

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**«МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)»**  
ВОЛЖСКИЙ ФИЛИАЛ

**ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА**

Методические указания  
по выполнению расчетно-графической работы для студентов обучающихся  
по направлению подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов

Чебоксары

## Содержание

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| Введение                                             | 3  |
| Расчетно-графическая работа 1 «Разрезы»              | 4  |
| Расчетно-графическая работа 2 «Резьбовые соединения» | 8  |
| Расчетно-графическая работа 3 «Зубчатые передачи»    | 16 |
| Заключение                                           | 20 |
| Список использованной литературы                     | 21 |

## **Введение**

Пособие рассчитано на обучающихся по направлению подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов

Основные задачи учебной дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» (ИГ):

– изучение методов отображения пространственных объектов на плоскость по их графическим моделям (чертежам), являющимся средством общения людей в их производственной деятельности, и развитие пространственного воображения обучаемых, без которого невозможна никакая творческая деятельность и создание чего-то нового.

Под пространственным воображением здесь подразумевается психологический процесс, заключающийся в способности человека формировать в сознании пространственный образ предмета или явления, который создается воздействием на органы чувств не самого предмета или явления, а его чертежа. Тем самым чертежи дают возможность представить не только существующие, но и воображаемые объекты, отразить впечатления от внешнего мира, передать их органам чувств и сохранить их в памяти.

Решающая роль в усвоении теоретических основ построения чертежей, приобретении навыков их выполнения и чтения, выработке умений синтезировать отдельные изображения объекта в единый пространственный образ и развитии вследствие этого пространственного воображения отводится графическим и расчетно-графическим работам (РГР), выполняемым в процессе обучения студентами самостоятельно вручную на листе бумаги с помощью простейших чертежных инструментов: карандаша, ластика, циркуля, угольника и линейки. Именно такая организация учебного процесса позволяет при условии самостоятельных занятий студентов предметом добиться в отведенное для его освоения время желаемых результатов. Организации самостоятельной работы студентов под руководством преподавателя при выполнении ими РГР по основным разделам учебного курса и посвящено это пособие.

## Расчетно-графическая работа 1

### Разрезы

**Задача:** Построение третьего вида и указанных разрезов детали

Прежде всего нужно внимательно ознакомиться с конструкцией детали и определить геометрические тела, из которых она состоит.

#### Пример1.

Основной геометрический элемент детали – шестиугольная правильная призма с цилиндрическим углублением, переходящим в сквозное отверстие диаметром 16 мм. Сверху на призме имеются прорезы высотой 14 мм и шириной 16 мм. Для устойчивости (жесткости) конструкции шестиугольная призма и основание детали (тоже призматической формы) соединены ребрами жесткости, высота которых 30 мм и ширина 10 мм. Основание детали для его дальнейшего крепления имеет сквозные отверстия.

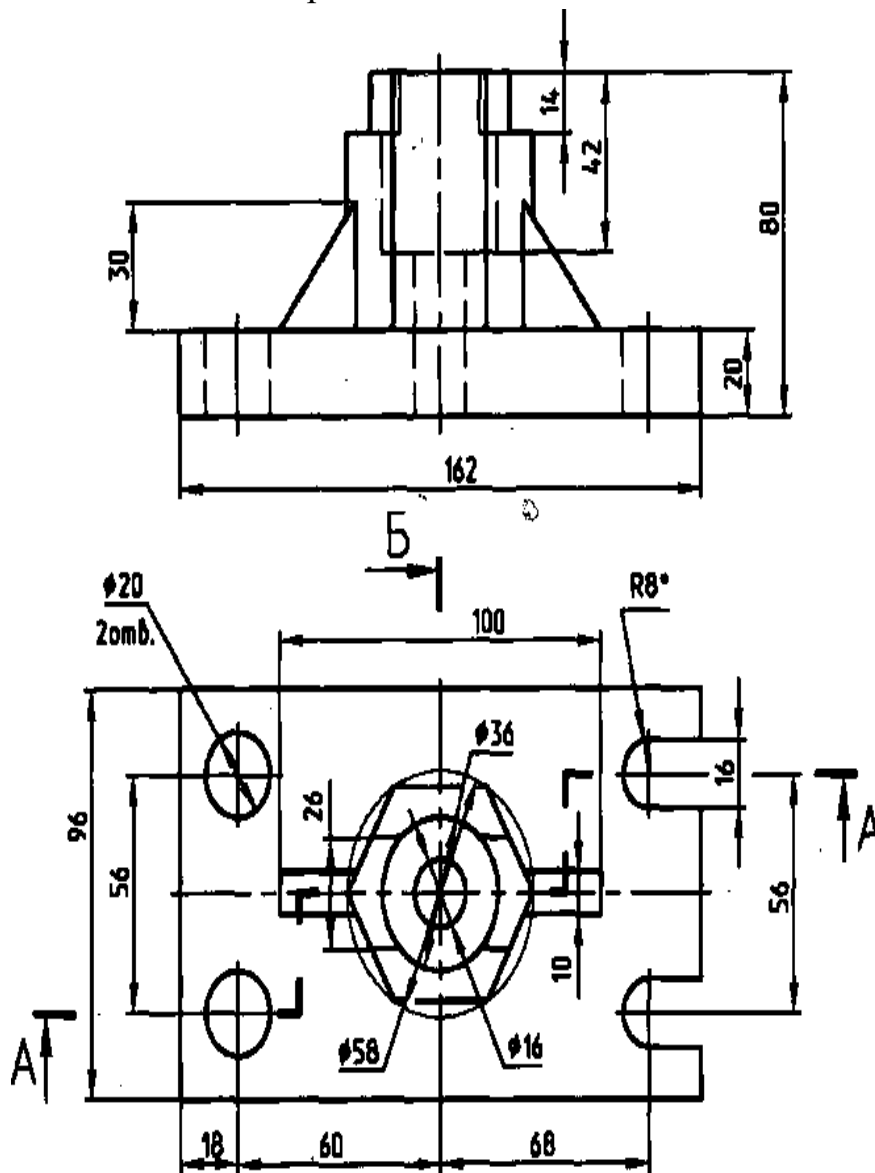


Рисунок 1– Основной геометрический элемент детали

Подготовив формат А3, перечерчиваем по размерам заданные виды. Располагаем виды на расстоянии 30 ... 50 мм друг от друга.

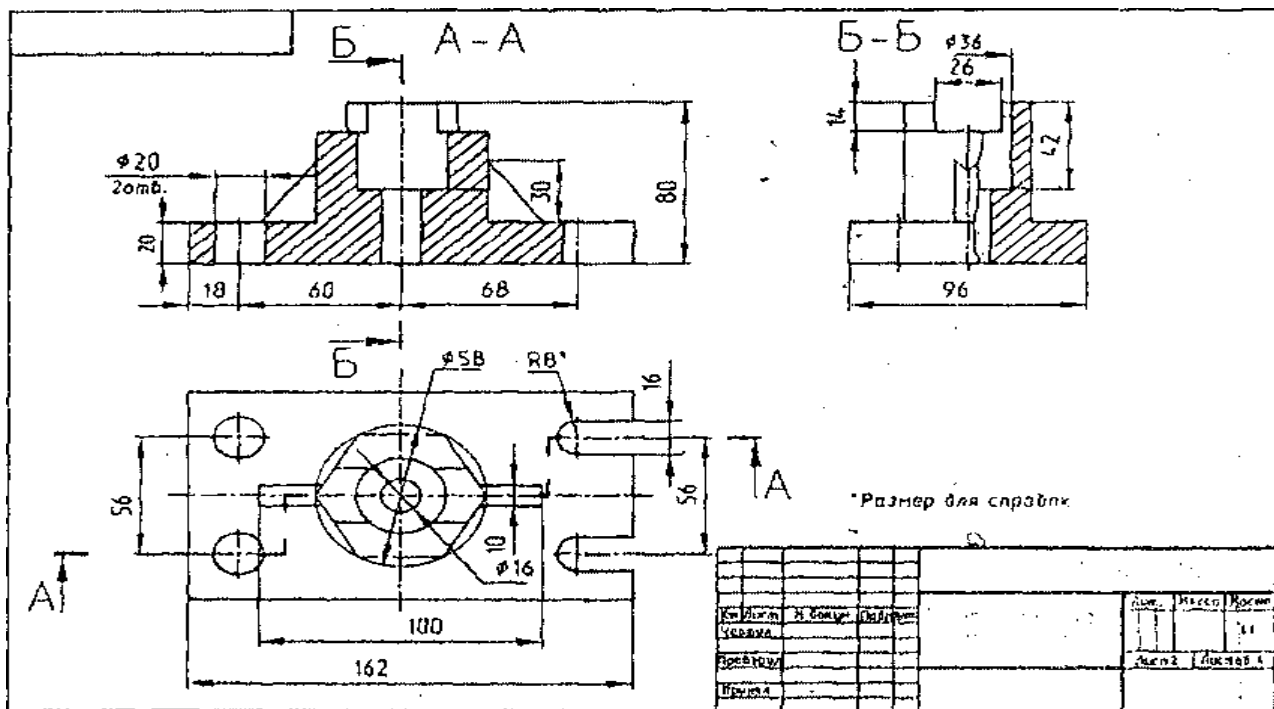
При вычерчивании главного вида необходима точность измерений в построении прорези на призме.

Заданный сложный ступенчатый разрез А-А выполняем на месте главного вида, разрез Б-Б соединяем с видом слева (рисунок 2). При выполнении разреза А-А следует обратить внимание на условность, предусмотренную ГОСТ 2.305-68. Спицы маховиков, шкивов, зубчатых колес, тонкие стенки и ребра жесткости и т.п. изображаются не заштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль длинной стороны такой части детали. Обозначение разрезов выполняем по ГОСТ 2.305-68. После обводки чертежа приступаем к простановке размеров.

Кроме того, что размеры нужно задать на трех изображениях, необходимо учесть и некоторые требования ГОСТ 2.307-68, а именно:

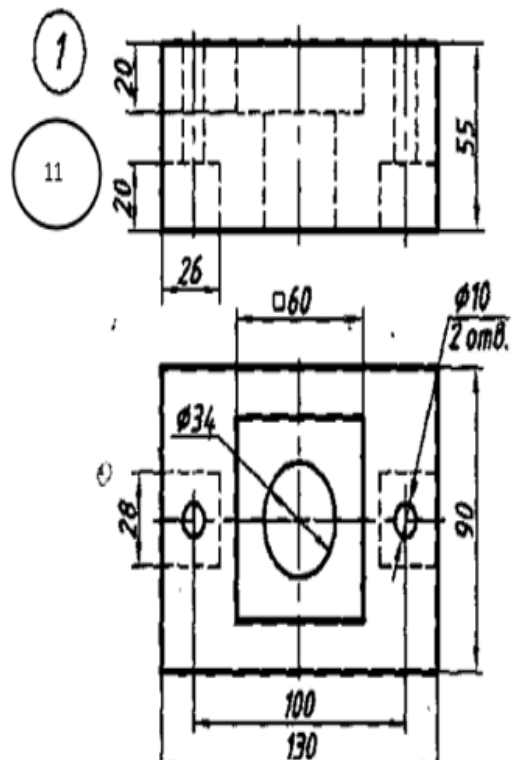
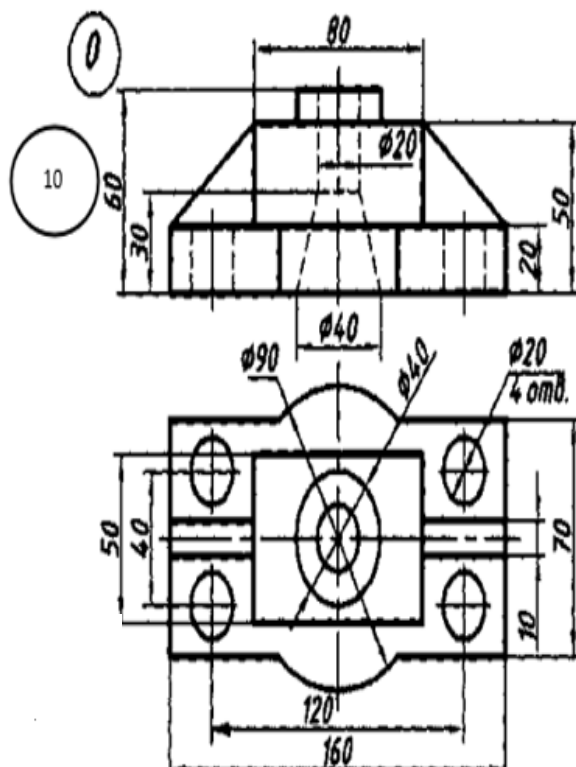
1. Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения.
2. Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1...5 мм.
3. У размеров до 12 мм стрелки чертят снаружи.
4. Размерные числа наносят над размерной линией ближе к ее середине.
5. При проведении нескольких параллельных размерных линий, размерные числа над ними рекомендуется располагать в шахматном порядке: 100 и 162,  $\emptyset$  36 и 26 (рисунок 2).
6. Если вид или разрез симметрично расположенных элементов располагают до оси симметрии, то размерные линии проводят с обрывом и обрыв делают дальше оси -  $\emptyset$  36.
7. Размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу (пазу, выступу, отверстию и т.п.) рекомендуется группировать в одном месте – 14, 26 (паз на призме).
8. Справочные размеры (размеры со звездочкой) отмечают в технических требованиях над основной надписью (R8\*).

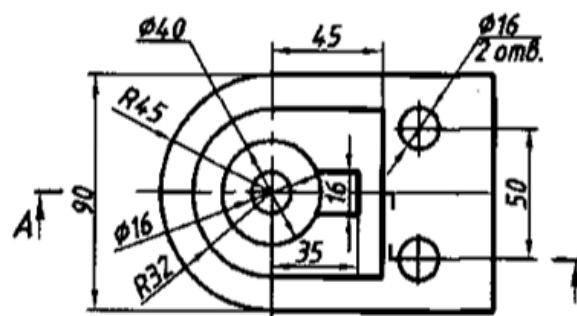
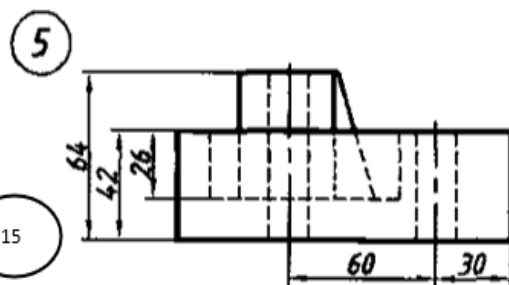
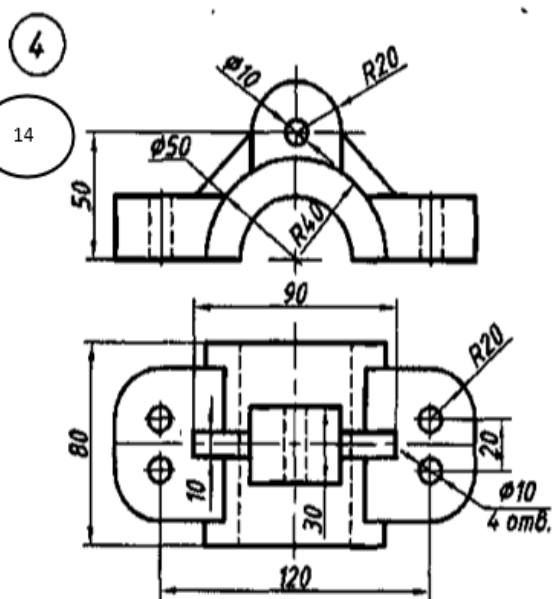
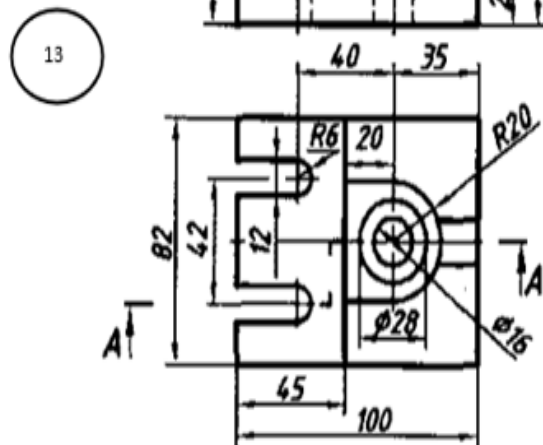
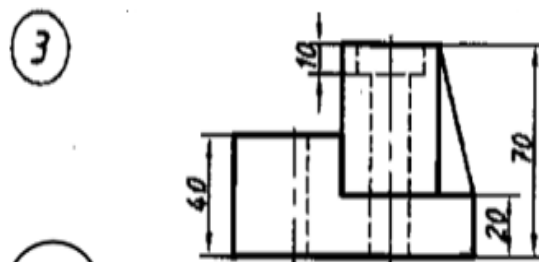
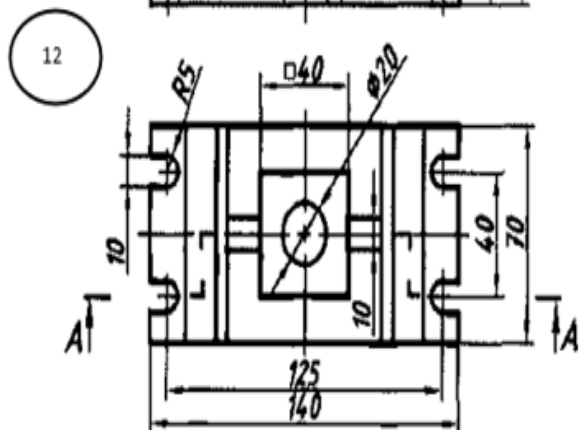
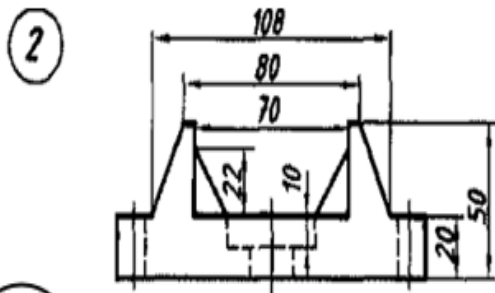
При заполнении основной надписи следует учесть порядковый номер листа и их количество в работе

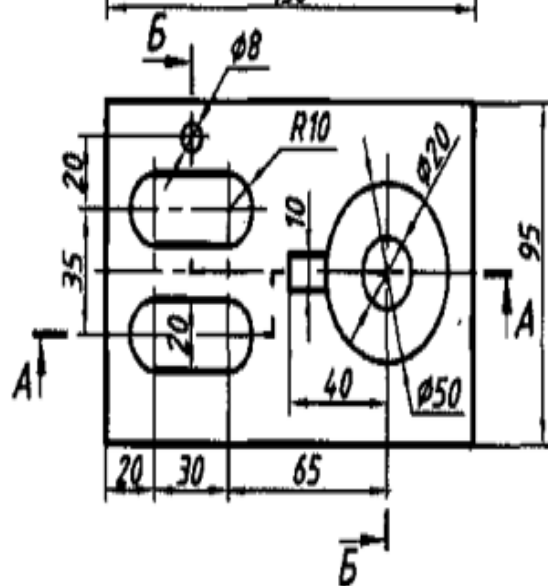
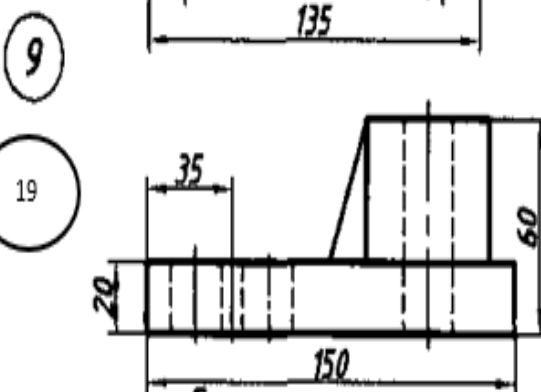
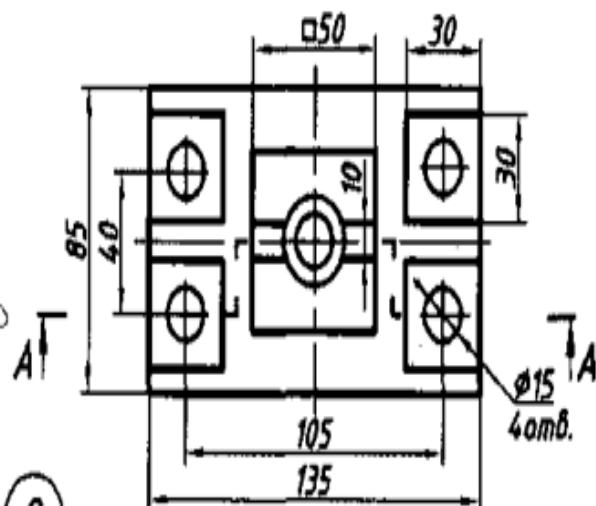
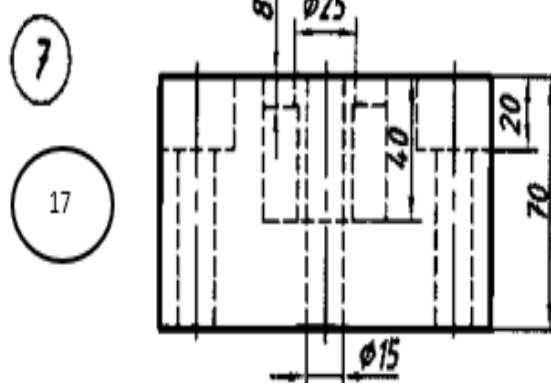


### Задания к расчетно-графической работе №5

(сумма двух последних цифр зачетки есть ваш вариант)







## Расчетно-графическая работа 2

### Резьбовые соединения

**Задача:** вычерчивание соединения болтом и гайкой

**Болт** – крепёжное изделие, представляющее собой цилиндрический стержень с шестигранной головкой на одном конце и резьбой для навинчивания гайки на другом. Резьбовой конец стержня имеет фаску под углом  $45^\circ$ . Переход от стержня к головке выполнен по радиусу. Головка имеет фаску под углом  $30^\circ$ .

Эскиз болта должен содержать два изображения – вид спереди, на котором должны быть видны три грани головки, и вид сверху – для выявления формы головки (шестигранной призмы).

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

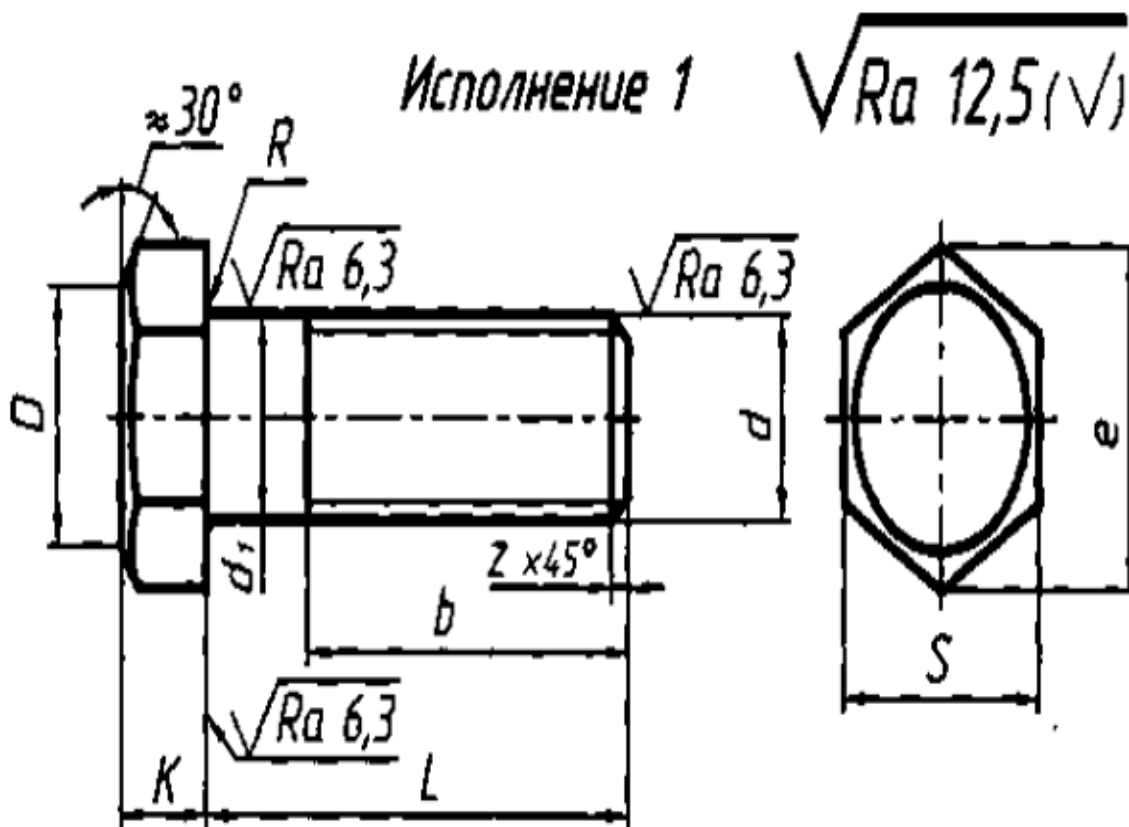


Рисунок 1 – Болты с шестигранной головкой

Таблица 1 – Размеры болтов с шестигранной головкой

|                                                                   |         |                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------------------------------------------|---------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Номинальный диаметр резьбы, d мм                                  |         | 6               | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   |
| Шаг резьбы <i>P</i>                                               | 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  | 2    |
| Размер под ключ <i>S</i>                                          |         | 10              | 13   | 17   | 19   | 22   | 24   | 27   | 30   | 32   | 36   |
| Высота головки <i>K</i>                                           |         | 4               | 5,5  | 7,0  | 8,0  | 9,0  | 10,0 | 12,0 | 13,0 | 14,0 | 15,0 |
| Диаметр описанной окружности <i>e</i>                             |         | 10,9            | 14,2 | 18,7 | 20,9 | 24,3 | 26,5 | 29,5 | 33,3 | 35   | 39,6 |
| Радиус под головкой <i>R</i>                                      |         | 0,25            | 0,4  | 0,4  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,8  | 0,8  | 0,8  |
| Диаметр фаски D= (0,9...0,95)S; диаметр стержня d <sub>1</sub> =d |         |                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Длина болта L, мм                                                 |         | Длина резьбы, b |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 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   |

**Гайка** представляет собой призму или цилиндр со сквозным (иногда глухим) резьбовым отверстием для навинчивания на болт или шпильку. По своей форме гайки бывают шестигранные, квадратные, круглые, гайки-барашки и др. Шестигранные гайки подразделяются на обыкновенные, прорезные и корончатые; нормальные, низкие, высокие и особо высокие; с одной и двумя фасками. Наибольшее применение в машиностроении имеют обыкновенные шестигранные гайки нормальной точности (ГОСТ 5915-70).

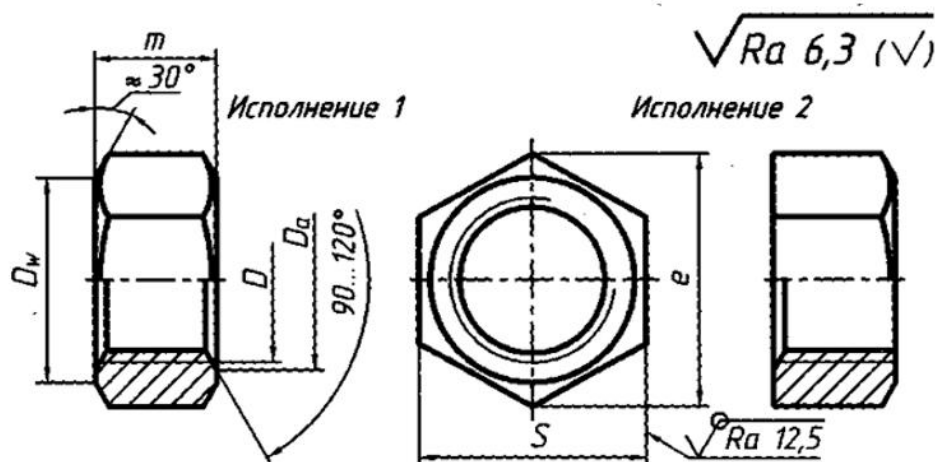


Рисунок 2 – Гайки шестигранные нормальной точности (ГОСТ 5915-70)

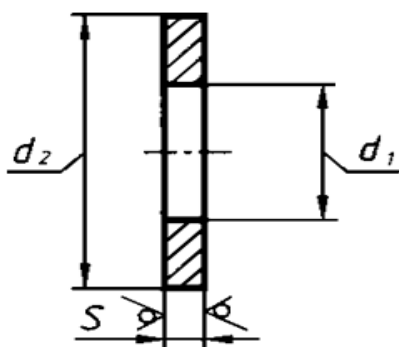
Таблица 2 – Размеры гайки шестигранной

|                                  |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 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 |
| Диаметр фаски $D_{w\min}$        |         | 9    | 11,7 | 15,5 | 17,2 | 20,1 | 22,0 | 24,8 | 27,7 | 29,5 | 33,2 |
| Диаметр фаски $D_a\min$          |         | 6    | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   |
| Диаметр фаски $D_a\max$          |         | 6,75 | 8,75 | 10,8 | 13,0 | 15,1 | 17,3 | 19,4 | 21,6 | 23,8 | 25,9 |

## Шайбы

Шайбы, которые подкладываются под гайку в соединениях болтом и шпилькой, бывают круглые, квадратные, пружинные, стопорные и др. Они предохраняют поверхность детали, соприкасающуюся с ней, от износа и повреждений при завинчивании гайки, увеличивают опорную поверхность. Пружинные (ГОСТ 6402-70) и стопорные шайбы (ГОСТ 10461-81 ... ГОСТ 10464-81) предохраняют гайки от самоотвинчивания и применяются в тех случаях, когда соединение подвергается переменным нагрузкам и вибрации. Размеры круглых шайб ГОСТ 11371-78 даны в табл.3 Шайбы изготавливаются двух исполнений: 1- без скоса кромок, 2- со скосом одной или двух кромок.

Исполнение 1



Исполнение 2

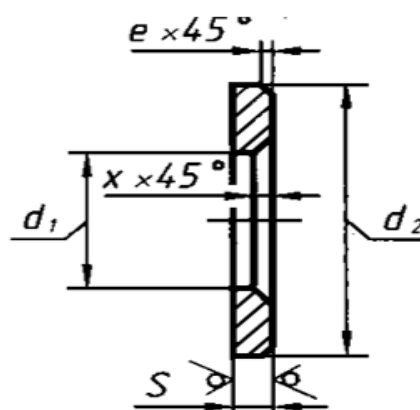


Рисунок 3 – Шайбы

Таблица 3 – Размеры шайб

| Диаметр резьбы крепежной детали, мм | Наружный диаметр шайбы $d_2$ , мм | Внутренний диаметр шайбы $d_1$ , мм | Толщина шайбы $S$ , мм | Фаска наружная $e$ , мм |          | Фаска $X$ , мм |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------|----------|----------------|
|                                     |                                   |                                     |                        | не менее                | не более | не менее       |
| 6                                   | 12,5                              | 6,4                                 | 1,6                    | 0,40                    | 0,80     | 0,80           |
| 8                                   | 17                                | 8,4                                 | 1,6                    | 0,40                    | 0,80     | 0,80           |
| 10                                  | 21                                | 10,5                                | 2,0                    | 0,50                    | 1,00     | 1,00           |
| 12                                  | 24                                | 13,0                                | 2,5                    | 0,60                    | 1,25     | 1,25           |
| 14                                  | 28                                | 15,0                                | 2,5                    | 0,60                    | 1,25     | 1,25           |
| 16                                  | 30                                | 17,0                                | 3,0                    | 0,75                    | 1,50     | 1,50           |
| 18                                  | 34                                | 19,0                                | 3,0                    | 0,75                    | 1,50     | 1,50           |
| 20                                  | 37                                | 21,0                                | 3,0                    | 0,75                    | 1,50     | 1,50           |
| 22                                  | 39                                | 23,0                                | 3,0                    | 0,75                    | 1,50     | 1,50           |
| 24                                  | 44                                | 25,0                                | 4,0                    | 1,00                    | 2,00     | 1,50           |
| 27                                  | 50                                | 28,0                                | 4,0                    | 1,00                    | 2,00     | 1,50           |

**Соединение деталей болтом.** Болтовое соединение состоит из соединяемых деталей с отверстием под болт, болта, гайки и шайбы. Длина болта  $l$  подсчитывается по формуле:

$$l = m + n + s + H + k, \quad (1)$$

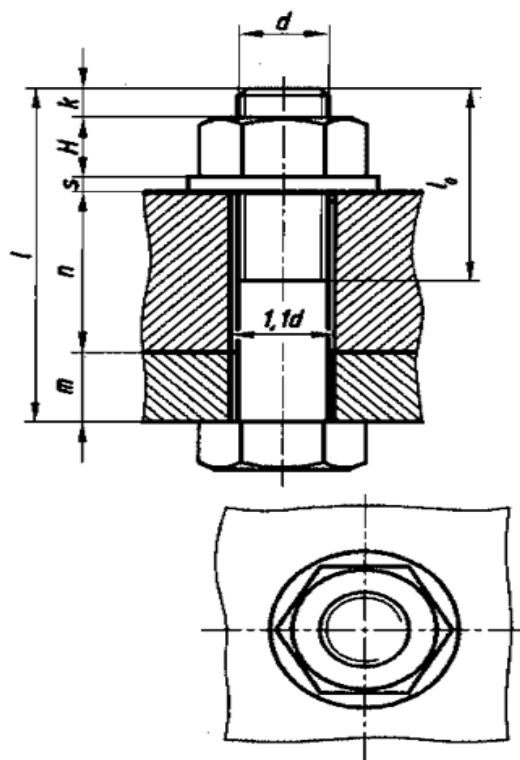
где  $m$  и  $n$  – толщина соединяемых деталей, в мм;

$s$  – толщина шайбы, в мм;

$H$  – высота гайки, в мм;

$k$  – длина свободно выступающего над гайкой конца болта, в мм.

Длина свободного конца принимается равной  $0,3d$ , где  $d$  – диаметр резьбы. Размеры болта, гайки и шайбы берутся из таблиц (смотри таблицы 1...3) Диаметр сквозного отверстия в соединяемых деталях принимается равным  $1,1d$ . После подсчета длина болта округляется до ближайшего значения по стандарту.



### Индивидуальные задания по вариантам для соединения болтом с составлением спецификации

| №<br>варианта | Соединение деталей болтом (ГОСТ 7798-70*) |                 |    |                           |                         |
|---------------|-------------------------------------------|-----------------|----|---------------------------|-------------------------|
|               | Диаметр<br>резьбы $d$                     | Толщина деталей |    | Гайка<br>ГОСТ<br>5915-70* | Шайба<br>ГОСТ 11371-78* |
|               |                                           | n               | m  | исполнение                |                         |
| 0; 10         | 8                                         | 10              | 14 | 1                         | 2                       |
| 1; 11         | 10                                        | 12              | 18 | 2                         | 1                       |
| 2; 12         | 12                                        | 15              | 25 | 1                         | 2                       |
| 3; 13         | 14                                        | 20              | 30 | 2                         | 1                       |
| 4; 14         | 16                                        | 15              | 35 | 1                         | 2                       |
| 5; 15         | 18                                        | 25              | 35 | 2                         | 1                       |
| 6; 16         | 20                                        | 15              | 20 | 1                         | 2                       |
| 7; 17         | 22                                        | 20              | 25 | 2                         | 1                       |
| 8; 18         | 24                                        | 25              | 30 | 1                         | 2                       |
| 9; 19         | 27                                        | 20              | 35 | 2                         | 1                       |

Таблица 4 – Резьба метрическая цилиндрическая (ГОСТ 24705-2004, ГОСТ 8724-2002)

| Номинальный диаметр резьбы | Шаг резьбы  |        | Внутренний диаметр резьбы                   | Номинальный диаметр резьбы | Шаг резьбы |        | Внутренний диаметр резьбы                   |
|----------------------------|-------------|--------|---------------------------------------------|----------------------------|------------|--------|---------------------------------------------|
|                            | крупный     | мелкий |                                             |                            | крупный    | мелкий |                                             |
| <b><i>d</i></b>            |             |        | <b><i>d<sub>1</sub> = D<sub>1</sub></i></b> | <b><i>d</i></b>            |            |        | <b><i>d<sub>1</sub> = D<sub>1</sub></i></b> |
| <b>2,5</b>                 | <b>0,45</b> |        | 2,013                                       | <b>16</b>                  | <b>2,0</b> |        | 13,835                                      |
|                            |             | 0,35   | 2,121                                       |                            |            | 1,5    | 14,376                                      |
| <b>3</b>                   | 0,50        |        | 2,459                                       |                            |            | 1,0    | 14,917                                      |
|                            |             | 0,35   | 2,621                                       |                            |            | 0,75   | 15,188                                      |
| <b>4</b>                   | 0,70        |        | 3,242                                       |                            |            | 0,5    | 15,459                                      |
|                            |             | 0,5    | 3,459                                       | <b>18</b>                  | <b>2,5</b> |        | 15,294                                      |
| <b>5</b>                   | 0,8         |        | 4,131                                       |                            |            | 2,0    | 15,835                                      |
|                            |             | 0,5    | 4,459                                       |                            |            | 1,5    | 16,376                                      |
| <b>6</b>                   | 1,00        |        | 4,918                                       |                            |            | 1,0    | 16,917                                      |
|                            |             | 0,75   | 5,188                                       |                            |            | 0,75   | 17,188                                      |
|                            |             | 0,5    | 5,459                                       |                            |            | 0,5    | 17,495                                      |
| <b>8</b>                   | 1,25        |        | 6,647                                       | <b>20</b>                  | <b>2,5</b> |        | 17,294                                      |
|                            |             | 1,0    | 6,917                                       |                            |            | 2,0    | 17,835                                      |
|                            |             | 0,75   | 7,188                                       |                            |            | 1,5    | 18,376                                      |
|                            |             | 0,5    | 7,459                                       |                            |            | 1,0    | 18,917                                      |
| <b>10</b>                  | 1,5         | 1,25   | 8,647                                       |                            |            | 0,75   | 19,188                                      |
|                            |             | 1,0    | 8,917                                       |                            |            | 0,5    | 19,459                                      |
|                            |             | 0,75   | 9,188                                       | <b>22</b>                  | <b>2,5</b> |        | 19,294                                      |
|                            |             | 0,5    | 9,459                                       |                            |            | 2,0    | 19,835                                      |
| <b>12</b>                  | 1,75        |        | 10,106                                      |                            |            | 1,5    | 20,376                                      |
|                            |             | 1,5    | 10,376                                      |                            |            | 1,0    | 20,917                                      |
|                            |             | 1,25   | 10,647                                      |                            |            | 0,75   | 21,188                                      |
|                            |             | 1,0    | 10,917                                      |                            |            | 0,5    | 21,459                                      |
|                            |             | 0,75   | 11,188                                      | <b>24</b>                  | <b>3,0</b> |        | 20,752                                      |
|                            |             | 0,5    | 11,459                                      |                            |            | 2,0    | 21,835                                      |
| <b>14</b>                  | <b>2,0</b>  |        | 11,835                                      |                            |            | 1,5    | 22,376                                      |
|                            |             | 1,5    | 7,376                                       |                            |            | 1,0    | 22,917                                      |
|                            |             | 1,25   | 7,648                                       |                            |            | 0,75   | 23,188                                      |
|                            |             | 1,0    | 7,917                                       |                            |            |        |                                             |
|                            |             | 0,75   | 13,188                                      |                            |            |        |                                             |

| Номинальный диаметр резьбы | Шаг резьбы |        | Внутренний диаметр резьбы | Номинальный диаметр резьбы | Шаг резьбы |        | Внутренний диаметр резьбы |
|----------------------------|------------|--------|---------------------------|----------------------------|------------|--------|---------------------------|
| $d$                        | крупный    | мелкий | $d_1 = D_1$               | $d$                        | крупный    | мелкий | $d_1 = D_1$               |
| 27                         | 3,0        |        | 23,752                    | 45                         | 4,5        |        | 40,129                    |
|                            |            | 2,0    | 24,835-                   |                            |            | 3,0    | 41,752                    |
|                            |            | 1,5    | 25,376                    |                            |            | 2,0    | 42,835                    |
|                            |            | 1,0    | 25,917                    |                            |            | 1,5    | 43,376                    |
|                            |            | 0,75   | 26,188                    |                            |            | 1,0    | 43,918                    |
| 30                         | 3,5        |        | 28,211                    | 48                         | 5,0        |        | 42,587                    |
|                            |            | 3,0    | 26,752                    |                            |            | 3,0    | 44,752                    |
|                            |            | 2,0    | 27,835                    |                            |            | 2,0    | 45,835                    |
|                            |            | 1,5    | 28,376                    |                            |            | 1,5    | 46,376                    |
|                            |            | 1,0    | 28,918                    |                            |            | 1,0    | 46,918                    |
|                            |            | 0,75   | 29,188                    | 52                         | 5,0        |        | 46,587                    |
| 33                         | 3,5        |        | 29,211                    |                            |            | 3,0    | 48,752                    |
|                            |            | 3,0    | 29,752                    |                            |            | 2,0    | 49,835                    |
|                            |            | 2,0    | 30,835                    |                            |            | 1,5    | 50,376                    |
|                            |            | 1,5    | 31,376                    |                            |            | 1,0    | 50,918                    |
|                            |            | 1,0    | 31,918                    | 56                         | 5,5        |        | 50,046                    |
|                            |            | 0,75   | 32,188                    |                            |            | 3,0    | 52,752                    |
| 36                         | 4,0        |        | 31,670                    |                            |            | 2,0    | 53,835                    |
|                            |            | 3,0    | 32,752                    |                            |            | 1,5    | 54,376                    |
|                            |            | 2,0    | 33,835                    |                            |            | 1,0    | 54,918                    |
|                            |            | 1,5    | 34,376                    | 60                         | 5,5        |        | 54,046                    |
|                            |            | 1,0    | 34,918                    |                            |            | 3,0    | 56,752                    |
| 39                         | 4,0        |        | 34,670                    |                            |            | 2,0    | 57,835                    |
|                            |            | 3,0    | 35,752                    |                            |            | 1,5    | 58,376                    |
|                            |            | 2,0    | 36,835                    |                            |            | 1,0    | 58,918                    |
|                            |            | 1,5    | 37,376                    | 64                         | 6,0        |        | 57,505                    |
|                            |            | 1,0    | 37,918                    |                            |            | 3,0    | 60,752                    |
| 42                         | 4,5        |        | 37,129                    |                            |            | 2,0    | 61,835                    |
|                            |            | 3,0    | 38,752                    |                            |            | 1,5    | 62,376                    |
|                            |            | 2,0    | 39,835                    |                            |            | 1,0    | 62,918                    |
|                            |            | 1,5    | 40,376                    |                            |            |        |                           |

## Расчетно-графическая работа 3

### Зубчатые передачи

**Задача:** рассчитать и вычертить сборочный чертёж цилиндрической зубчатой передачи

#### Теоретическая часть

##### *Основные параметры зубчатых колес*

- *делительными окружностями пары зубчатых колес* называются соприкасающиеся окружности, условно проведенные из центров колес, и перекатывающиеся одна по другой без скольжения. Делительные окружности колес, находящихся в зацеплении, являются сопряженными. На чертежах делительную окружность выполняют штрихпунктирной линией, а ее диаметр обозначают буквой  $d$ ;

- *модуль зубчатого зацепления  $m$*  – это часть диаметра делительной окружности зубчатого колеса, приходящаяся на один зуб, т. е.  $m = d/z$ . Значение модулей для всех передач - величина стандартизированная;

- *диаметр окружности вершин зубьев  $d_a$* , - диаметр окружности, описывающей вершины головок зубьев;

- *диаметр окружности впадин зубьев  $d_f$* - диаметр окружности, описывающей основания ножек зубьев;

- *высота делительной ножки зуба  $h_a$*  - расстояние между делительной окружностью колеса и окружностью, описывающей основания ножек (впадин) зубьев;

- *высота зуба  $h$*  - расстояние между окружностями вершин и впадин зубьев цилиндрического зубчатого колеса  $h$ ;

- *окружной шаг зубьев  $P_t$*  - расстояние (мм) между одноименными профильными поверхностями соседних зубьев. Шаг зубьев равен длине делительной окружности, разделенной на число зубьев колеса  $z$ .

Таблица 1 – Формулы для расчета элементов цилиндрической зубчатой передачи

| Параметр                        | Шестерня                 | Зубчатое колесо          |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Высота головки зуба             | $h_a = m$                | $h_a = m$                |
| Высота ножки зуба               | $h_f = 1,25m$            | $h_f = 1,25m$            |
| Высота зуба                     | $h = 2,25m$              | $h = 2,25m$              |
| Диаметр делительной окружности  | $d_1 = mz_1$             | $d_2 = mz_2$             |
| Межосевое расстояние            | $a_w = (d_1 + d_2)/2$    | $a_w = (d_1 + d_2)/2$    |
| Диаметр окружности вершин       | $d_{a1} = m(z_1 + 2)$    | $d_{a2} = m(z_2 + 2)$    |
| Диаметр окружности впадин       | $d_{f1} = (z_1 - 2,5) m$ | $d_{f2} = (z_2 - 2,5) m$ |
| Ширина зубчатого венца          | $b = 8m$                 | $b = 8m$                 |
| Диаметр ступицы                 | $d_{c1} = 1,6D_1$        | $d_{c2} = 1,6D_2$        |
| Длина ступицы                   | $l_{c1} = 1,1b$          | $l_{c2} = 1,1b$          |
| Толщина обода зубчатого венца   | $\delta_1 = 2,25m$       |                          |
| Толщина диска                   | -                        | $\delta_2 = 1/3b$        |
| Размер шпонок и шпоночного паза | ГОСТ 23360-78            | ГОСТ 23360-78            |

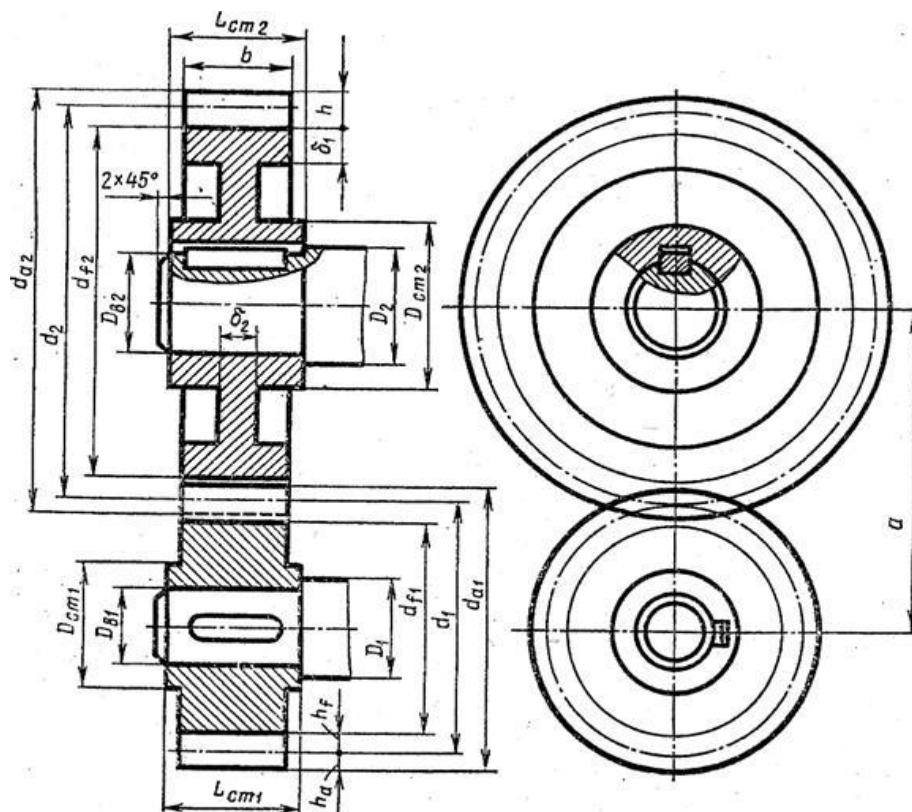


Рисунок 1 – Зубчатое зацеплен

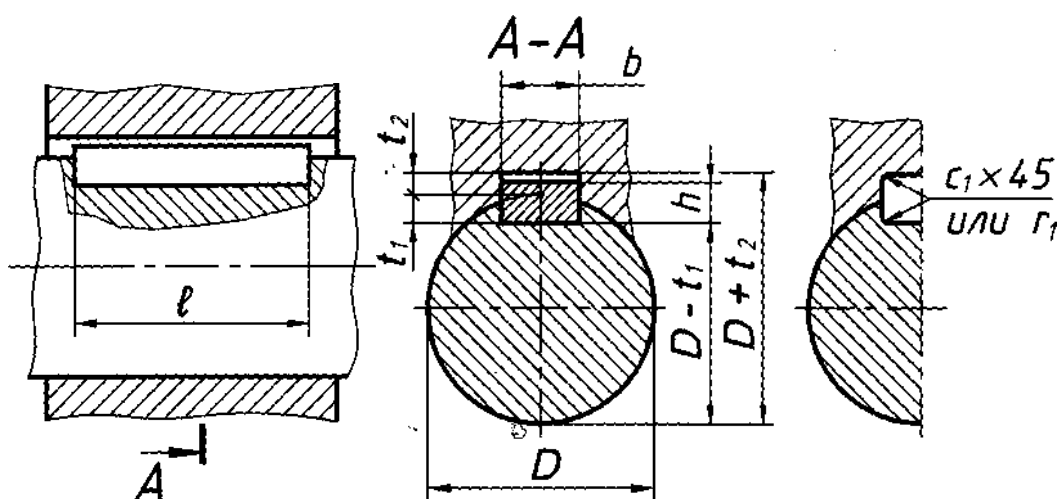


Рисунок 2 – Шпоночное соединение

Таблица 2 – Размеры призматических шпонок и шпоночных пазов (ГОСТ 23360-78), мм

| Диаметр вала $D$ | Шпонка |     |             | Шпоночный паз |                 |              |
|------------------|--------|-----|-------------|---------------|-----------------|--------------|
|                  | $b$    | $h$ | $c$ или $r$ | вал<br>$t_1$  | втулка<br>$t_2$ | $c$ или $r$  |
| Св.6 до 8        | 2      | 2   | 0,16...0,25 | 1,2           | 1,0             | 0,008...0,16 |
| Св.8 до 10       | 3      | 3   |             | 1,8           | 1,4             |              |
| Св.10 до 12      | 4      | 4   |             | 2,5           | 1,8             |              |
| Св.12 до 17      | 5      | 5   | 0,25...0,4  | 3,0           | 2,3             | 0,16...0,25  |
| Св.17 до 22      | 6      | 6   |             | 3,5           | 2,8             |              |
| Св. 22 до 30     | 8      | 7   |             | 4,0           | 3,3             |              |
| Св.30 до 38      | 10     | 8   | 0,4...0,6   | 5,0           | 3,3             | 0,25...0,4   |
| Св. 38 до 44     | 12     | 8   |             | 5,0           | 3,3             |              |
| Св. 44 до 50     | 14     | 9   |             | 5,5           | 3,8             |              |
| Св. 50 до 58     | 16     | 10  |             | 6,0           | 4,3             |              |
| Св. 58 до 65     | 18     | 11  |             | 7,0           | 4,4             |              |

Длины шпонок должны выбираться из ряда: 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63.

Таблица 3 – Варианты для задания

| №<br>варианта | m | z <sub>1</sub> | z <sub>2</sub> | D <sub>1</sub> | D <sub>2</sub> | №<br>варианта | m | z <sub>1</sub> | z <sub>2</sub> | D <sub>1</sub> | D <sub>2</sub> |
|---------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1             | 5 | 20             | 25             | 25             | 25             | 11            | 4 | 16             | 35             | 20             | 30             |
| 2             | 4 | 20             | 40             | 25             | 30             | 12            | 5 | 16             | 30             | 25             | 32             |
| 3             | 5 | 15             | 32             | 25             | 35             | 13            | 4 | 20             | 32             | 22             | 30             |
| 4             | 3 | 25             | 40             | 20             | 25             | 14            | 5 | 16             | 30             | 25             | 36             |
| 5             | 4 | 25             | 35             | 25             | 32             | 15            | 4 | 15             | 35             | 20             | 25             |
| 6             | 4 | 20             | 34             | 22             | 25             | 16            | 5 | 18             | 35             | 24             | 30             |
| 7             | 5 | 18             | 30             | 25             | 32             | 17            | 4 | 20             | 34             | 22             | 25             |
| 8             | 4 | 15             | 35             | 20             | 30             | 18            | 4 | 25             | 35             | 25             | 32             |
| 9             | 4 | 18             | 30             | 22             | 25             | 19            | 5 | 18             | 30             | 25             | 32             |
| 10            | 4 | 20             | 36             | 22             | 30             | 20            | 3 | 25             | 40             | 20             | 25             |

При выполнении чертежей цилиндрических зубчатых колес руководствоваться ГОСТ 2.403.

## **Заключение**

Начертательная геометрия является базовым направлением в подготовке студентов инженерных специальностей. При изучении начертательной геометрии студенты приобретают теоретические знания, графические навыки и умения, необходимые для разработки и оформления конструкторской документации. Кроме этого, изучение начертательной геометрии стимулирует развитие пространственного мышления, воображения, инженерной интуиции, изобретательства, то есть тех качеств, которые, несомненно, являются важными в инженерной деятельности.

В процессе изучения дисциплины «Инженерная графика» студенты должны освоить понятийный аппарат начертательной геометрии, научиться по плоским изображениям (проециям) получать представление о пространственном расположении объектов, научиться строить сечения и развертки различных поверхностей, приобрести графические навыки выполнения чертежей. Графические умения и навыки студенты приобретают на практических занятиях под руководством преподавателя или в ходе самостоятельной работы по начертательной геометрии.

Таким образом, выполнения студентами расчетно-графических работ будет способствовать приобретению знаний, умений и навыков, необходимых для успешной сдачи экзамена.

### Список литературы

1. Бударин, О.С. Начертательная геометрия: учебное пособие / О.С. Бударин. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 360 с.
2. Веселов, В.И. Инженерная графика для машиностроительных специальностей / В.И. Веселов, О.В. Георгиевский. – Москва: КноРус, 2024. – 159 с.
3. Леонова, О.Н. Начертательная геометрия в примерах и задачах: учебное пособие для вузов / О.Н. Леонова, Е.А. Разумнова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 212 с.
4. Лызлов, А.Н. Начертательная геометрия. Задачи и решения / А.Н. Лызлов, М.В. Ракитская, Д.Е. Тихонов-Бугров. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 88 с.
5. Раков, В.Л. Приложение трехмерных моделей к задачам начертательной геометрии: учебное пособие / В.Л. Раков. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 128 с.
6. Серга, Г.В., Начертательная геометрия и инженерная графика: учебник / Г.В. Серга, И.И. Табачук, Н.Н. Кузнецова. – Москва: КноРус, 2021. – 229 с.
7. Тарасов, Б.Ф. Начертательная геометрия: учебник / Б. Ф. Тарасов, Л.А. Дудкина, С.О. Немолотов. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 256 с.
8. Швец, М.И., Инженерная графика. Практикум: учебно-практическое пособие / М.И. Швец, А.П. Пакулин, В.Н. Тимофеев. – Москва: КноРус, 2021. – 422 с.
9. Фролов, С.А. Сборник задач по начертательной геометрии: учебное пособие / С. А. Фролов. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 192 с.