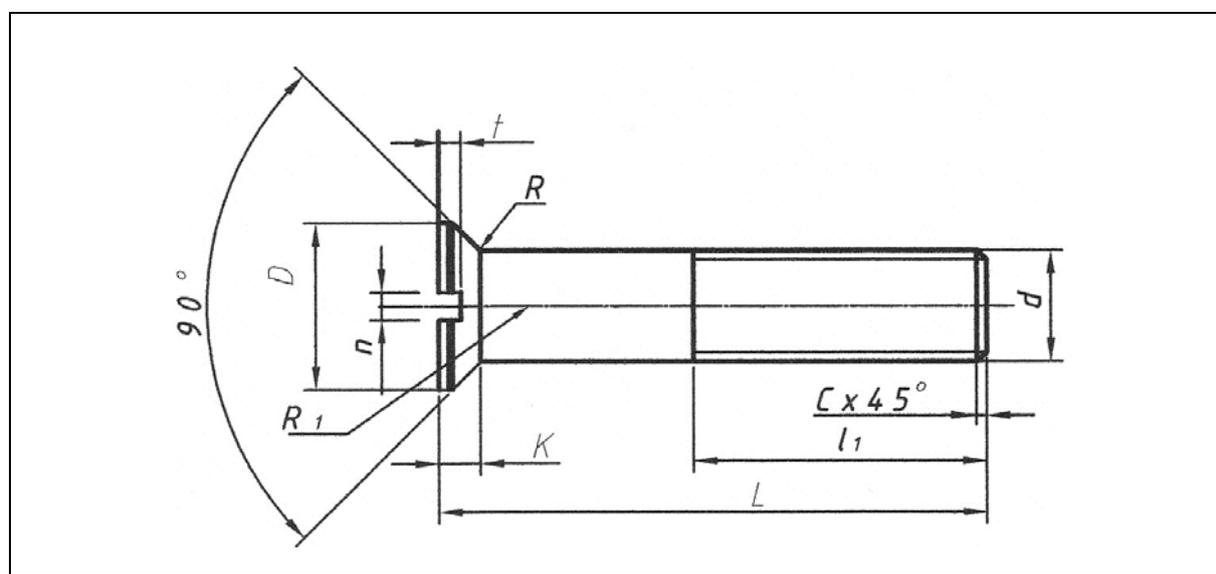
Винты с полупотайной головкой класса точности В  
(нормальной точности) ГОСТ 17474–80



Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм		4	5	6	8	10	12	14	16
Шаг резьбы $P$	Крупный	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2
	Мелкий				1	1,25	1,25	1,5	1,5
Диаметр головки $D$		7,4	9,2	11,0	14,5	18,0	21,5	25,0	28,5
Высота головки $K$		2,2	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Высота сферы $f$		1,0	1,25	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Радиус сферы $R_1$		8,0	9,4	12	15	19	22,5	26	30
Ширина шлица $n$	не менее	1,06	1,26	1,66	2,06	2,56	3,06	3,06	4,07
	не более	1,2	1,51	1,91	2,31	2,81	3,31	3,31	4,37
Глубина шлица $t$	не менее	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	4,8	5,6	6,4
	не более	1,9	2,3	2,8	3,7	4,5	5,4	6,3	7,2
Радиус под головкой $R$		0,35	0,5	0,6	1,1	1,1	1,6	1,6	1,6

Таблица 8

Винты с потайной головкой класса точности В  
(нормальной точности) ГОСТ 17475–80



Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм		4	5	6	8	10	12	14	16
Шаг резьбы $P$	Крупный	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2
	Мелкий				1	1,25	1,25	1,5	1,5
Диаметр головки $D$		7,4	9,2	11,0	14,5	18,0	21,5	25,0	28,5
Высота головки $K$		2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Ширина шлица $n$	не менее	1,06	1,26	1,66	2,06	2,56	3,06	3,06	4,07
	не более	1,2	1,51	1,91	2,31	2,81	3,31	3,31	4,37
Глубина шлица $t$	не менее	0,8	1,0	1,8	2,3	2,7	3,2	3,6	4,0
	не более	1,1	1,35	2,3	2,8	3,2	3,8	4,2	4,6
Радиус под головкой $R$		0,35	0,5	0,6	1,1	1,1	1,6	1,6	1,6

## Длины винтов

Номинальный диаметр резьбы $d$	4	5	6	8	10	12	14	16	18
Длина винта $L$ , мм	Длина резьбы $l_1$ , мм (нормальная)								
10	10	10	10						
12	12	12	12	12					
14	14	14	14	14					
16	16	16	16	16					
20	14	16	20	20	20				
25	14	16	18	22	25	25	25	25	
30	14	16	18	22	26	30	30	30	30
35	14	16	18	22	26	30	35	35	35
40	14	16	18	22	26	30	34	40	40
45	14	16	18	22	26	30	34	38	45
50	14	16	18	22	26	30	34	38	42
55	14	16	18	22	26	30	34	38	42
60	14	16	18	22	26	30	34	38	42
65	14	16	18	22	26	30	34	38	42
70	14	16	18	22	26	30	34	38	42
75	14	16	18	22	26	30	34	38	42
80	14	16	18	22	26	30	34	38	42

## 5.6. Соединение винтом

При помощи крепежных винтов можно скреплять две и более детали. Для этого в последней из них делается резьбовое отверстие, а в остальных – гладкие соосные отверстия диаметром, большим диаметра винта. Винт свободно проходит через гладкие отверстия скрепляемых деталей и ввинчивается в резьбовое отверстие последней из них (рис. 19). Глубина  $l_1$  ввинчивания винта зависит от материала детали и принимается по табл. 4.

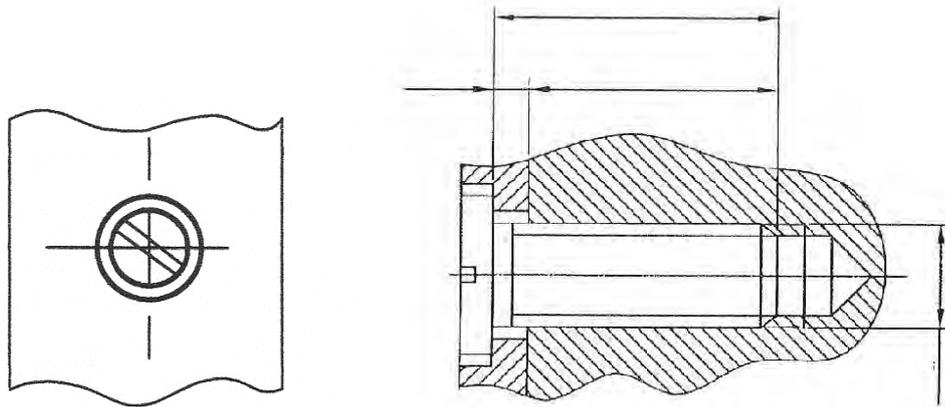


Рис. 20

В первой из скрепляемых деталей для винтов с полупотайной и потайной головками делается коническая зенковка (углубление под головку) для винтов с цилиндрической головкой цилиндрическая. Размеры зенковок под винты с полупотайной, потайной и цилиндрической головками выбираются в таблице стандарта в зависимости от номинального диаметра резьбы. Диаметры отверстий в скрепляемых деталях для прохода винтов выбираются по таблице стандарта в зависимости от диаметров стержней крепежных деталей. Шлицы головок винтов на сборочных чертежах, на видах сверху (или слева), изображаются под углом  $45^\circ$  к рамке чертежа (рис. 19) в соответствии с ГОСТ 2.315–68.

Длина винта определяется расчетом так же, как и для шпильки. У винтов с потайной и полупотайной головками ее потайная часть включается в длину винта.

## 5.7. Гайки

Гайки навинчивают на конец болта или шпильки. Упираясь своим торцом в плоскую поверхность одной из скрепляемых деталей, гайка обеспечивает соединение этих деталей силами трения в резьбе. Гайка представляет собой призму со сквозным (иногда глухим) резьбовым отверстием для навинчивания на болт или шпильку (рис. 20). Наибольшее применение в машиностроении имеют обыкновенные шестигранные гайки (нормальной точности) по ГОСТ 5915–70. Выполняются двух типов: исполнение 1 (фаска выполнена с обоих концов); исполнение 2 (фаска выполнена с одной стороны).

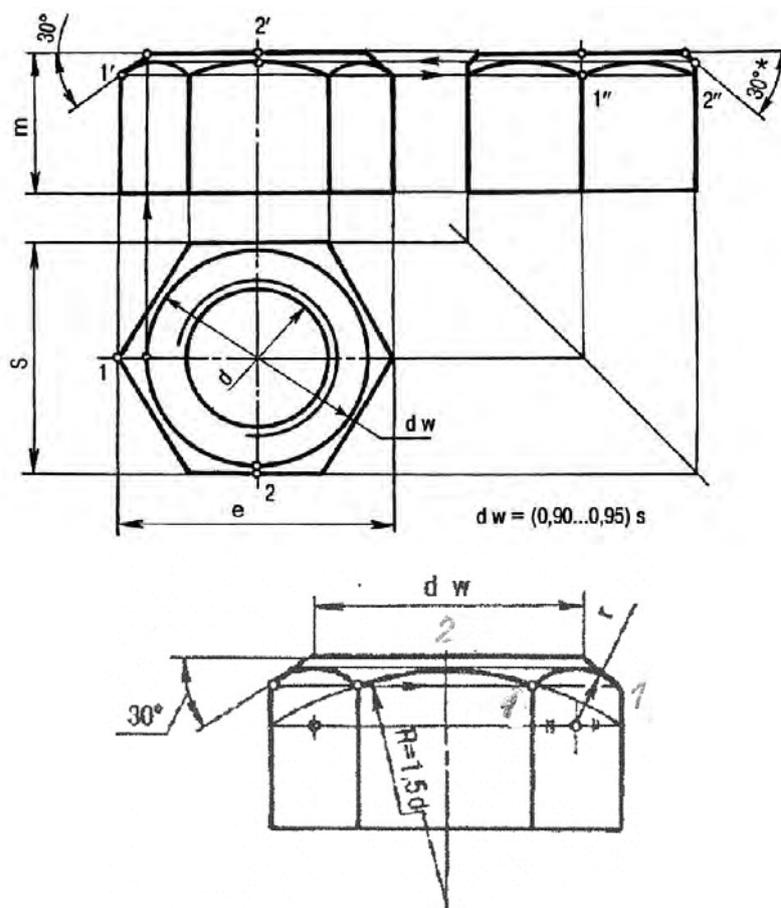


Рис. 21

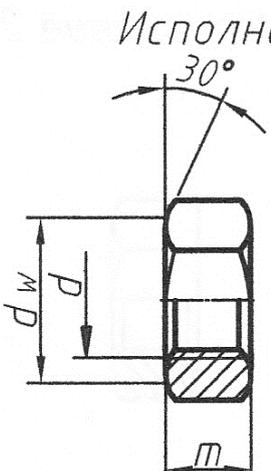
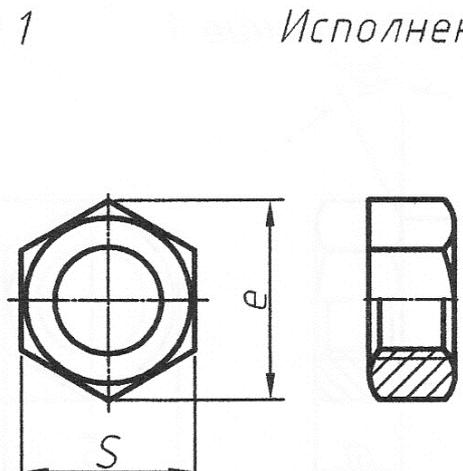
При вычерчивании гайки необходимо построить проекции гиперболы, полученной в результате пересечения граней с поверхностью конической фаски. Для нахождения центров радиусов  $R$  и  $r$  дуг окружностей используют три точки: вершину гиперболы (точка 2) и концы гиперболы (точка 1), которые определяются по правилам начертательной геометрии. Радиус дуги окружности  $R$  берут равным  $1,5d$ . Центр большей дуги окружности будет находиться на осевой линии и на расстоянии  $R$  от точки 1. Центр малой дуги окружности находится графически и равен расстоянию между точками 1 и 1.

Условное обозначение гайки:

2М16 ГОСТ 5915–70.

Означает, что используется гайка исполнения 2, с метрической резьбой.

## Гайки шестигранные нормальной точности ГОСТ 5915–70

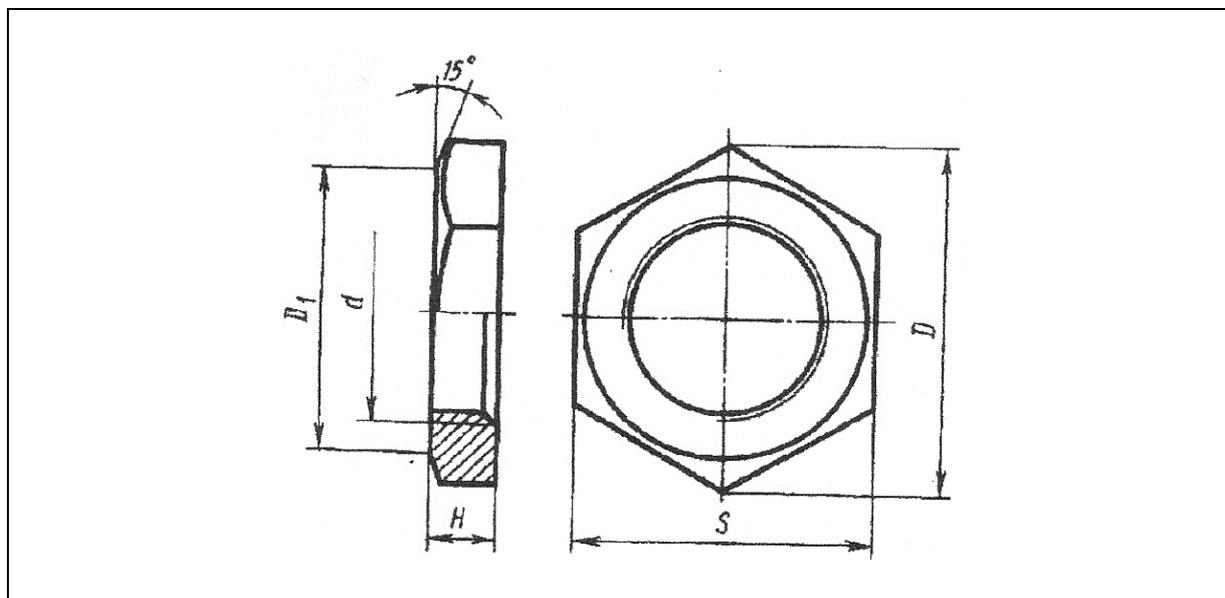
		Исполнение 1					Исполнение 2				
											
Номинальный диаметр резьбы $d$ , мм		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Шаг резьбы $P$	Крупный	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3
	Мелкий		1	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2
Размер под ключ $S$		10	13	17	19	22	24	27	30	32	36
Диаметр описанной окружности $e$		10,9	14,2	18,7	20,9	24,3	26,5	29,5	33,3	35	39,6
Высота $m$		5	6,5	8,0	10,0	11,0	13,0	15,0	16,0	18,0	19,0

**5.8. Контргайки**

Примеры условных обозначений контргаек с  $D_y = 40$  мм:

Контргайка 40 ГОСТ 8961–75.

## Контргайка, ГОСТ 8961–75



Условный проход $D_v$	Резьба	$H$	$S$	$D$	$D1$
15	G1/2-B	8	32	36,9	30
20	G3/4-B	9	36	41,6	33
25	G1-B	10	46	53,1	43
30	G1 1/4-B	11	55	63,5	52
40	G1 1/2-B	12	60	69,3	56
50	G2-B	13	75	86,5	70

## 5.9. Шайбы

Шайбы – деталь, которую устанавливают под гайку или головку болта для предохранения поверхности соединяемой детали от повреждений, а также, чтобы исключить возможность самоотвинчивания крепежной детали.

В обозначение шайбы входит диаметр стержня крепежной детали (болт, винт, шпилька), на которую одевается шайба.

Пример условного обозначения:

Шайба 14 ГОСТ 11371–78.

## Шайбы круглые класса точности А по ГОСТ 11371–78

Диаметр резьбы крепежной детали	$d_1$	$d_2$	$S$
10	10,5	22	2
12	12,5	26	2
14	15,5	28,0	2,5
16	17,5	30,0	3,0
18	20,0	34,0	3,0
20	22,0	37,0	3,0
22	24,0	39,0	3,0
24	26,0	44,0	4,0

## 6. УПРОЩЕННЫЕ И УСЛОВНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

ГОСТ 2.315–88 предусматривает упрощенные и условные изображения крепежных деталей на сборочных чертежах. При упрощенных изображениях резьба показывается по всей длине крепежной резьбовой детали. Фаски, скругления, а также зазоры между стержнем детали и отверстием не изображаются. На видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси резь-

бы, резьба на стержне изображается одной окружностью, соответствующей наружному диаметру резьбы.

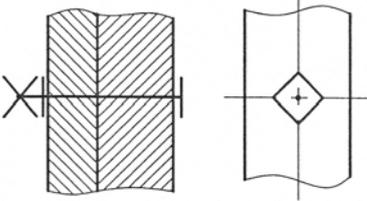
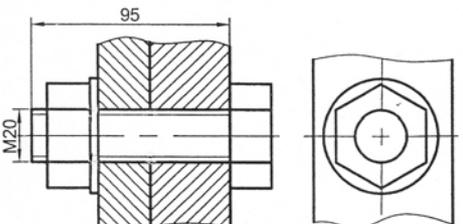
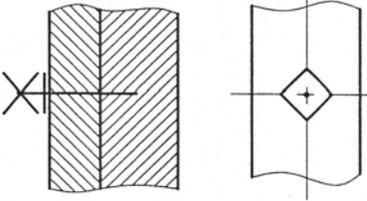
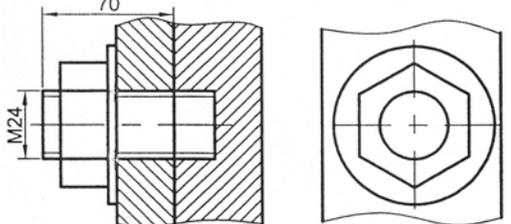
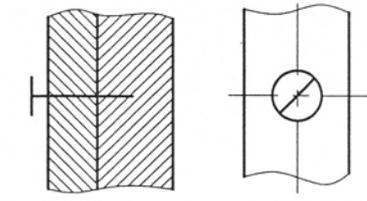
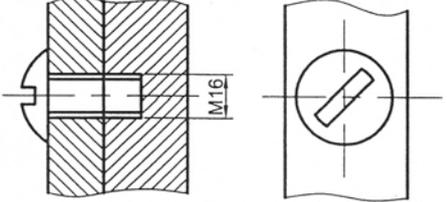
В упрощенных изображениях следует соблюдать пропорции элементов крепежных деталей.

Условные изображения применяют в тех случаях, когда на чертеже диаметры стержней крепежных деталей равны или меньше 2 мм. Выполнение на чертеже условного изображения должны давать полное представление о характере соединения.

На сборочных чертежах гайки допускается изображать упрощенно и условно (согласно ГОСТ 2.315–68).

Таблица 13

Условное и упрощенное изображения по ГОСТ 2.315–88

Название	Условное изображение	Упрощенное изображение
Соединение болтом ГОСТ 7798–70		
Соединение шпилькой ГОСТ 22032–76		
Соединение винтом ГОСТ 17473–80		
Гайка		

## 7. РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ТРУБ

Соединение водо- и газопроводных труб производится при помощи соединительных частей – фитингов (угольников, тройников, муфт и т. п.). Детали соединений имеют цилиндрическую трубную резьбу.

Основным параметром для труб и соединительных частей является условный проход  $D_y$ , который приблизительно равен размеру внутреннего номинального диаметра трубы. Условные проходы стандартизированы.

В условном обозначении пишется слово «Труба», указывается наличие муфты, покрытия, условный диаметр, мерная длина, обозначение стандарта.

Труба 25 ГОСТ 3262-75.

Труба обыкновенная, неоцинкованная, обычной точности изготовления, с условным проходом 25 мм.

Последовательность вычерчивания следующая:

1. Выбираем по табл. 14, по размеру условного прохода трубы  $D_y$  толщину стенки  $S$  трубы и длину резьбы  $l$ .

2. Выбираем по табл. 15 длину муфты и параметры элементов (размеры ребер, высота и длина буртика)

3. От границы резьбы на трубе откладываем длину муфты и толщину (по ГОСТу из табл. 15).

4. Вычерчиваем буртики по размерам ( $b, h$  по табл. 15) – вначале прямоугольные, а затем скругляем, так как это литье.

5. На трубу, ввинчиваемую в муфту наворачиваем контргайку (см. табл. 14).

6. Вворачиваем трубу в муфту. Расстояние между трубами 10 мм.

7. Выбираем высоту  $H$  контргайки диаметр описанной окружности  $D$ . На чертеже контргайка плотно присоединяется к муфте.

8. Рассчитываем сгон резьбы на ввинчиваемой трубе:

$$L_{\text{сгон}} = L_{\text{м}} + H + 2P,$$

где  $P$  – шаг трубной резьбы:  $P = 2,5$ .

9. Выполняем местный разрез и наносим штриховку (для каждой детали своя).

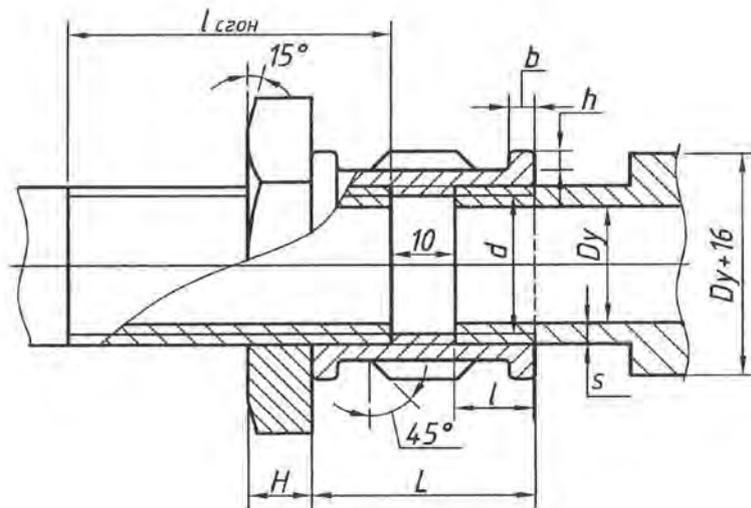
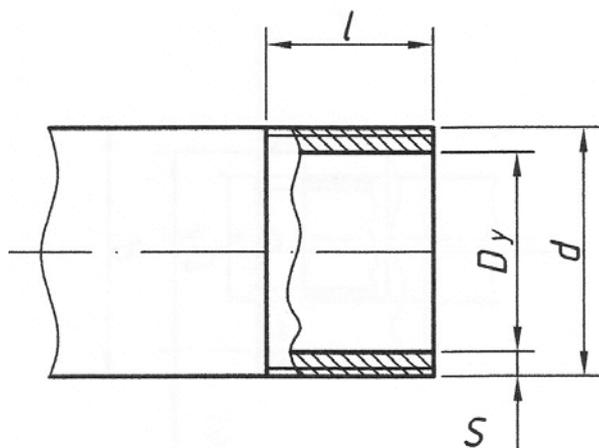


Рис. 22

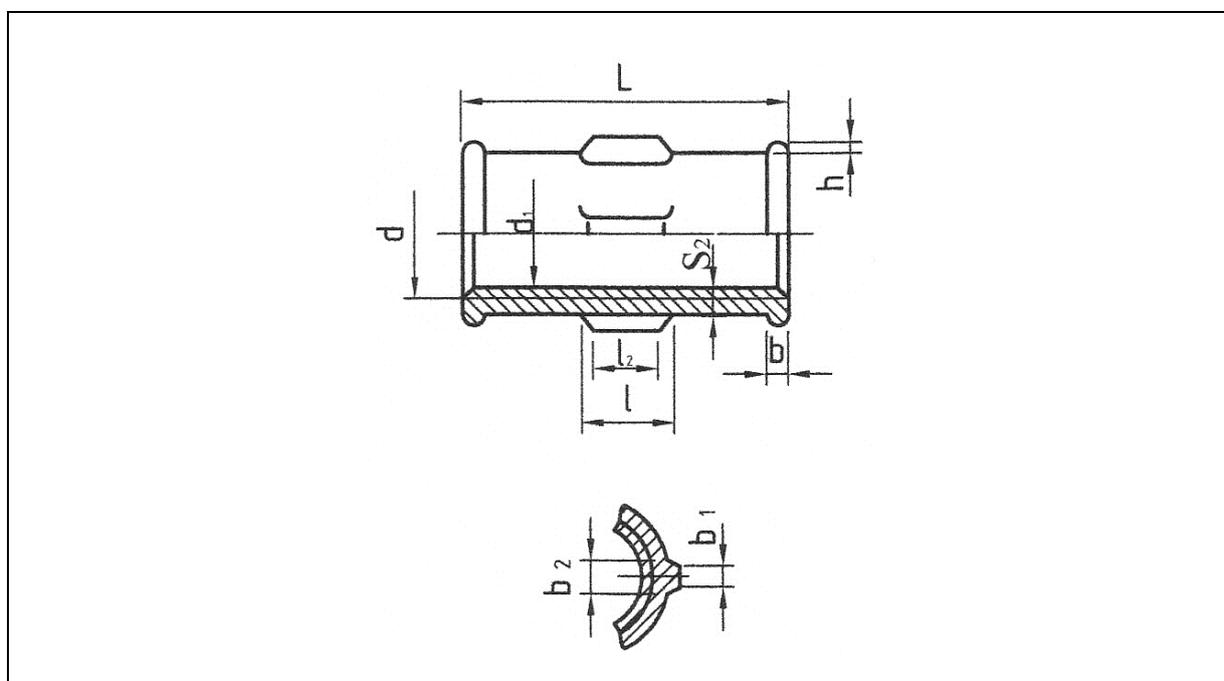
Таблица 14

Стальные водопроводные трубы по ГОСТ 3262–75



Условный проход $D_y$ , мм	Наружный диаметр $d$ , мм	Толщина стенок труб $S$ , мм			Резьба длина $l$ до сбега, мм	
		легких	обыкновенных	усиленных	длинных	коротких
15	21,3	2,5	2,8	3,2	14	9,0
20	26,8	2,5	2,8	3,2	16	10,5
25	33,5	2,8	3,2	4,0	18	11,0
32	42,3	2,8	3,2	4,0	20	13,0
40	48,0	3,0	3,5	4,0	22	15,0
50	60,0	3,0	3,5	4,5	24	17,0

## Прямые короткие муфты по ГОСТ 8944–75



Условный проход $D_y$	Резьба $d$	Число ребер	$t$ , мм	$L$	$d_1$	$S_2$	$h$	$b$	$b_1$	$b_2$
10	G $1/4$ -B	2	15	24	17	3,5	2	3	2	3,5
15	$1/2$ -B	2	17	28	21,5	4,2	2	3,5	2	4
20	G $3/4$ -B	2	22	31	27	4,4	2,5	4	2	4
25	G1-B	4	22	35	34	5,2	2,5	4	2,5	4,5
32	G1 $1/4$ -B	4	24	39	42,5	5,4	3	4	2,5	5
40	G1 $1/2$ -B	4	26	43	48,5	5,8	3	4	3	5
50	G2-B	4	26	47	60,5	6,4	3,5	5	3	6

## 8. ОФОРМЛЕНИЕ СПЕЦИФИКАЦИИ

Форму и порядок заполнения спецификации конструкторских документов устанавливает ГОСТ 2.108–68. Спецификация – это текстовый документ, определяющий состав сборочной единицы. Она составляется на отдельных листах формата А4 по форме I для заглавного листа.

Если сборочный чертеж выполнен форматом А4, допускается совмещать спецификацию с чертежом.

Разделы спецификации располагаются в такой последовательности:

1. Документация.
2. Комплексы.
3. Сборочные единицы
4. Детали.
5. Стандартные изделия.
6. Прочие изделия.
7. Материалы.
8. Комплекты.

Наличие тех или иных разделов определяется составом специфицируемого изделия. Наименование каждого раздела записывают в графе «Наименование» в виде заголовка и подчеркивают тонкой сплошной линией. После названия раздела оставляют свободную строку.

Составные части сборочной единицы нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации (смотреть п. 10 «Пример выполнения задания»). От каждой составной части проводится сплошной тонкой линией от видимых проекций линия-выноска, один конец которой заканчивается точкой, другой – полкой. Номера позиций указывают на полках линий-выносок, которые не должны пересекаться между собой и с размерными линиями.

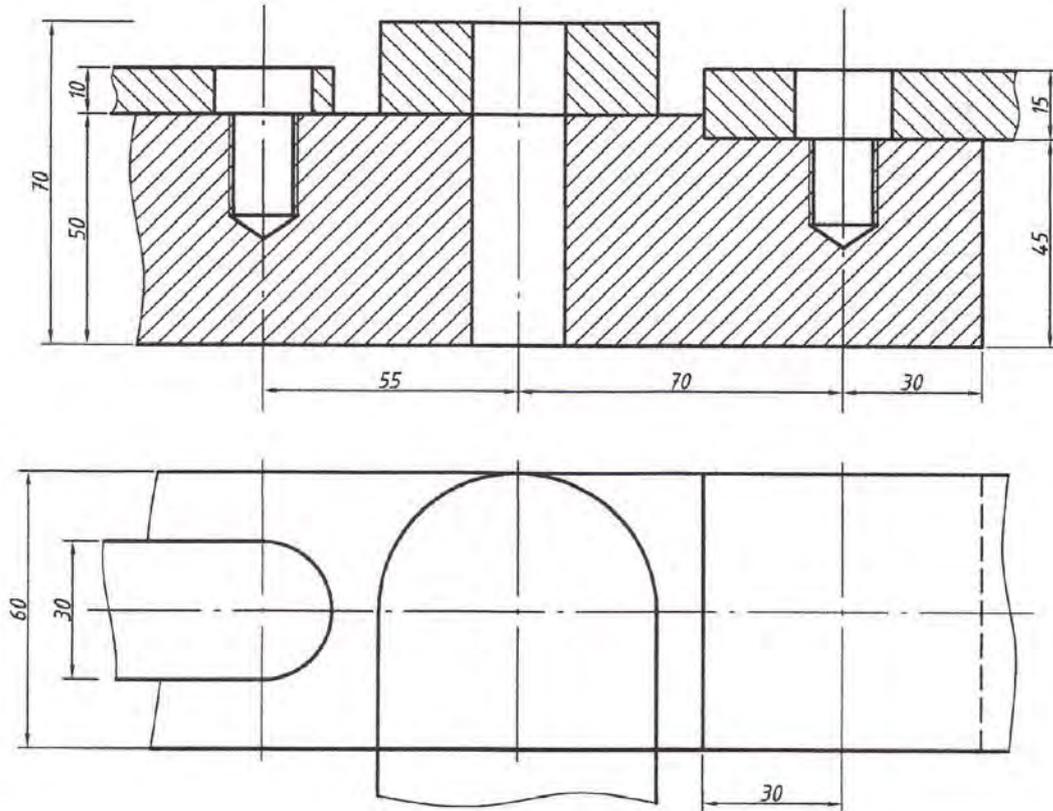
Цифры, обозначающие номера позиций, наносятся параллельно основной надписи чертежа на одной вертикальной или горизонтальной прямой. Размер шрифта для номеров позиций на один-два номера больше, чем у размерных чисел.

Для групп деталей с отчетливо выраженной взаимосвязью и для групп крепежных деталей допускается делать общую линию (выноску) с вертикальным расположением номеров позиций.



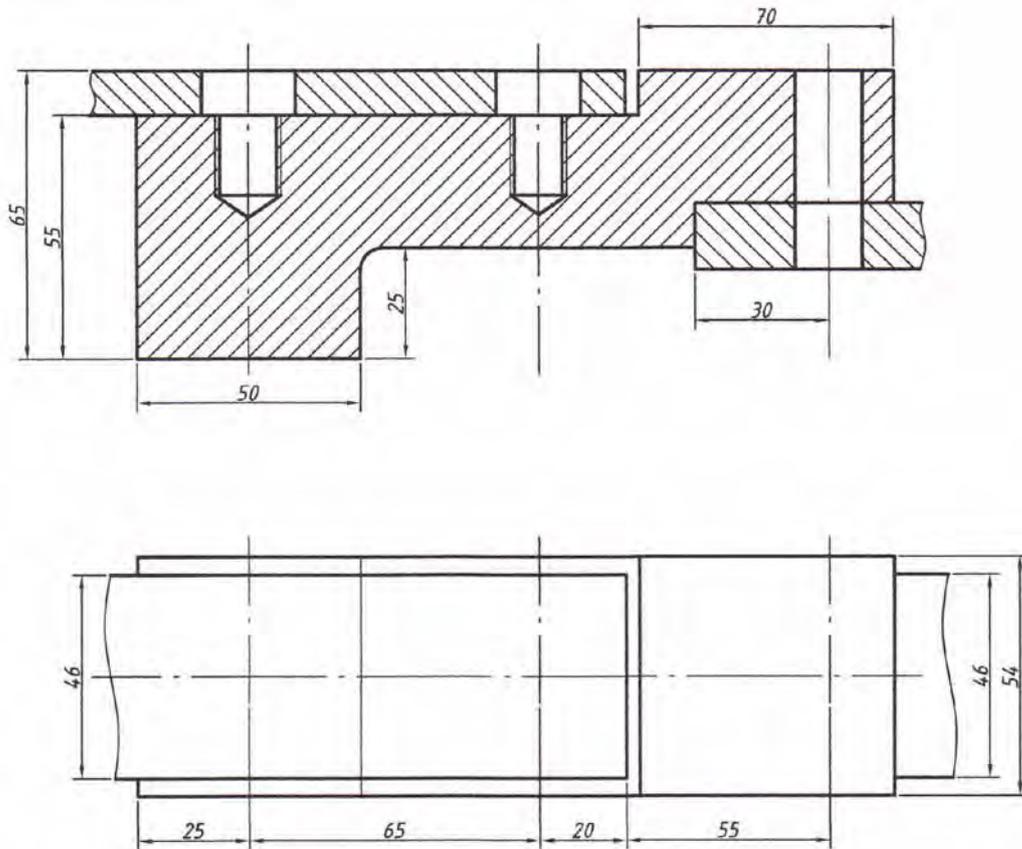
## 9. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

### Вариант 1



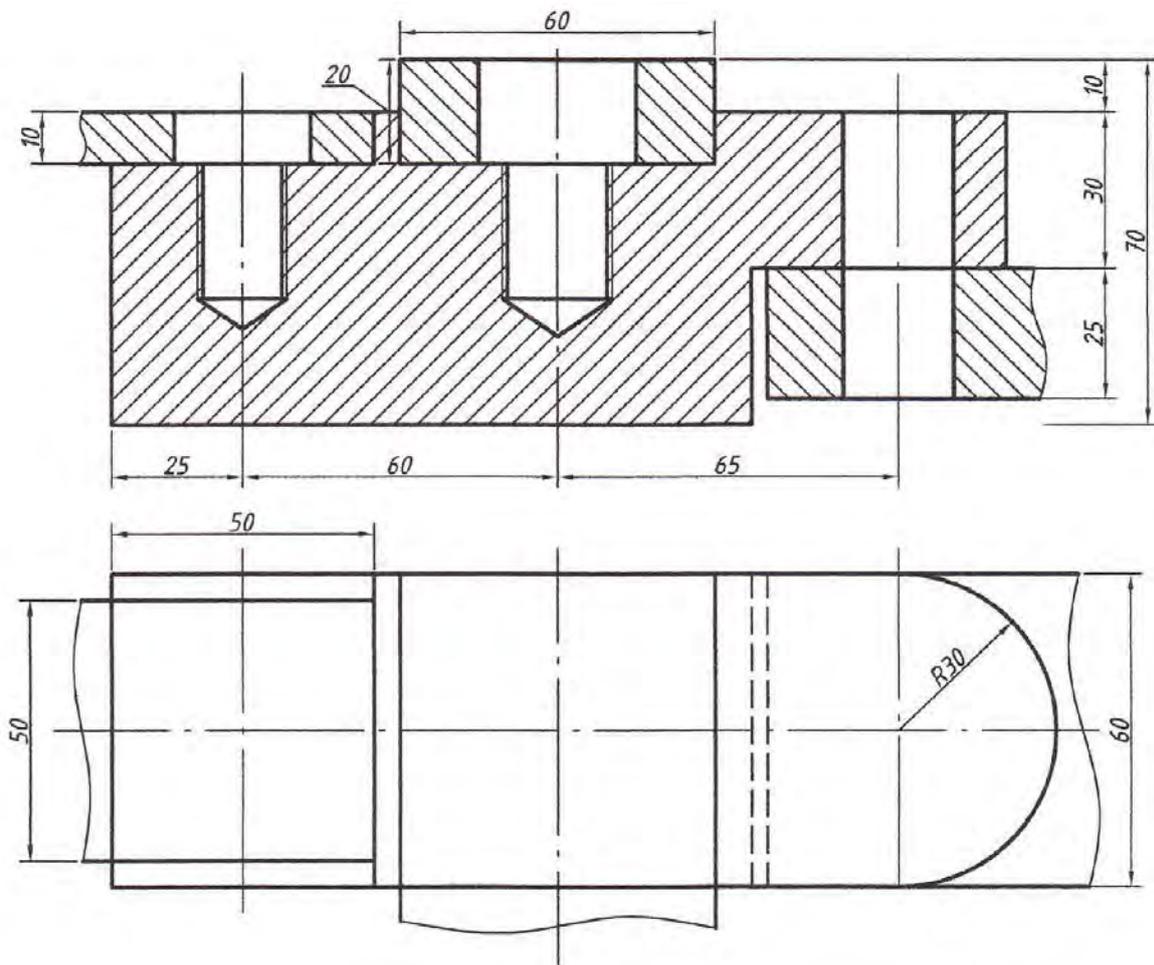
Вариант	Болт	Шпилька	Винт	Материал
1	M24	M18	M12	Чугун
2	M18	M20	M10	Сталь

## Вариант 2



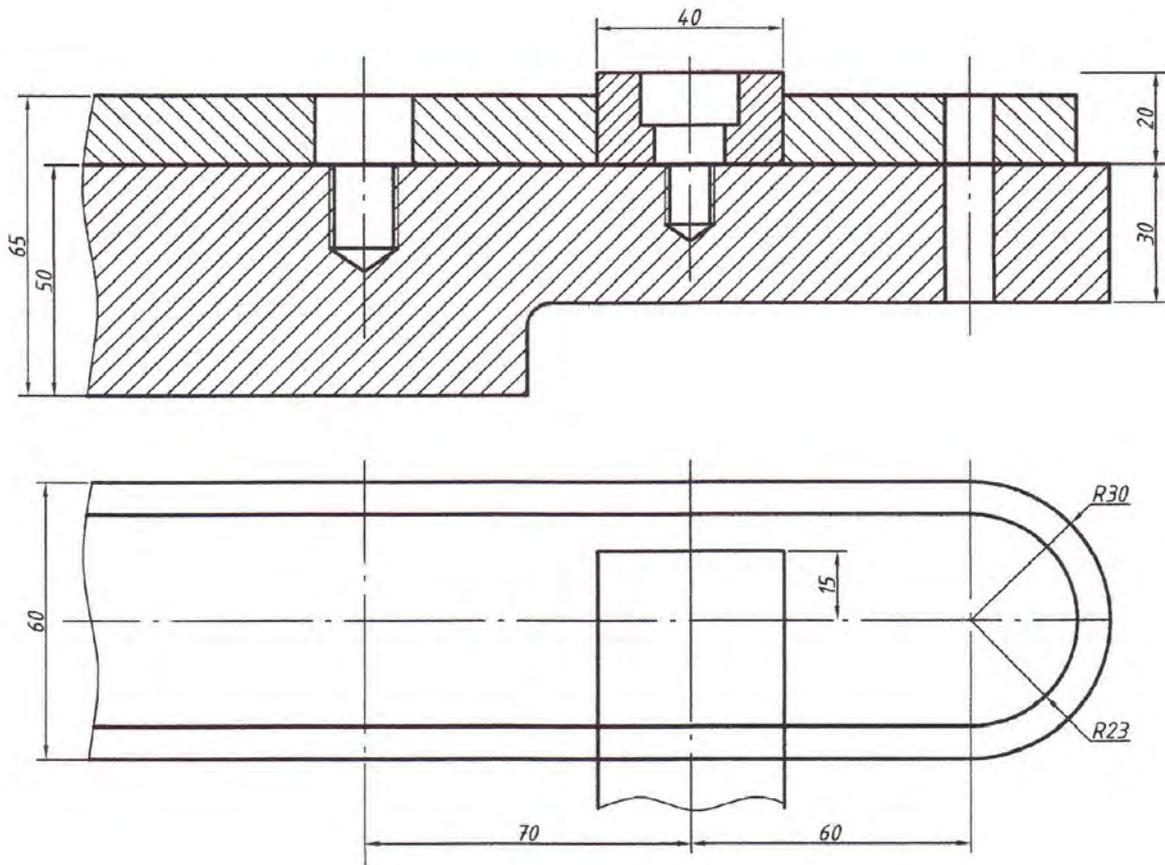
Вариант	Болт	Шпилька	Винт	Материал
1	M18	M22	M16	Сталь
2	M24	M18	M14	Латунь

### Вариант 3



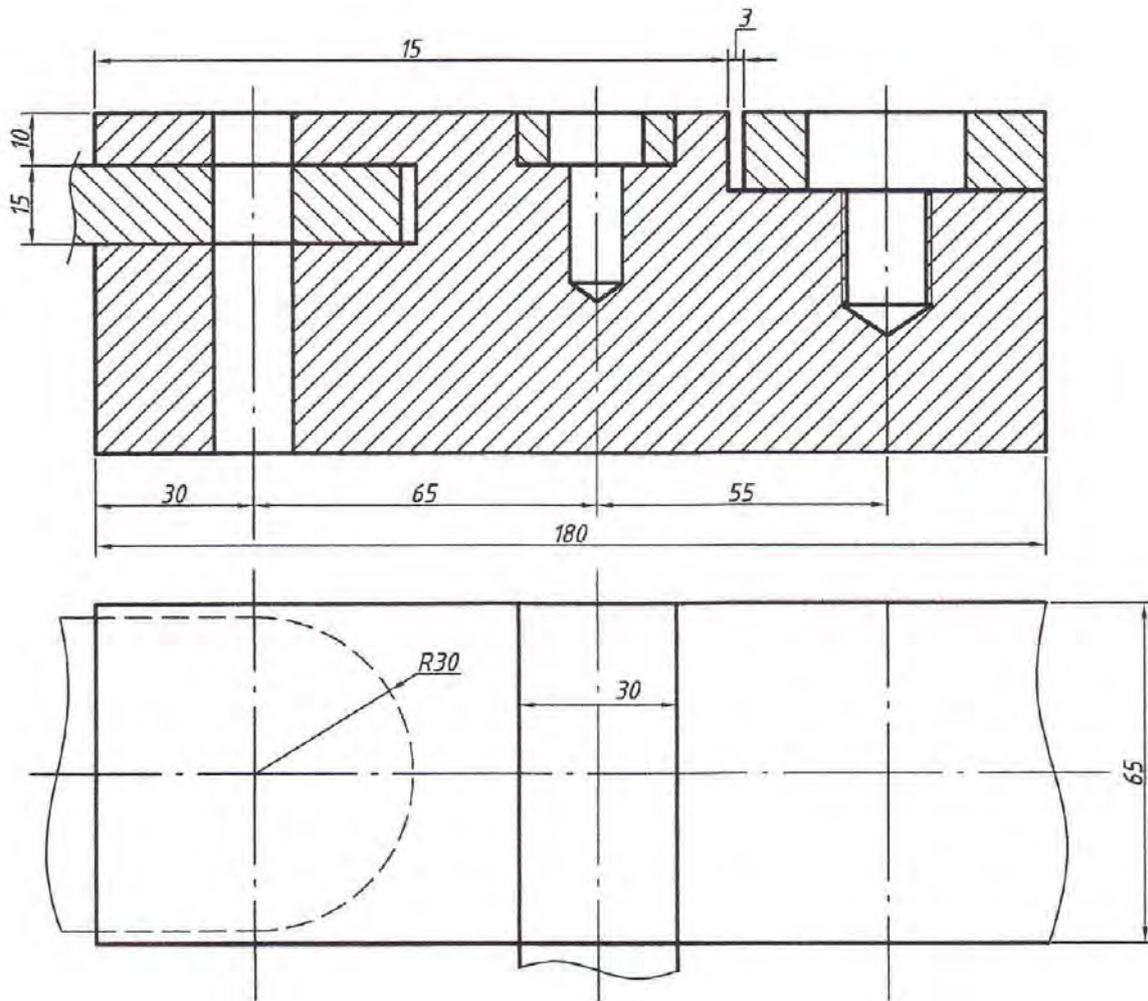
Вариант	Болт	Шпилька	Винт	Материал
1	M20	M16	M16	Легкий сплав
2	M24	M18	M14	Латунь

### Вариант 4



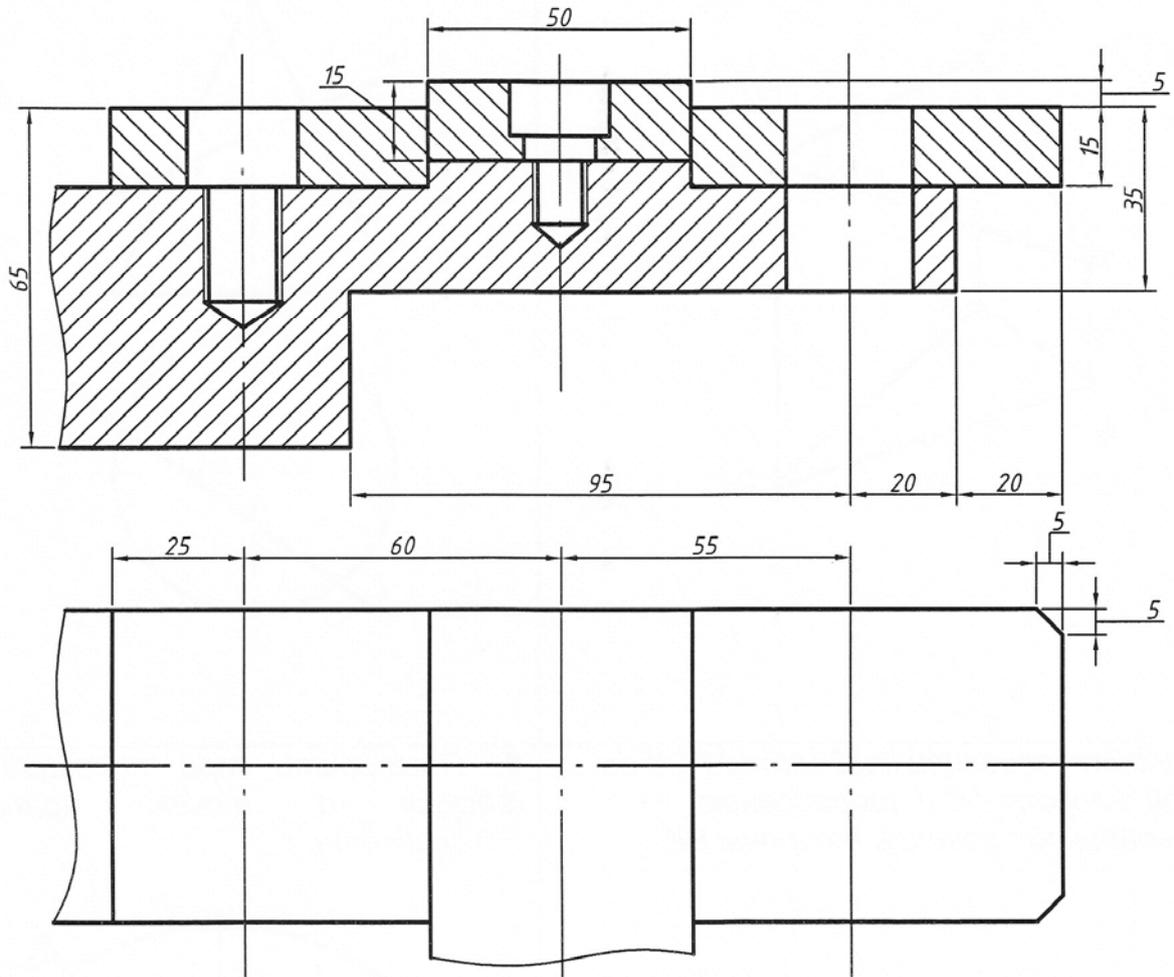
Вариант	Болт	Шпилька	Винт	Материал
1	M22	M22	M16	Сталь
2	M24	M18	M14	Латунь

### Вариант 5



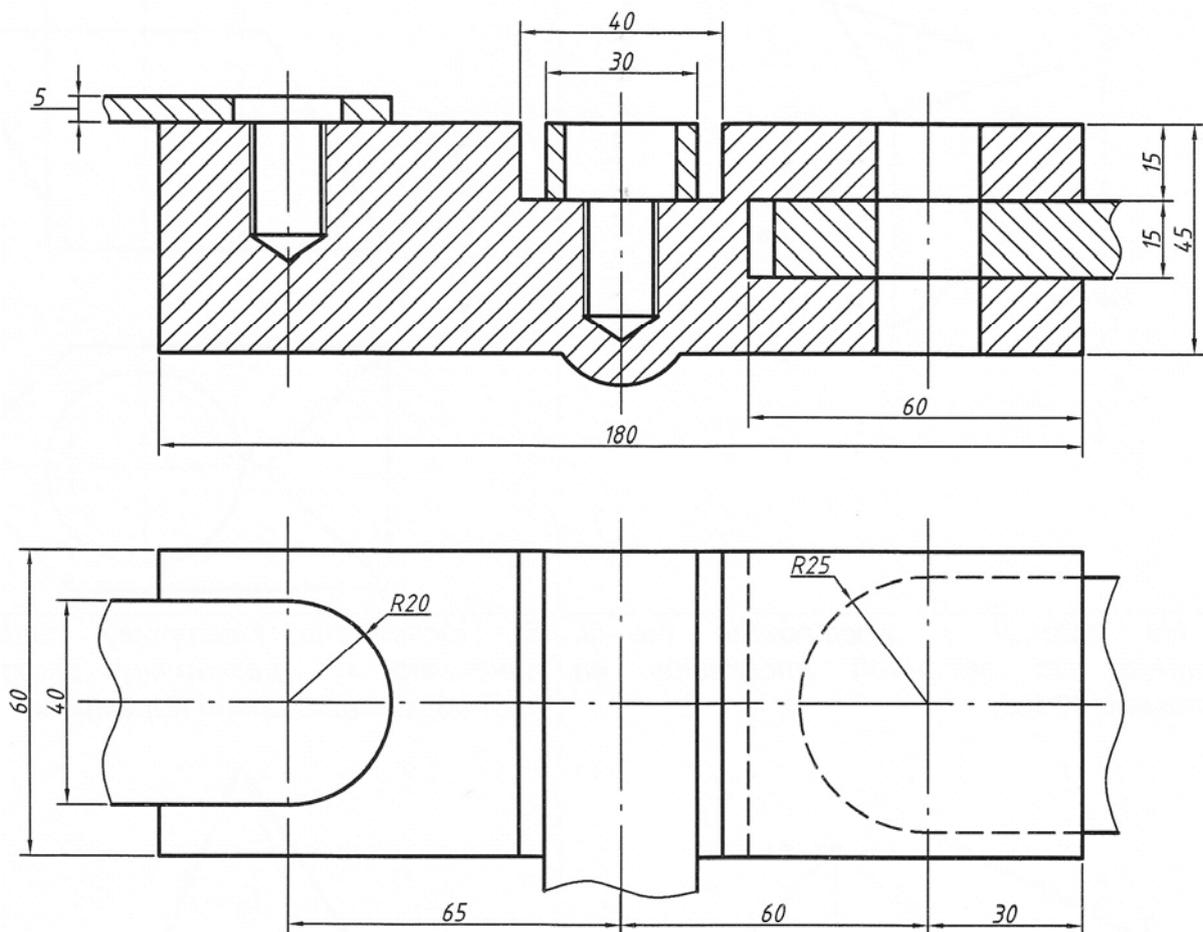
Вариант	Болт	Шпилька	Винт	Материал
1	M18	M28	M14	Сталь
2	M20	M16	M10	Легкий сплав

### Вариант 6



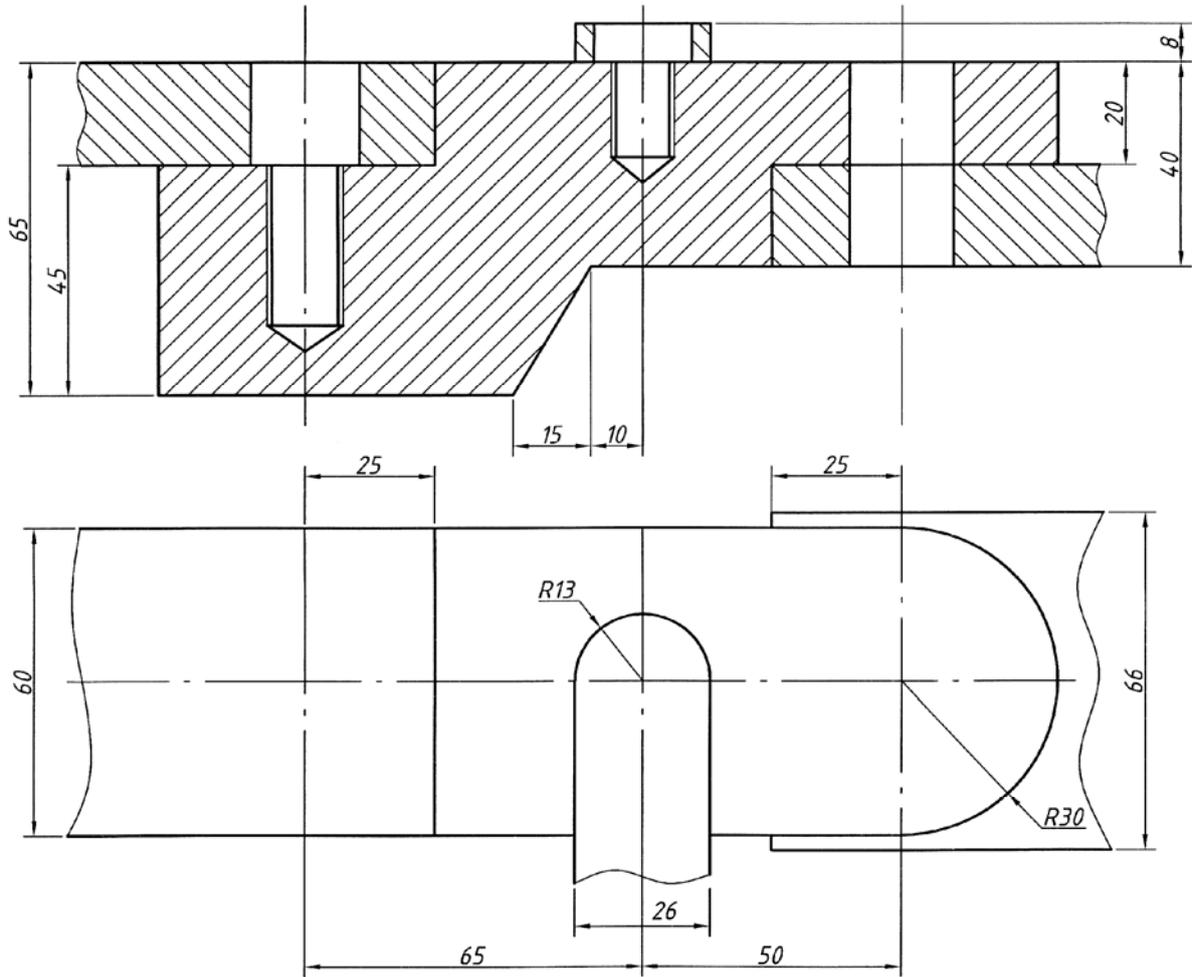
Вариант	Болт	Шпилька	Винт	Материал
1	M24	M20	M10	Чугун
2	M22	M24	M16	Латунь

### Вариант 7



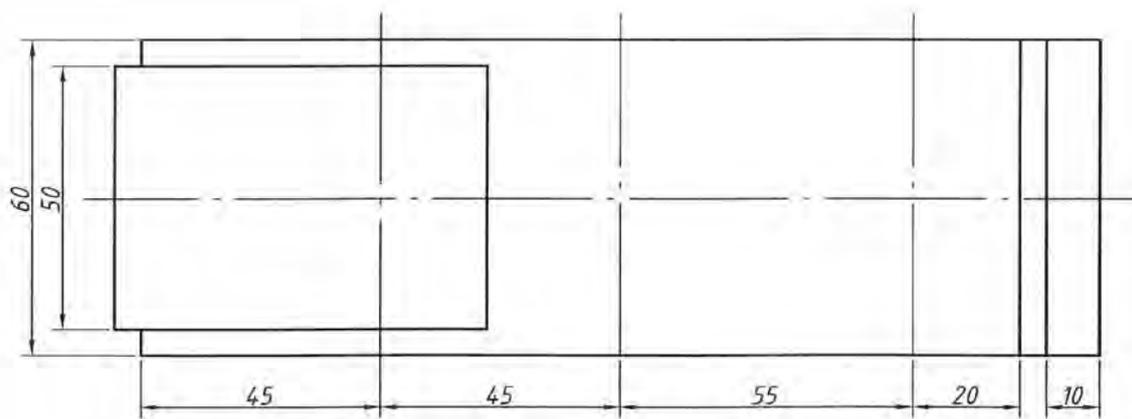
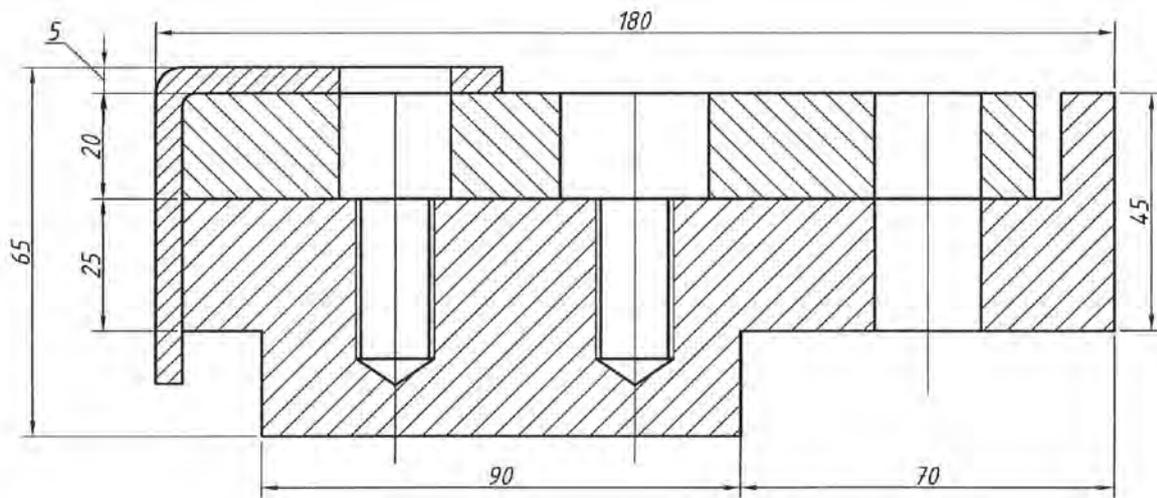
Вариант	Болт	Шпилька	Винт	Материал
1	M18	M16	M16	Легкий сплав
2	M24	M18	M14	Латунь

### Вариант 8



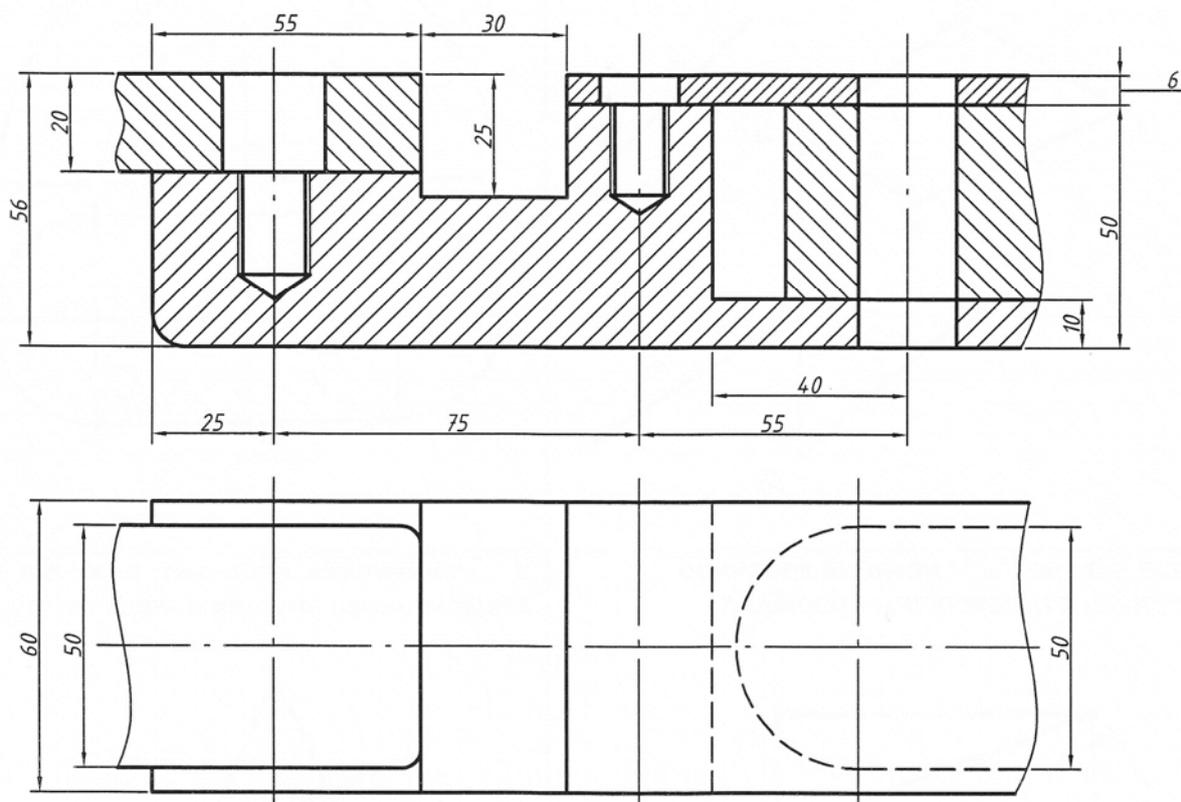
Вариант	Болт	Шпилька	Винт	Материал
1	M22	M20	M14	Сталь
2	M24	M16	M10	Латунь

### Вариант 9



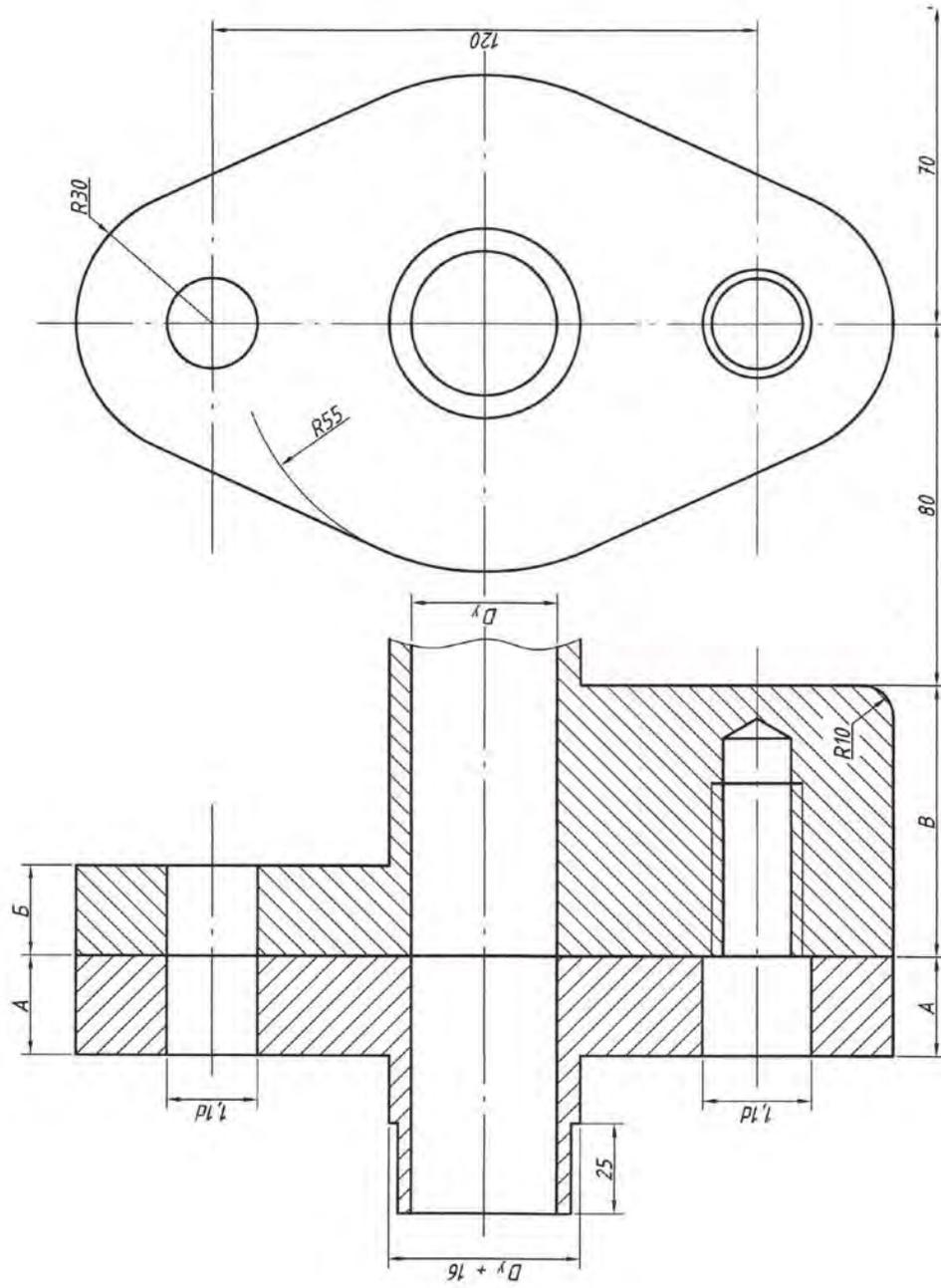
Вариант	Болт	Шпилька	Винт	Материал
1	M16	M22	M10	Сталь
2	M22	M18	M16	Легкий сплав

### Вариант 10



Вариант	Болт	Шпилька	Винт	Материал
1	M24	M20	M16	Сталь
2	M16	M18	M14	Латунь

**Вариант 11**



## Варианты заданий к графической работе

Вариант	Болт	Размеры элементов деталей			Шпилька	Материал детали 2	Соединение трубы ГОСТ 8954–75	D <sub>y</sub>
		А	Б	В				
1	M22	19	20	65	M18	Сталь	Муфта 25	25
2	M20	20	25	60	M20	Бронза	Муфта 32	32
3	M18	17	20	60	M24	Латунь	Муфта 40	40
4	M16	15	18	55	M14	Легкий сплав	Муфта 20	20
5	M14	15	18	55	M16	Чугун	Муфта 32	32
6	M24	25	20	70	M22	Сталь	Муфта 25	25
7	M22	22	20	65	M24	Легкий сплав	Муфта 40	40
8	M20	20	25	60	M22	Бронза	Муфта 32	32
9	M18	20	20	60	M16	Латунь	Муфта 32	32
10	M16	15	20	55	M14	Легкий сплав	Муфта 25	25
11	M18	2	25	65	M18	Чугун	Муфта 32	32
12	M16	16	18	55	M20	Сталь	Муфта 40	40
13	M27	18	20	55	M24	Латунь	Муфта 25	25
14	M24	20	22	60	M16	Легкий сплав	Муфта 32	32
15	M20	18	20	65	M18	Чугун	Муфта 25	25

# 10. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Technical drawing showing a cross-section of a mechanical assembly and a layout view. The drawing includes dimensions and callouts (1-9) identifying components.

**Dimensions:** 30, 70, 140, 40, 30, 1x2P, 1x1.1P, 40, 20, 200, 90, 60, 50, 10, 30.

**Callouts:** 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

**Layout View Dimensions:** 40, 20, 200, 90, 60, 50, 10, 30.

Имя											
Фамилия		Фамилия		Фамилия		Фамилия		Фамилия		Фамилия	
Дата		Дата		Дата		Дата		Дата		Дата	
Лист		Лист		Лист		Лист		Лист		Лист	
Листов		Листов		Листов		Листов		Листов		Листов	
Гр 112016-11		Гр 112016-11		Гр 112016-11		Гр 112016-11		Гр 112016-11		Гр 112016-11	
Формат А3		Формат А3		Формат А3		Формат А3		Формат А3		Формат А3	

БНТУ 010118. 000 СБ											
Соединения резьбовые											
Масштаб 1:1											
Лист 1											
Листов 1											
Гр 112016-11											
Формат А3											

Имя и дата Имя и дата

## ЛИТЕРАТУРА

1. Боголюбов, С. К. Машиностроительное черчение / С. К. Боголюбов, А. В. Воинов – 3-е изд., испр. – М. : Высшая школа, 1978. – 319 с. : ил.
2. Чекмарев, А. А. Справочник по машиностроительному черчению / А. А. Чекмарев, В. К. Осипов. – 7-е изд., стер. – М. : Высшая школа, 2006. – 493с. : ил.
3. Федоренко, В. А. Справочник по машиностроительному черчению / В. А. Федоренко, А. И. Шошин. – Л. : Машиностроение, 1972. – 304 с.
4. Новичихина, Л. И. Справочник по техническому черчению / Л. И. Новичихина, – 3-е изд., стер. – Минск : Книжный дом, 2008. – 320 с. : ил.
5. Зелёный, П.В. Инженерная графика. Практикум по чертежам сборочных единиц : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по техническим специальностям / П. В. Зелёный, Е. И. Белякова, О. Н. Кучура. – Минск : БНТУ, 2013. – 101 с.
6. ГОСТ 2.101–68. «Виды изделий».
7. ГОСТ 2.102–68. «Виды и комплектность конструкторских документов».
8. ГОСТ 2.108–68. «Спецификация».
9. ГОСТ 2.301–68. «Общие правила оформления чертежей».
10. ГОСТ 2.302–68. «Масштабы».
11. ГОСТ 2.303–68. «Линии чертежа».
12. ГОСТ 2.304–81. «Шрифты чертежные».
13. ГОСТ 2.305–68. «Виды, разрезы, сечения».
14. ГОСТ 2.306–68. «Обозначения материалов в сечениях».
15. ГОСТ 2.307–68. «Нанесение размеров».
16. ГОСТ 8724–2002. «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги».
17. ГОСТ 9150–2002. «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Профиль».
18. ГОСТ 2.106–96. «Единая система конструкторской документации. Текстовые документы».

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель работы.....	3
2. Содержание задания.....	3
3. Основные понятия.....	3
4. Резьбы.....	4
4.1. Основные параметры резьб.....	4
4.2. Классификация резьб.....	6
4.3. Изображение резьбы.....	14
5. Резьбовые соединения при помощи стандартных крепежных деталей.....	16
5.1. Болты общего назначения.....	16
5.2. Соединение болтом.....	18
5.3. Шпильки.....	19
5.4. Соединение шпилькой.....	21
5.5. Винты.....	22
5.6. Соединение винтом.....	27
5.7. Гайки.....	28
5.8. Контргайка.....	30
5.9. Шайбы.....	31
6. Упрощенные и условные изображения.....	32
7. Резьбовое соединение труб.....	34
8. Оформление спецификации.....	36
9. Варианты заданий.....	37
10. Примеры выполнения заданий.....	51
Литература.....	52

Учебное издание

**ЧУМАКОВА** Ольга Ивановна  
**ЧУДНИКОВА** Татьяна Дмитриевна

## **РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ**

Учебно-методическое пособие  
для студентов строительных специальностей

Редактор *Т. А. Панкрат*  
Компьютерная верстка *А. Г. Занкевич*

Подписано в печать 05.03.2015. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 6,28. Уч.-изд. л. 2,45. Тираж 300. Заказ 305.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.