



Задания, ответы и критерии оценивания

Выпускник университета решил организовать собственное малое инновационное предприятие. Взяв кредит в банке, он купил роботизированную производственную систему для изготовления станков аддитивного производства (3D принтеров) для изготовления из пластика моделей и прототипов машиностроительных изделий (рис. 1). Такой 3D принтер содержит несущую систему, приводы, узлы координатных перемещений, печатающую 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 (5 баллов)

На фрезерном станке обрабатывается деталь (1) 3D принтера, заготовка которой закрепляется в зажимном приспособлении с пневмоприводом (рис. 2). Пневмопривод состоит из пневмокамеры двустороннего действия с резиновой диафрагмой (2), рычага (3), рычага (4) и тяги (5). Требуется определить, какая сила W будет приложена к детали, если диаметр диафрагмы пневмокамеры равен $D=160$ мм, диаметр опорной шайбы $d=150$ мм, КПД всего привода $\eta=0,9$, остальные параметры приведены на рис. 2.

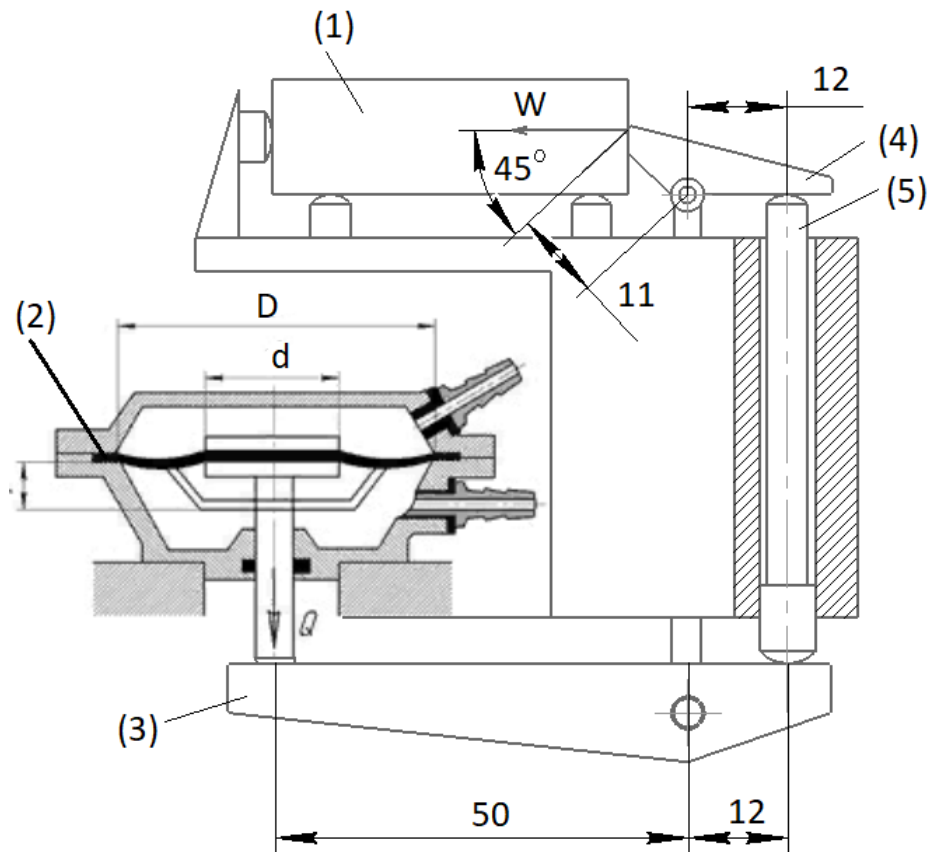


Рис. 2

Решение.

Эффективное усилие на штоке пневмокамеры определяется диаметром опорной шайбы и рабочим давлением воздуха:
 $Q = p \cdot \pi \cdot d^2 / 4 = 400000 \cdot 3,14 \cdot 0,15^2 / 4 \approx 7065 \text{ Н.}$

Усилие зажима W определяется усилием Q и передаточным отношением исполнительного механизма:

$$W = Q \cdot 50 / 12 \cdot 12 / 11 \cdot \cos 45^\circ \cdot \eta = 7065 \cdot 4,17 \cdot 1,09 \cdot 0,71 \cdot 0,9 \approx 20519,9 \text{ Н.}$$

Ответ: 20519,9 Н.

Задача № 2 (10 баллов)

Для обработки на токарном станке тонкостенной цилиндрической детали используется жесткая цилиндрическая оправка (3). Заготовка (1) опоры насаживается на эту оправку с зазором и вращается вместе с ней в патроне токарного станка. Заготовка прижимается к торцу оправки с помощью прижимной гайки (2) (рис. 3). На заготовку диаметром $D=52 \text{ мм}$ во время обработки от резца (4) действует тангенциальная сила $P_z=500 \text{ Н}$. Необходимо определить минимально достаточную силу прижима F гайки (без учета коэффициента запаса) при следующих исходных данных: наружный радиус левого опорного торца оправки и гайки $R=25 \text{ мм}$, внутренний радиус заготовки $r=15 \text{ мм}$, коэффициент трения между заготовкой и торцом оправки $f_1=0,5$, коэффициент трения между торцом заготовки и гайкой $f_2=0,3$. Трением на цилиндрических поверхностях пренебречь.

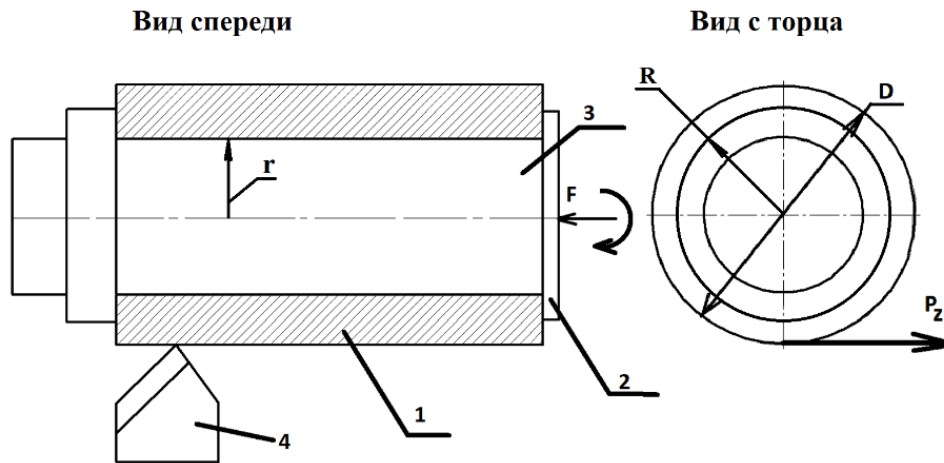


Рис. 3

Решение.

Для определения силы прижима F достаточно воспользоваться уравнением моментов – момент силы P_z должен быть уравновешен моментами сил трения заготовки о торец оправки и гайку: $M_1=M_2$. Поскольку в условии задачи ничего не сказано про характер контакта и распределения сил от гайки и торца оправки на заготовку, то с учетом, что контакт происходит по узкой полосе $R-r=25-15=10$ мм, то обоснованно будет предположение, что итоговую силу трения можно приложить на окружности радиусом $r+(R-r)/2=(r+R)/2=20$ мм.

Тогда: $P_z \cdot D/2 = F \cdot f_1 \cdot (R+r)/2 + F \cdot f_2 \cdot (R+r)/2$, отсюда находим F :

$$F = \frac{0,5 P_z D}{(f_1 + f_2) \left[\frac{R+r}{2} \right]} = \frac{0,5 \cdot 500 \cdot 0,052}{(0,5 + 0,3) \left[\frac{0,025 + 0,015}{2} \right]} = 812,5 \text{ Н.}$$

Ответ: 812,5 Н.

Задача № 3 (20 баллов)

На фрезерном станке концевой фрезой обрабатывается деталь 3D-принтера, имеющая углубление в виде правильного восьмиугольника (рис. 4). Траектория фрезы представляет собой пять правильных восьмиугольников без скруглений (рис. 5). Диаметр описанной окружности траектории (1) равен $d_1=50$ мм, траектории (2) – $d_2=40$ мм, траектории (3) – $d_3=30$ мм, траектории (4) – $d_4=20$ мм, траектории (5) – $d_5=10$ мм соответственно. Определить **время** (сек.) прохождения фрезы по всем пяти траекториям, если известно, что линейная скорость перемещения фрезы составляет $V=0,01$ м/с. Временем на переход между траекториями пренебречь.

Решение.

Длина траектории (1) равна периметру восьмиугольника (1): $L_1=16d_1/2 \sin(\pi/8)=16 \cdot 40 \cdot \sin(3,14/8)=245,12$ мм; длина траектории (2) равна $L_2=16d_2/2$

$\sin(\pi/8)=16 \cdot 30 \cdot \sin(3,14/8)=183,84$ мм; длина траектории (3) равна $L_3=16d_3/2$
 $\sin(\pi/8)=16 \cdot 20 \cdot \sin(3,14/8)=122,56$ мм; длина траектории (4) равна $L_4=16d_4/2$
 $\sin(\pi/8)=16 \cdot 10 \cdot \sin(3,14/8)=61,28$ мм; $L_5=16d_5/2\sin(\pi/8)=16 \cdot 5 \cdot 0,383=30,64$.
 Суммарная длина всех траекторий равна
 $L=L_1+L_2+L_3+L_4+L_5=245,12+183,84+122,56+61,28+30,64=643,44$ мм.
 Искомое время обработки составит $t=L/V=0,64344/0,01=64,34$ с.
Ответ: 64,34 с.

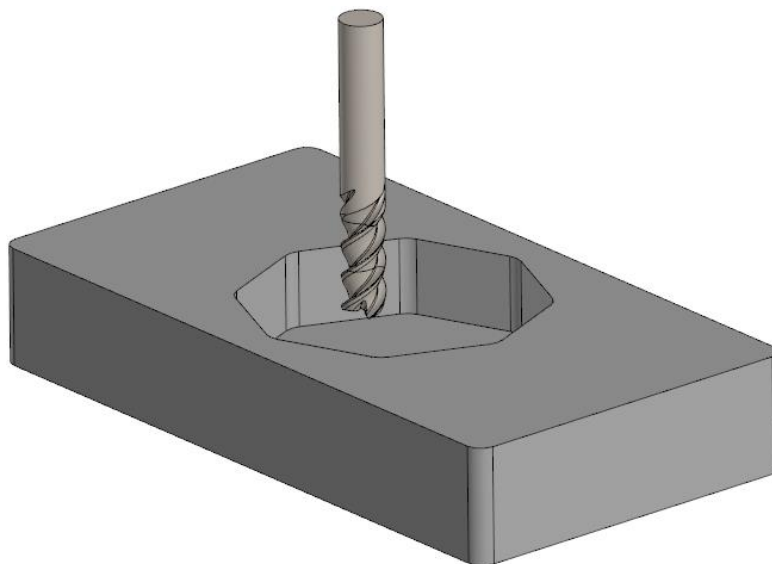


Рис. 4

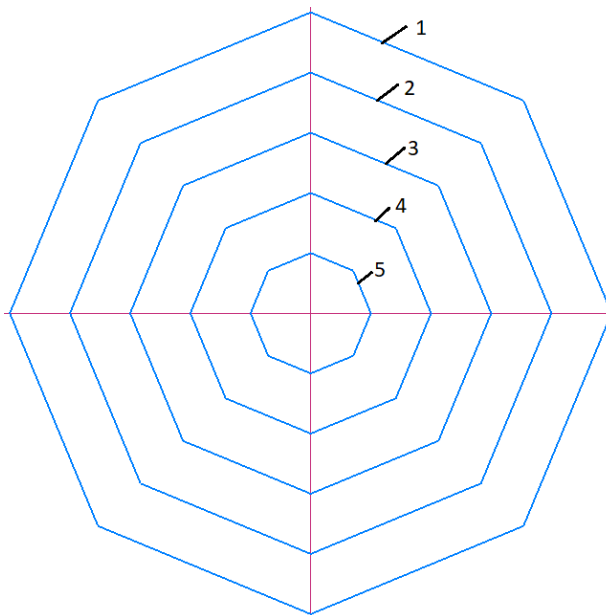


Рис. 5

Задача № 4 (30 баллов)

Рука сварочного робота представляет собой двухзвенный механизм, работающий в плоскости XY. Точка робота A находится в позиции с координатами (18; 59). Определить обобщенные координаты звеньев робота φ_1 , φ_2 , необходимые для обеспечения данного положения.

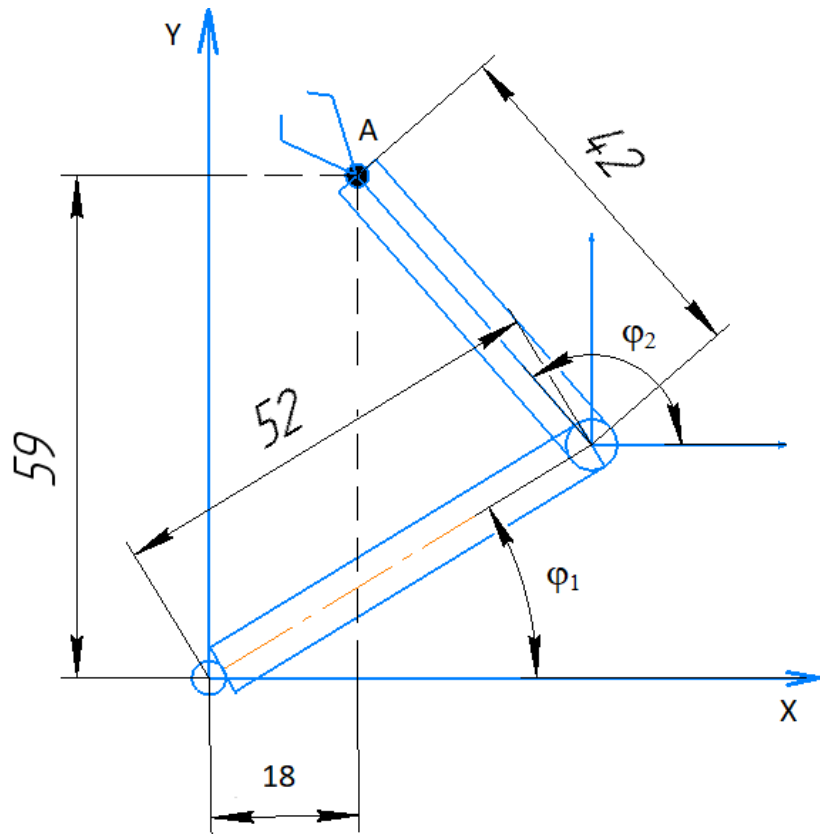


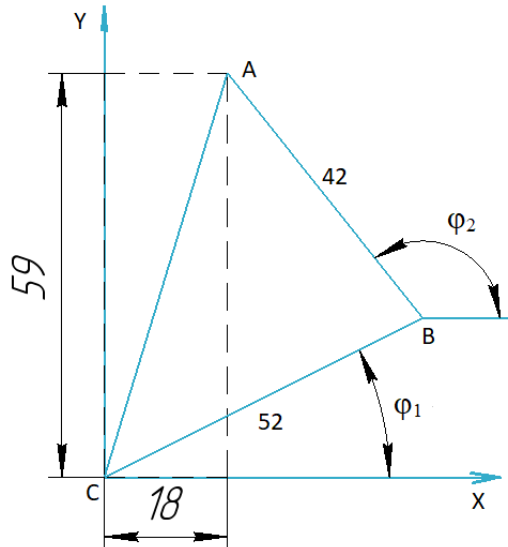
Рис. 6

Решение.

Решение можно найти из расчетной схемы (см. рис. ниже). Рассмотрим треугольник ABC. $AC = \sqrt{18^2 + 59^2} \approx 61,68$. $\cos(\angle ACB) = (AC^2 + BC^2 - AB^2) / (2 \cdot BC \cdot AC) = (61,68^2 + 52^2 - 42^2) / (2 \cdot 61,68 \cdot 52) = 0,7397$; угол $\angle ACB = \arccos(0,7397) = 42,29^\circ$. $\text{tg}(\angle ACX) = 59/18$; Угол $\angle ACX = \arctg(59/18) \approx 73^\circ$; искомый угол $\varphi_1 = \angle ACX - \angle ACB = 73^\circ - 42,29^\circ = 30,71^\circ$.

$\cos(\angle ABC) = (AB^2 + BC^2 - AC^2) / (2 \cdot AB \cdot BC) = (42^2 + 52^2 - 61,68^2) / (2 \cdot 42 \cdot 52) = 0,15178$; Угол $\angle ABC = \arccos(0,15178) = 81,27^\circ$. Искомый угол $\varphi_2 = 180^\circ - (\angle ABC - \varphi_1) = 180 - (81,27^\circ - 30,71^\circ) = 129,44^\circ$.

Ответ: $\varphi_1 = 30,71^\circ$; $\varphi_2 = 129,44^\circ$.



Задача № 5 (35 баллов)

Для участка сборки инженер получил чертеж *детали* 3D-принтера, которая без размеров изображена четырьмя проекциями, приведенными на рис. 7. Четыре проекции – это изображение четырех видов конструкции: спереди, сверху, слева и снизу. Нарисуйте **сечение** этой детали плоскостью А-А, параллельной виду спереди и проходящей строго перпендикулярно детали. Для пояснения приведенных выше понятий на рис. 8 («Пример для пояснения») даны все виды и разрезы применительно к другой детали. На **сечении** рисуются только те кромки детали, которые лежат в секущей плоскости.

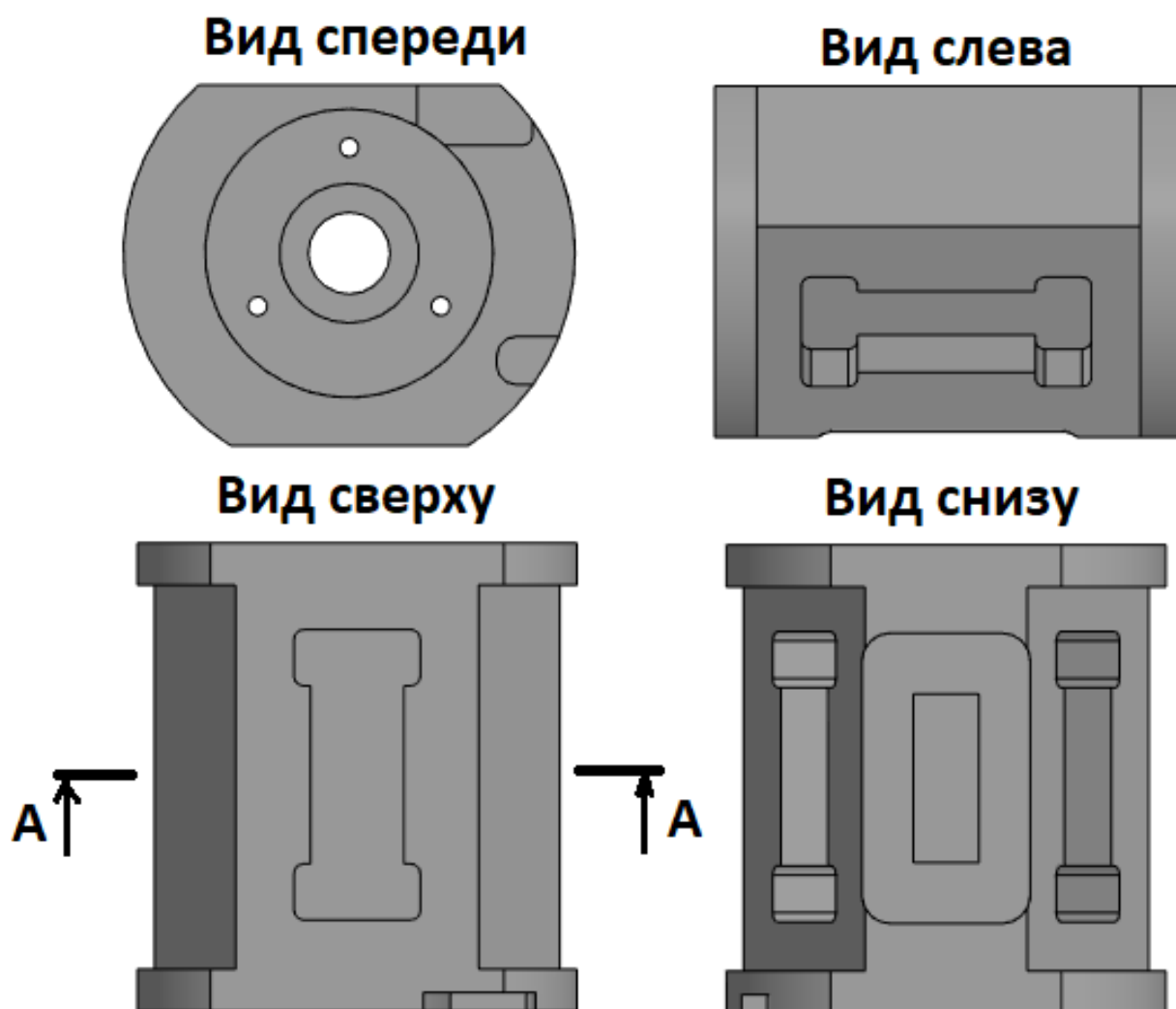


Рис. 7

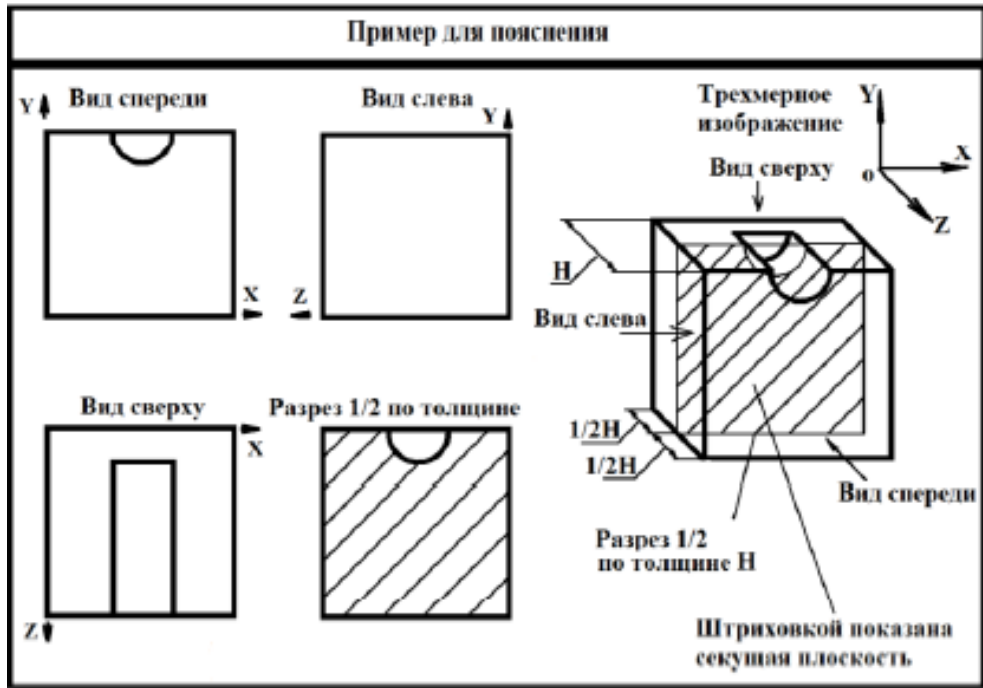


Рис. 8

Решение.

Искомое сечение представлено на рис. 9.

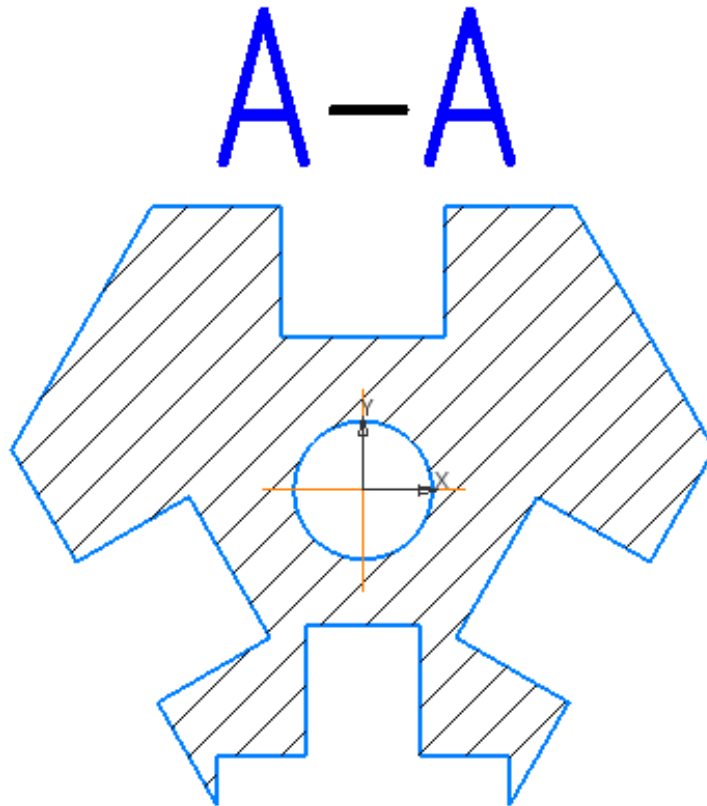


Рис. 9