



Задания, ответы и критерии оценивания

Выпускник университета решил организовать собственное малое инновационное предприятие. Взяв кредит в банке, он купил киберфизическую производственную систему для изготовления координатно-измерительных машин (КИМ) для точных измерений и контроля машиностроительных изделий (рис. 1). Такая КИМ содержит несущую систему, приводы, узлы координатных перемещений, измерительную головку, линейные измерительные преобразователи (энкодеры). В цехе предприятия было установлено следующее оборудование: токарный и фрезерный обрабатывающие центры с компьютерным управлением, сварочный робот и робот-манипулятор. В процессе изготовления различных деталей молодой инженер столкнулся с рядом производственных задач, представленных ниже.



Рис. 1

Задача №1

Для обработки детали привода КИМ на фрезерном обрабатывающем центре ее заготовка (1) крепится в специальном зажимном устройстве с пневматическим приводом. Зажим заготовки осуществляется путем ее прижима с помощью рычага (3) к опоре (2). Рычаг приводится в движение с помощью пневматического цилиндра круглого сечения, имеющего шток (4) и поршень (5). Сжатый воздух подается только в штоковую полость. Длины плеч рычага $A=66$ мм и $B=42$ мм показаны на рис. 4. Требуется определить, какая сила F будет приложена к заготовке, если известен диаметр поршня пневмоцилиндра $D=40$ мм, диаметр штока $d=14$ мм, а давление воздуха в пневмоцилиндре составляет $p=0,4$ МПа. КПД рычажного механизма $\eta=0,95$.

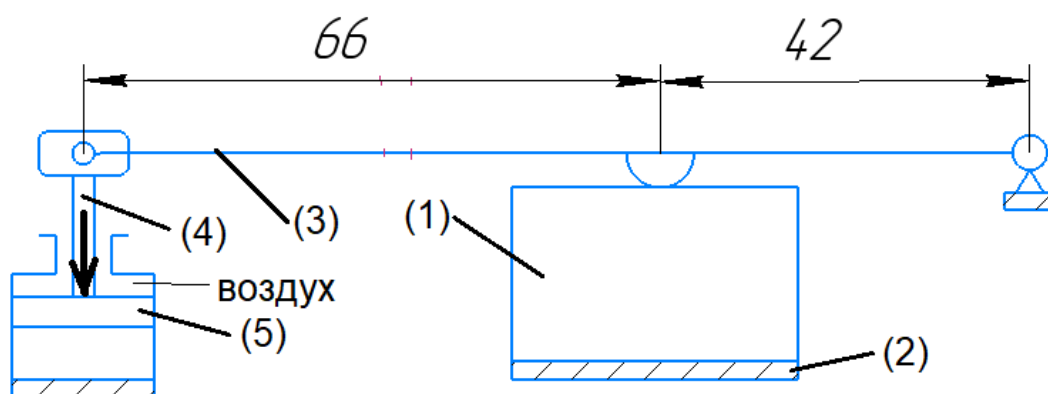


Рис. 2.

Решение.

Сила на штоке $Q=pS=p \cdot \frac{\pi(D^2-d^2)}{4}=400000 \cdot \frac{3,14 \cdot (0,04^2-0,014^2)}{4} = 440$ Н. Сила прижима заготовки $W=Q \cdot \frac{66+42}{42} \eta=440 \cdot 2,57 \cdot 0,95 \approx 1074,26$ Н.

Ответ 1074,26 Н.

Задача № 2

Методом лазерного осаждения металла (LMD) наплавляется винтовая поверхность (рис. 2), представляющая собой выступы трапецевидального сечения (рис. 3) на цилиндре диаметром 30 мм, длиной 100 мм и шагом $P=10$ мм. Металлический порошок наплавляется на поверхность цилиндра с помощью лазерного луча. Определить массу наплавленного металла винтового выступа в граммах, плотность наплавленного металла $7,85$ г/см³.

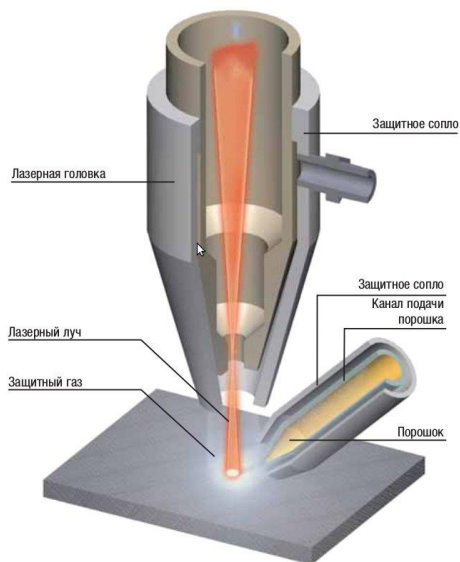


Рис. 3

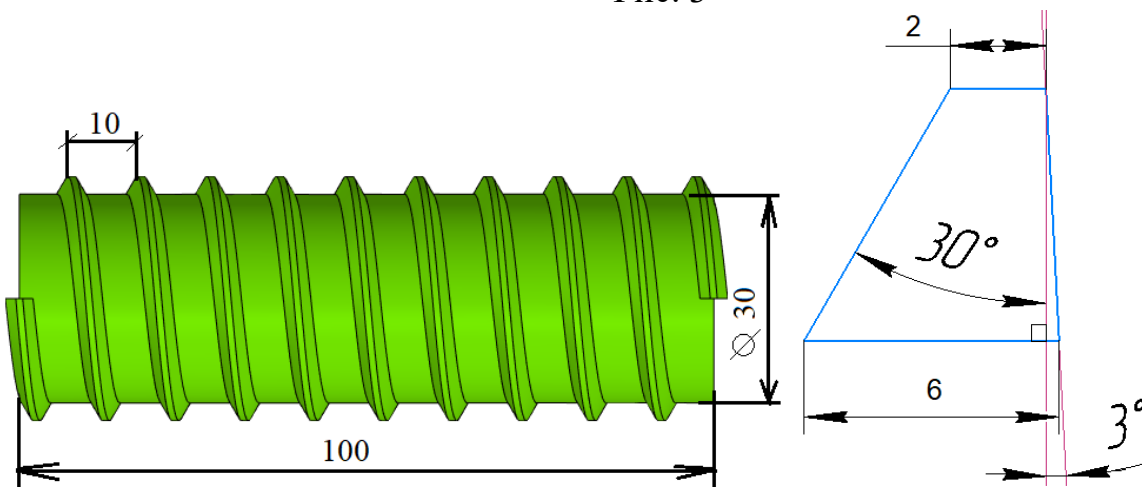


Рис. 4

Решение.

$M = \rho V$. Объем винтового выступа равен длине развертки винтовой линии, умноженной на площадь сечения выступа.

Длина винтовой равна $L = 10\sqrt{P^2 + (\pi d)^2} = 10\sqrt{1^2 + (3,14 \cdot 3)^2} \approx 95$ см.

Площадь сечения выступа $S = 0,5h(0,2 + 0,6) = 0,4h$. Высота трапеции равна

$$h = \frac{0,4 \cdot \operatorname{tg} 87^\circ}{(\operatorname{tg} 60^\circ + \operatorname{tg} 87^\circ) \cdot \operatorname{tg} 60^\circ} = 0,212 \text{ см.}$$

$$S = 0,4 \cdot 0,212 \approx 0,085 \text{ см}^2.$$

$$V = L \cdot S = 95 \cdot 0,085 = 8,075 \text{ см}^3.$$

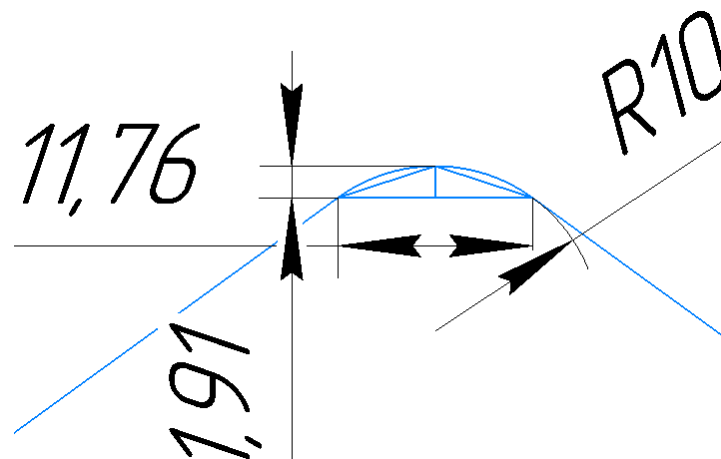
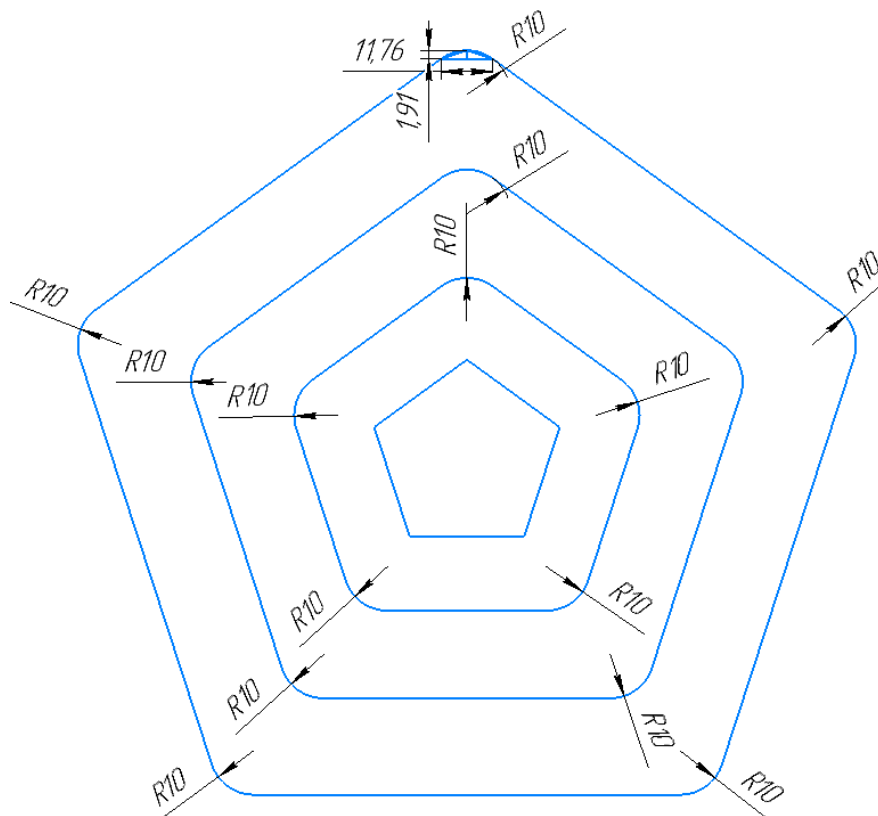
$$M = 7,85 \cdot 8,075 \approx 63,4 \text{ г.}$$

Ответ: 63,4 г.

Задача № 3

На вертикальном обрабатывающем центре с числовым программным управлением концевой фрезой (1) диаметром 20 мм фрезеруется композитная деталь (2) для крышки привода КИМ, представляющая собой в плане прямоугольник с правильной пятиугольной выемкой со скругленными углами (рис 5) с радиусом $R=10$ мм.

Фреза последовательно проходит по траекториям (1), (2), (3), (4). Траектория (1) скруглений не имеет. Траектория (1) представляет собой правильный пятиугольник с диаметром вписанной окружности $d_1=36$ мм; траектория (2) представляет собой правильный пятиугольник с диаметром вписанной окружности $d_2=70$ мм; траектория (3) представляет собой правильный пятиугольник с диаметром вписанной окружности $d_3 =110$ мм; траектория (4) представляет собой правильный пятиугольник с диаметром вписанной окружности d_4 154 мм. Определить, сколько времени (сек.) займет у фрезы проход по всем трем траекториям, если известно, что фреза движется с постоянной скоростью $V=0,01$ м/с, время перехода между траекториями не учитывать.



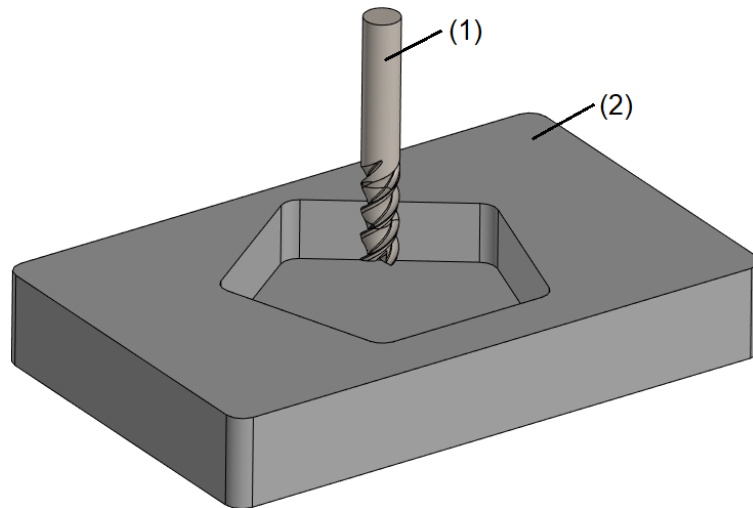


Рис. 5

Решение.

Длина дуги скругления (по стрелке 1,91 мм и хорде 11,76 мм сегмента) равна

$$L = \sqrt{20^2 + \frac{16}{3} \cdot 2,68^2} = 12,56 \text{ мм.}$$

Периметр траектории (1) (правильного пятиугольника без скруглений) равен $P_1 = 5 \cdot (0,5d_1/0,69) = 130,435$ мм.

Периметр второго пятиугольника (с учетом скруглений) равен $P_2 = 5 \cdot (0,5d_2/0,69) - 5 \cdot (2 \cdot 5,88/\sin(54^\circ)) + 5 \cdot L = 253,6 - 72,6 + 62,8 = 243,8$ мм.

Периметр третьего пятиугольника (с учетом скруглений) равен $P_3 = 5 \cdot (0,5d_3/0,69) - 5 \cdot (2 \cdot 5,88/\sin(54^\circ)) + 5 \cdot L = 398,55 - 72,6 + 62,8 = 388,75$ мм.

Периметр четвертого пятиугольника (с учетом скруглений) равен $P_4 = 5 \cdot (0,5d_4/0,69) - 5 \cdot (2 \cdot 5,88/\sin(54^\circ)) + 5 \cdot L = 557,95 - 72,6 + 62,8 = 548,15$ мм.

Суммарная длина всех траекторий равна $S = 130,435 + 243,8 + 388,75 + 548,15 = 1311,135$ мм.

Искомое время равно $t = S/V = 1311,135/10 \approx 131,11$ с.

Ответ: 131,11 с.

Задача № 4

Для обработки детали привода КИМ на фрезерном обрабатывающем центре возникла задача закрепления призматической заготовки. Для закрепления используется механизм, показанный на рис. 6. Заготовка (1) прижимается к опоре (2) с помощью плунжера (3), который находится в контакте с клином (4). Угол клина $\alpha=15^\circ$. Плунжер и клин опираются о корпус (5). Коэффициент трения между клином и корпусом равен $f_1=0,1$; коэффициент трения между плунжером и корпусом равен $f_2=0,15$; коэффициент трения между клином и плунжером равен $f_3=0,2$. Определить силу привода Q , действующую на клин, если известно, что сила зажима равна $F=200$ Н. КПД $\eta=0,54$.

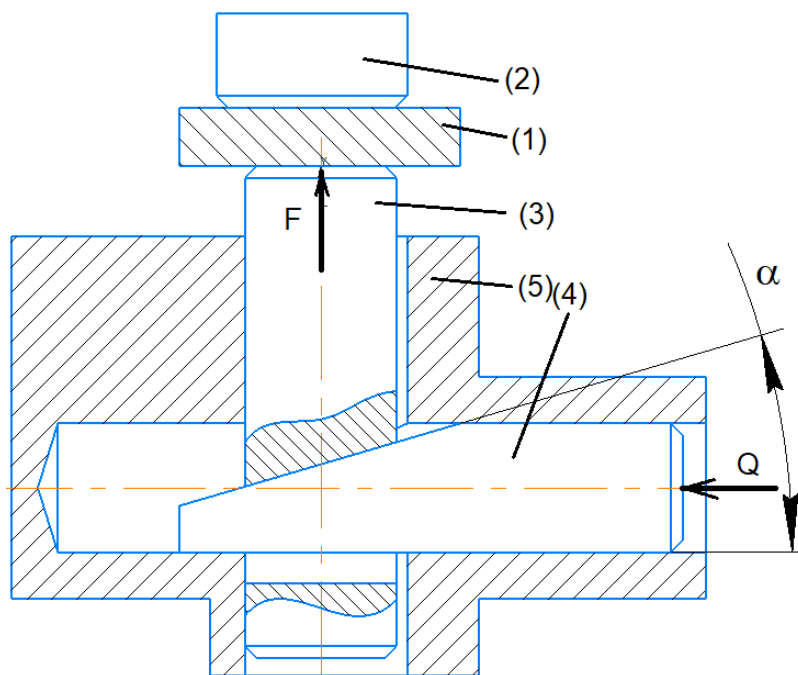


Рис. 6

Решение. См. расчетную схему рис 7.

Углы трения равны:

$$\varphi_1 = \arctg(f_1) = \arctg(0,1) = 5,71^\circ;$$

$$\varphi_2 = \arctg(f_2) = \arctg(0,2) = 11,3^\circ;$$

$$\varphi_3 = \arctg(f_3) = \arctg(0,15) = 8,53^\circ;$$

Из рассмотрения равновесия клина в проекции на ось X следует $F_1 = \frac{Q}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_3) + \operatorname{tg} \varphi_1}$.

Из равновесия плунжера следует: $F = F_1 - F_2$.

$$F_2 = N \cdot \operatorname{tg} \varphi_2; \quad N = F_1 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) = \frac{Q \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1)}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_3) + \operatorname{tg} \varphi_1}$$

$$F = \frac{Q(1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_2)}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_3) + \operatorname{tg} \varphi_1} \cdot \eta$$

Отсюда искомая сила привода Q равна:

$$Q = \frac{F(\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_3) + \operatorname{tg} \varphi_1)}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \operatorname{tg} \varphi_2} = \frac{200(\operatorname{tg}(15 + 8,53) + \operatorname{tg} 5,71)}{(1 - \operatorname{tg}(15 + 5,71) \operatorname{tg} 11,3)} \cdot \eta = 216 \text{ Н.}$$

Ответ: 216 Н.

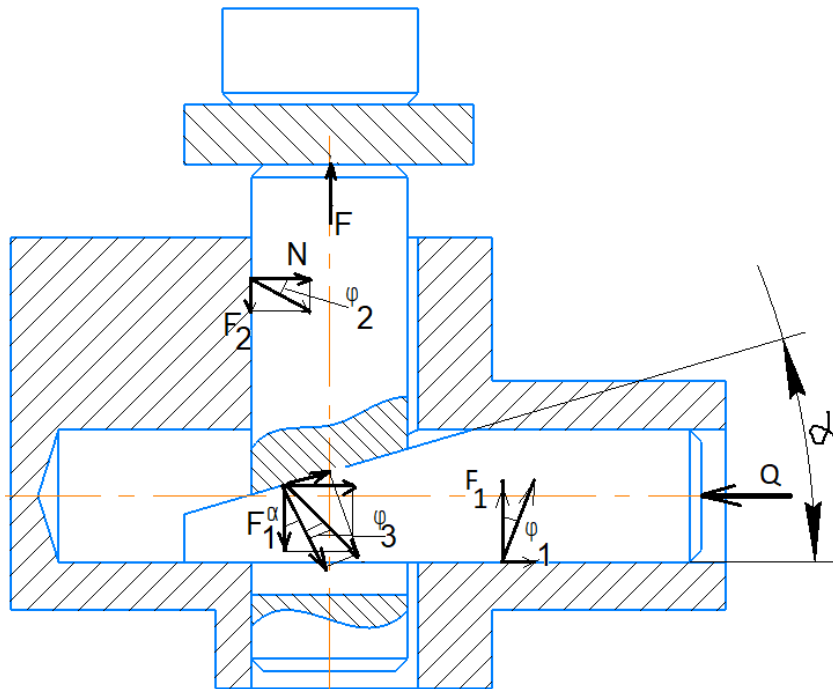


Рис. 7

Задача № 5

Для участка сборки инженер получил чертеж одной из деталей контрольно-измерительной машины, которая без размеров изображена тремя проекциями, приведенными на рисунке 8. Три проекции – это изображение трех видов конструкции: спереди (взгляд по оси Z), слева (по оси X) и сверху (по оси Y). Нарисуйте **сечение** этой конструкции плоскостью, параллельной виду слева (плоскость, параллельная Y_0Z) и проходящей ровно посередине толщины конструкции. Для пояснения приведенных выше понятий на рисунке 8 («Пример для пояснения») даны все виды и разрезы применительно к другой детали. На **сечении** рисуются только те кромки детали, которые попали в секущую плоскость.

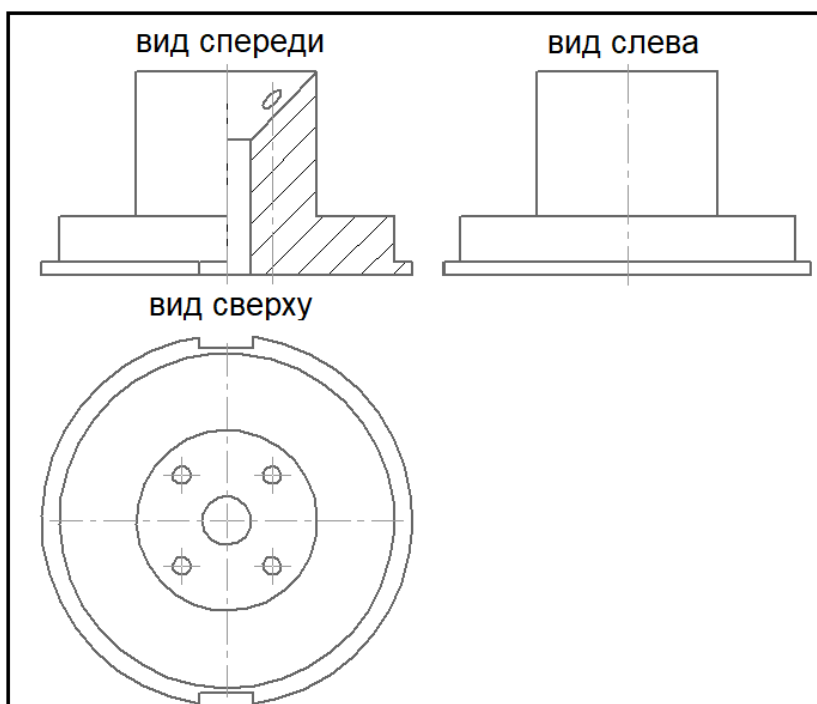


Рис. 8

Решение.

Ответ представлен на рис. 9. В сечении находятся только те кромки детали, которые попали в секущую плоскость.

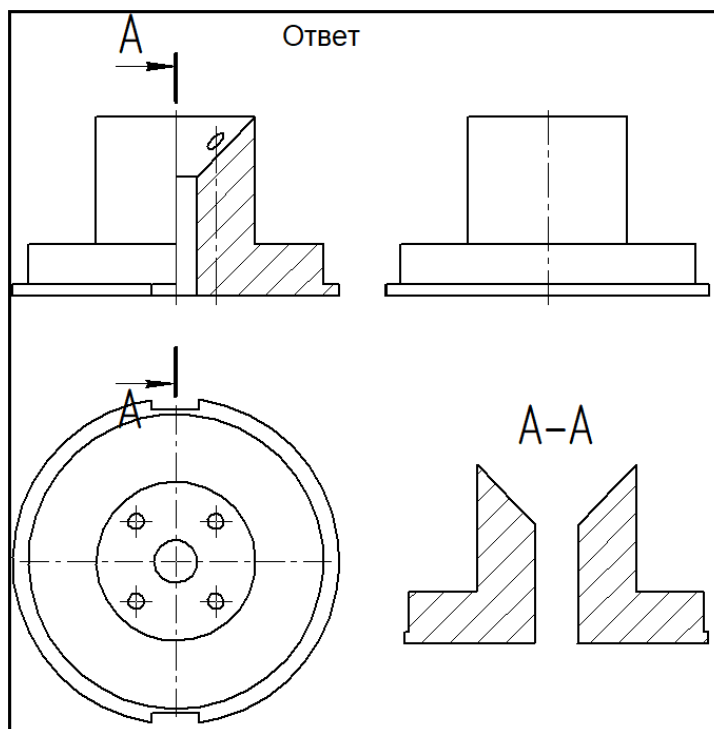


Рис. 9

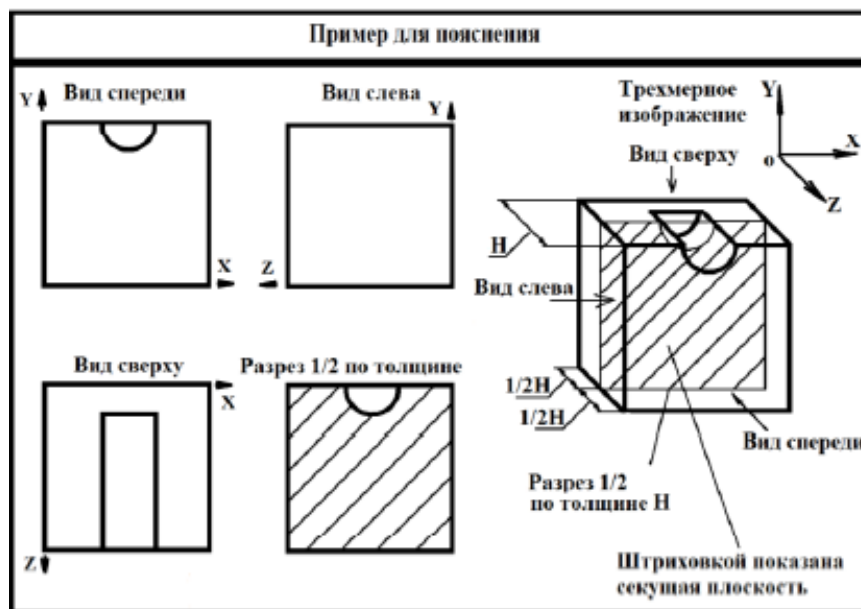


Рис. 10