



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 (см. рисунок 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 (рис. 2). Зажим заготовки осуществляется путем ее прижима с помощью рычага (2) к опоре (3). 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 $A=112$ мм и $B=42$ мм показаны на рис. 2. Требуется определить, какая сила F будет приложена к заготовке, если известен диаметр поршня пневмоцилиндра $D=50$ мм, диаметр штока $d=20$ мм, а давление воздуха в пневмоцилиндре составляет $p=0,6$ МПа. КПД рычажного механизма $\eta=0,95$.

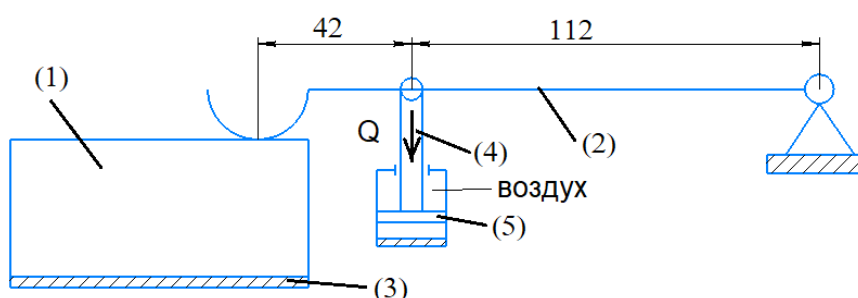


Рис. 2.

Решение: Сила на штоке $Q = pS = p \cdot \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = 600000 \cdot \frac{3,14 \cdot (0,05^2 - 0,02^2)}{4} = 659,4$ Н. Сила прижима заготовки $W = Q \cdot \frac{112}{112 + 42} \eta = 659,4 \cdot 0,73 \cdot 0,95 \approx 457,3$ Н.

Ответ 457,3 Н.

Задача № 2

Методом лазерного осаждения металла (LMD) изготавливается винтовая поверхность (рис. 3), представляющая собой выступы трапециевидального сечения, с основаниями 1 и 4 мм (рис. 4) на цилиндре диаметром $d=30$ 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 $\rho=7,85$ г/см³).

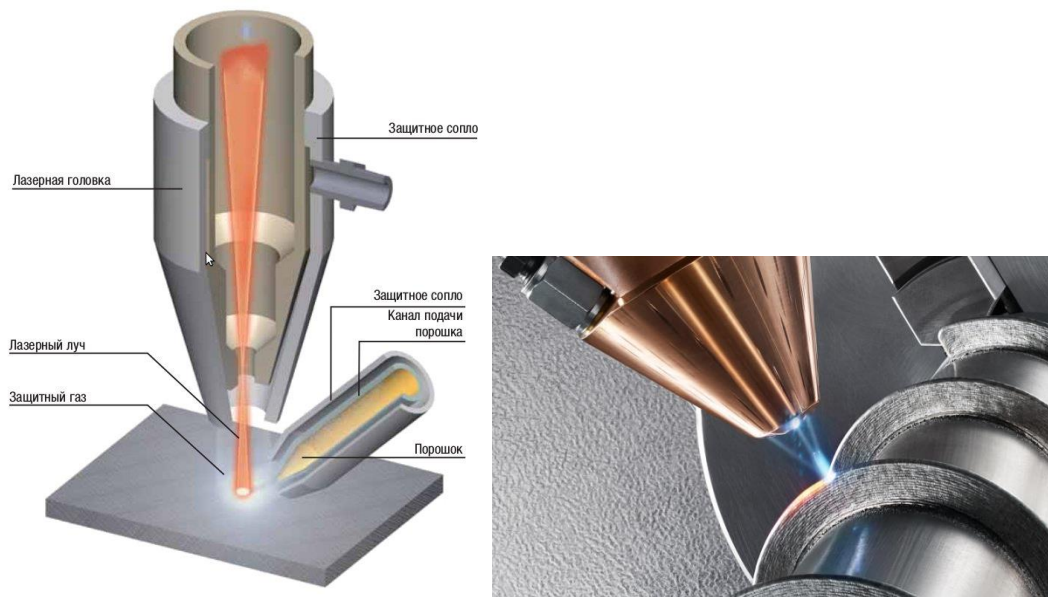


Рис. 3

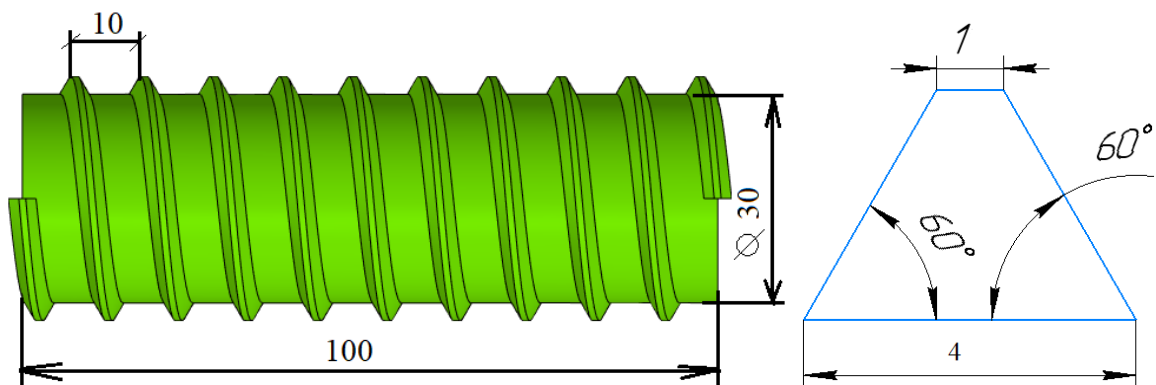


Рис. 4

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 $S = 0,5h(0,1 + 0,4) = 0,25h$. Высота трапеции равна $h = 0,15 \cdot \text{tg}(60^\circ) = 0,15 \cdot 1,73 = 0,2595$ см.

$S = 0,25 \cdot 0,2595 \approx 0,065$ см².

$V = L \cdot S = 95 \cdot 0,065 = 6,175$ см³.

$M = 7,85 \cdot 6,175 \approx 48,5$ г.

Ответ: 48,5 г.

Задача № 3

На вертикальном обрабатывающем центре с числовым программным управлением концевой фрезой (1) диаметром 40 мм фрезеруется композитная деталь (2) для крышки привода КИМ, представляющая собой в плане прямоугольник с правильной шестиугольной выемкой со скругленными углами, радиус скругления 20 мм (рис. 5). Параметры скругления: длина хорды 20 мм, высота стрелы сегмента 2,68 мм. Фреза последовательно проходит по траекториям (1), (2), (3), (4). На траектории (1) скруглений нет. Траектория (1) представляет из себя правильный шестиугольник с диаметром вписанной окружности $d_1=52$ мм. Траектория (2) – правильный шестиугольник с диаметром вписанной окружности $d_2=120$ мм. Траектория (3) – правильный шестиугольник с диаметром вписанной окружности $d_3=190$ мм. Траектория (4) – правильный шестиугольник с диаметром вписанной окружности $d_4=262$ 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.

Решение: Длина дуги скругления (по стрелке 2,68 мм и хорде 20 мм сегмента)

равна $L = \sqrt{20^2 + \frac{16}{3} \cdot 2,68^2} = 20,935$ мм.

Периметр траектории (1) (правильного шестиугольника без скруглений) равен

$$P_1 = 6 \frac{d_1}{\sqrt{3}} = \mathbf{180,35} \text{ мм.}$$

Периметр второго шестиугольника (с учетом скруглений) равен $P_2 = 6 \frac{d_2}{\sqrt{3}} - 6 \cdot (2 \cdot 10 / \sin(60^\circ)) + 6 \cdot L = 416,185 - 137,928 + 125,61 = \mathbf{403,867}$ мм.

Периметр третьего шестиугольника (с учетом скруглений) равен $P_3 = 6 \frac{d_3}{\sqrt{3}} - 6 \cdot (2 \cdot 10 / \sin(60^\circ)) + 6 \cdot L = 658,98 - 137,928 + 125,61 = \mathbf{646,662}$ мм.

Периметр четвертого шестиугольника (с учетом скруглений) равен $P_4 = 6 \frac{d_4}{\sqrt{3}} - 6 \cdot (2 \cdot 10 / \sin(60^\circ)) + 6 \cdot L = 908,67 - 137,928 + 125,61 = \mathbf{896,352}$ мм.

Суммарная длина всех траекторий равна $S = 180,35 + 403,867 + 646,662 + 896,352 = 2127,231$ мм.

Искомое время равно $t = S/V = 2127,231/10 = 212,7231 \approx 212,72$ с.

Ответ: 212,72 с.

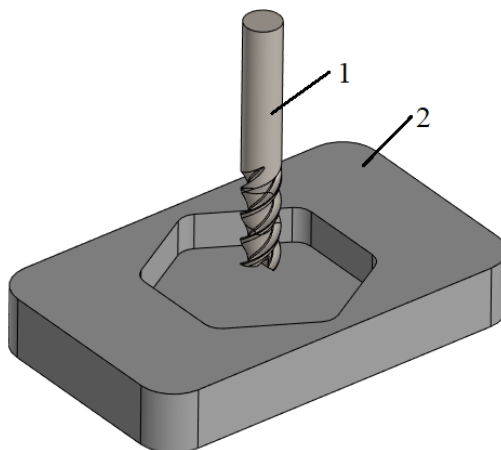
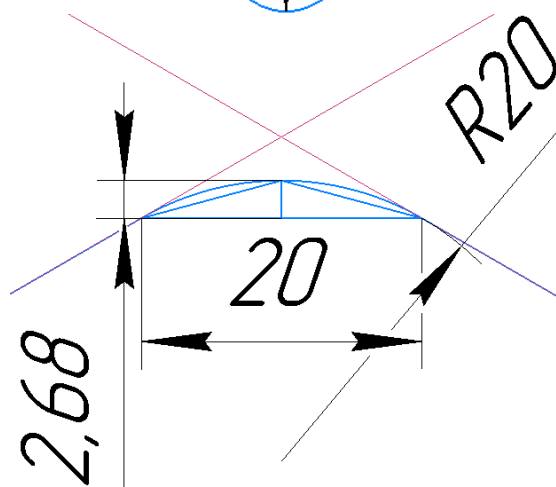
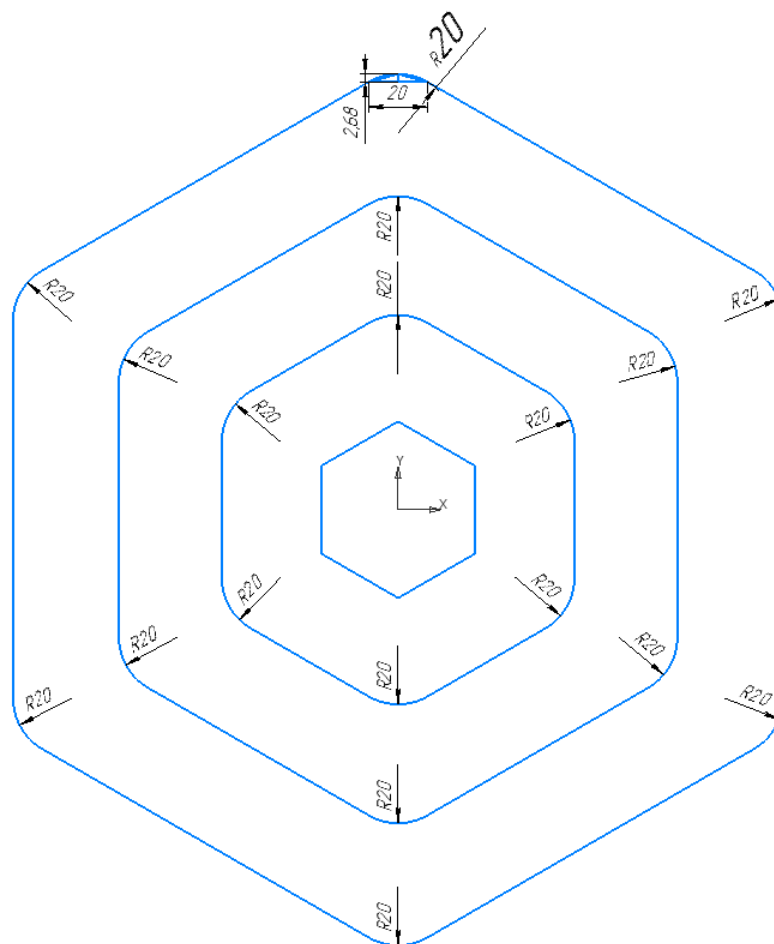


Рис. 5

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 в корпус (5). Коэффициент трения между клином и корпусом равен $f_1=0,1$; коэффициент трения между плунжером и корпусом равен $f_2=0,2$; коэффициент трения между клином и плунжером равен $f_3=0,15$. Определить силу зажима F , действующую со стороны плунжера на заготовку, если известно, что сила привода $Q=100$ Н. КПД механизма $\eta=0,54$.

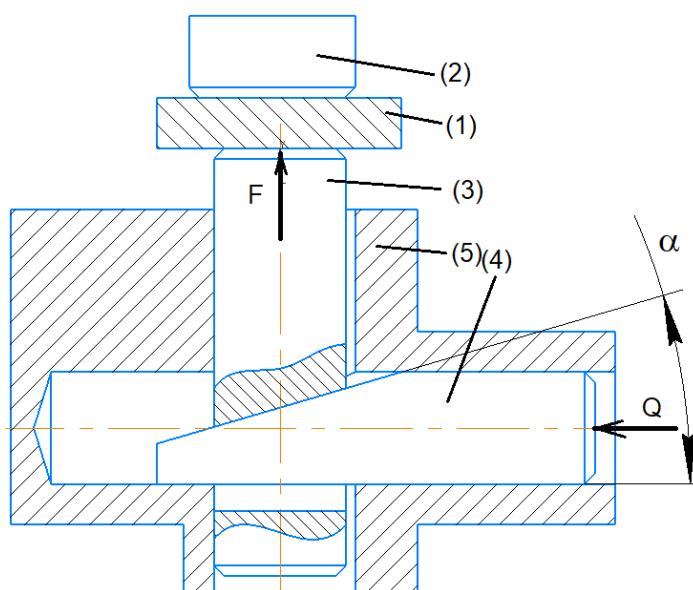


Рис. 6

Решение.

Расчетная схема показана на 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: $F = F_1 - F_2$.

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

$$F = \frac{Q(1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1)\operatorname{tg}\varphi_2)}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_3) + \operatorname{tg}\varphi_1} \cdot \eta = \frac{100(1 - \operatorname{tg}(15^\circ + 5.71^\circ)\operatorname{tg}(11.3^\circ))}{\operatorname{tg}(15^\circ + 8.53^\circ) + \operatorname{tg}(5.71^\circ)} \cdot 0,54 = 271,8 \cdot 0,54 \approx 146,8 \text{ Н.}$$

Ответ: 146,8 Н.

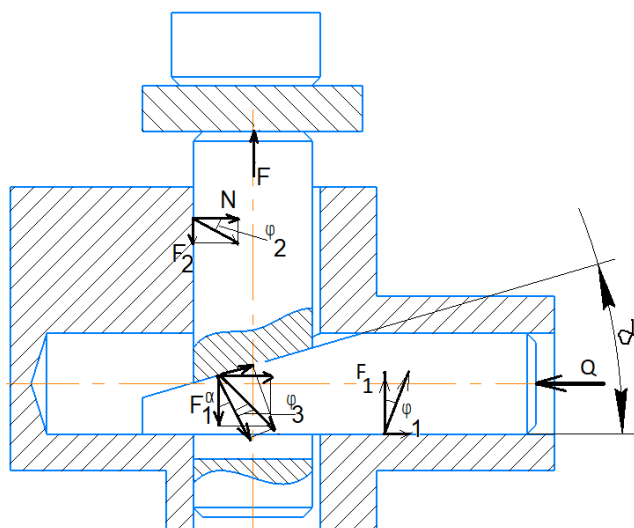


Рис. 7

Задача № 5

Для участка сборки инженер получил чертеж одной из деталей контрольно-измерительной машины, которая без размеров изображена тремя проекциями, приведенными на рисунке 7. Три проекции – это изображение трех видов конструкции: спереди (взгляд по оси Z), слева (по оси X) и сверху (по оси Y). Нарисуйте **разрез** этой конструкции плоскостью, параллельной виду слева (плоскость, параллельная Yoz) 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 разрезе рисуются все кромки детали, которые попали в секущую плоскость и которые видны за ней.

Оценка за верный ответ 35 баллов.

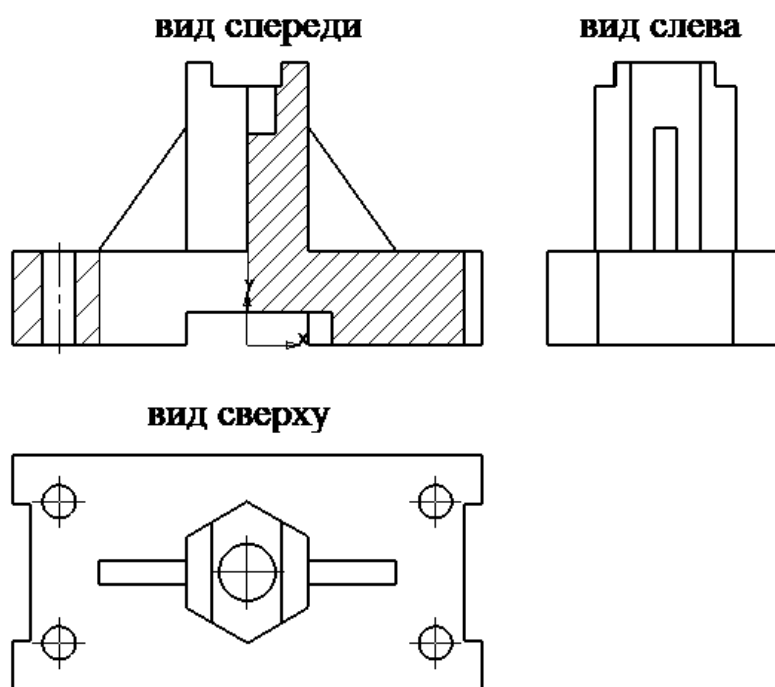


Рис. 8

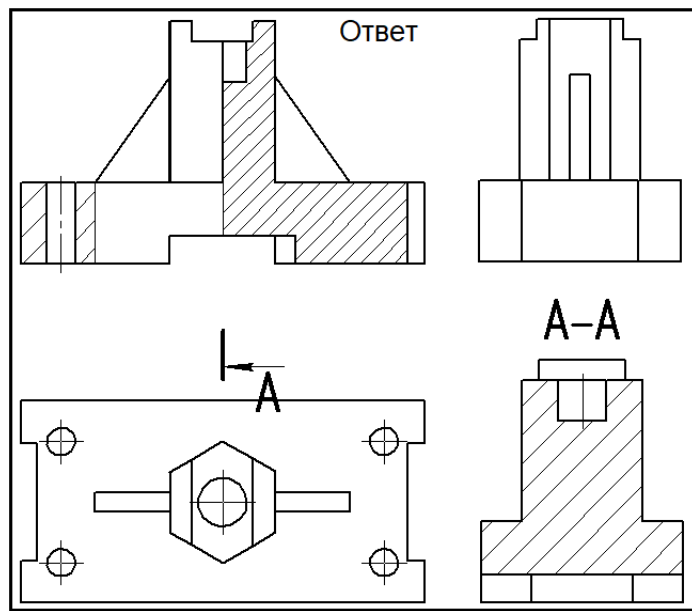


Рис. 9