



Проектная задача (включает в себя 5 частных подзадач)

Выпускник университета решил организовать собственное малое инновационное предприятие. Взяв кредит в банке, он купил производственную систему для изготовления малогабаритных роботов (рис. 1). Такой робот оснащен несущей системой, приводами, линейными измерительными преобразователями (энкодерами), компьютерной системой управления. В цехе предприятия было установлено следующее оборудование: токарный и фрезерный обрабатывающие центры с ЧПУ, сварочный робот, станок аддитивного производства. В процессе изготовления различных деталей молодой инженер столкнулся с рядом производственных задач, представленных ниже.

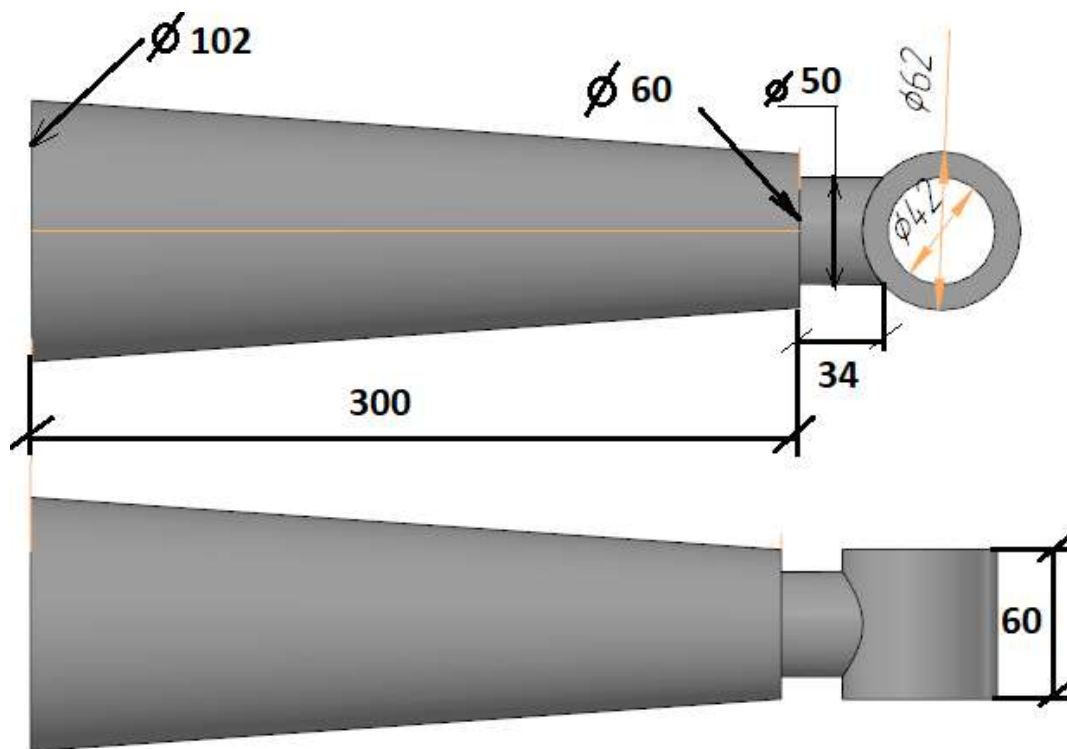


Рис. 1

Задача №1

На станке аддитивного производства (3D-принтере) изготавливается пластиковая модель детали робота в натуральную величину (рис. 2, размеры в миллиметрах). Требуется определить длину пластиковой проволоки диаметром $d=2$ мм, необходимую для изготовления такой детали.

Оценка за верный ответ 5 баллов.



Решение.

Деталь состоит из трех тел, усеченного конуса и двух цилиндров, один из которых с отверстием. Объем усеченного конуса равен $\frac{1}{3} \cdot 300 \cdot 3,14 \cdot (51^2 + 30^2 + 51 \cdot 30) = 1579734 \text{ мм}^3$. Объем цилиндра высотой 34 мм равен $34 \cdot 3,14 \cdot 25^2 = 66725 \text{ мм}^3$. Объем полого цилиндра равен $60 \cdot 3,14 \cdot 31^2 - 60 \cdot 3,14 \cdot 21^2 = 97968 \text{ мм}^3$. Суммарный объем 1744430 мм^3 . Длина проволоки равна $1744430 / (3,14 \cdot 1^2) = 555550 \text{ мм} = 555,55 \text{ м}$.

Ответ: 555,55 м.

Задача №2

На фрезерном станке фрезеруется деталь (1), которая закрепляется в зажимном приспособлении при помощи пневмопривода. Пневмопривод состоит из пневмокамеры (2) одностороннего действия с *плоской резиновой диафрагмой*, рычага (3), рычага (4) и тяги (5). Требуется определить, какая сила W будет приложена к детали, если диаметр диафрагмы пневмокамеры равен $D=125 \text{ мм}$, диаметр опорной шайбы $d=88 \text{ мм}$, КПД всего привода $\eta=0,9$; жесткость пружины $k=10000 \text{ Н/м}$, ход тяги равен $x=0,3D$. Длины плеч рычагов: $L=50 \text{ мм}$; $L_1=70 \text{ мм}$; $L_2=70 \text{ мм}$; $L_3=50 \text{ мм}$. Давление воздуха в системе $0,4 \text{ МПа}$. Остальные параметры приведены на рис. 3.

Оценка за правильный ответ 10 баллов.

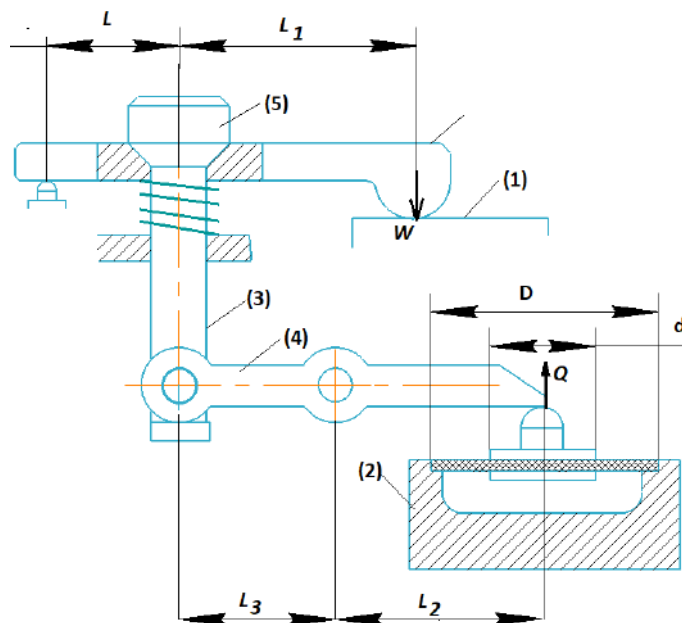


Рис. 3

Решение.

Эффективное усилие на штоке пневмокамеры определяется диаметром опорной шайбы и рабочим давлением воздуха: $Q = p \cdot \pi \cdot d^2 / 4 = 400000 \cdot 3,14 \cdot 0,088^2 / 4 \approx 2432$ Н. Усилие пружины $F = k \cdot x = 10000 \cdot 0,0375 = 375$ Н.

Усилие зажима W определяется усилием Q и передаточным отношением исполнительного механизма: $W = Q \cdot L_2 / L_3 \cdot L / (L + L_1) \cdot \eta$
 $F = 2432 \cdot (0,07 / 0,05) \cdot (0,05 / 0,05 + 0,07) \cdot 0,9 - 375 \approx 901,8$ Н.

Ответ: 901,8 Н.

Задача №3

По ленте конвейера шириной $b = 500$ мм движутся изделия, имеющие форму прямоугольных коробок размерами 200×100 мм (схд). Робот проверяет изделия и некачественные сбрасывает в контейнер через окно шириной $h = 300$ мм. Какую мощность должен иметь привод толкателя робота? Скорость конвейера $v = 1$ м/с, масса изделия $m = 2$ кг, коэффициент трения между изделием и лентой конвейера $f = 0,15$, расстояние между изделиями $l = 300$ мм.

Оценка за правильный ответ 20 баллов.

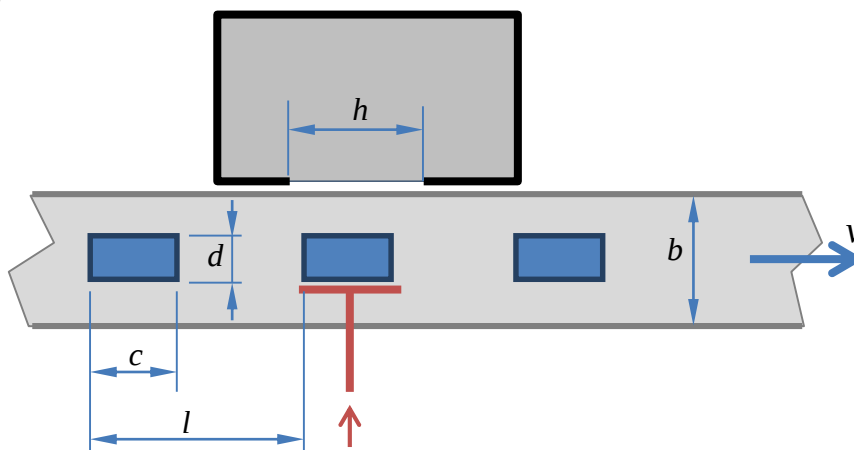


Рис. 4

Решение.

За время t , пока край детали не достигнет края окна контейнера деталь нужно сдвинуть на ширину ленты b . $t=(h-c)/v=(0,3-0,2)/1=0,1$ с. Сделать это нужно, преодолевая силу трения $F_{тр}=fmg=0,15*2*10=3$ Н и силу инерции детали $F=ma$. Если считать движение детали равноускоренным, то $a=2b/t^2=2*0,5/0,1^2=100$ м/с². Суммарная сила $F_{тр} + F$ совершает работу на перемещении b за время t . Требуемая мощность $N \geq (F_{тр} + F)b/t=(3+2*100)*0,5/0,1=1015$ Вт.

Ответ: 1015 Вт

Задача №4

Для участка сборки инженер получил чертеж одной из *деталей* режущего инструмента, которая без размеров изображена тремя проекциями, приведенными на рис. 5. Три проекции – это изображение трех видов конструкции: спереди, сверху, слева. Нарисуйте **разрез** этой детали плоскостью А-А. Для пояснения приведенных выше понятий на рис. 6 («Пример для пояснения») даны все виды и разрез применительно к другой детали. На **разрезе** рисуются все кромки детали, которые попали в секущую плоскость и те, которые видны за ней.

Оценка за верный ответ 30 баллов.

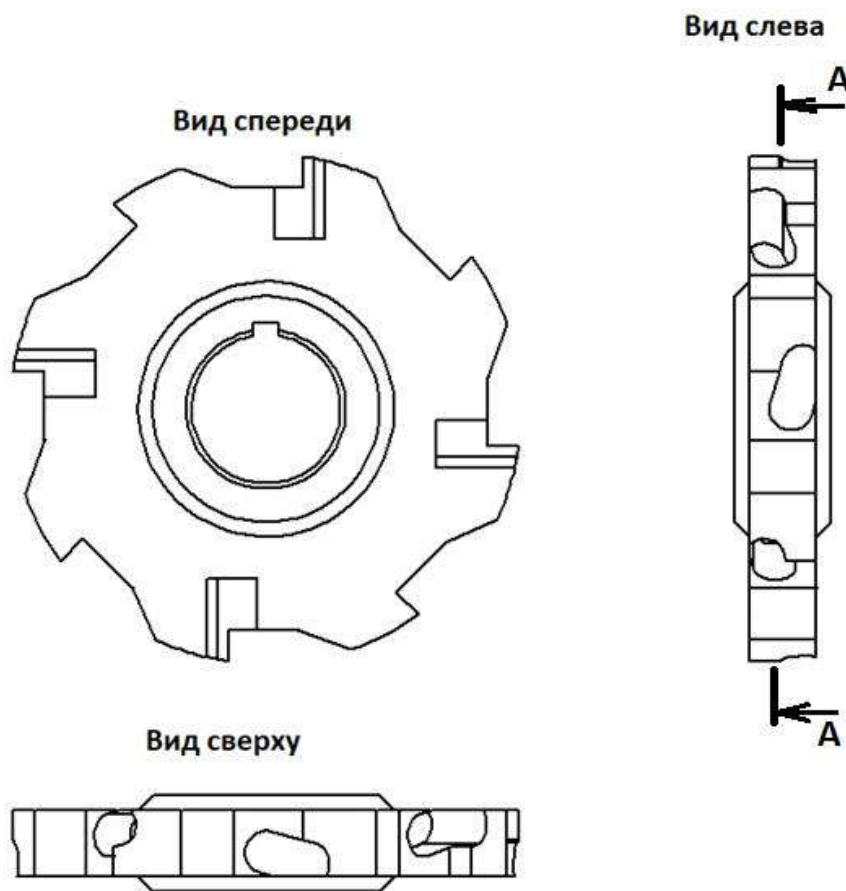


Рис. 5

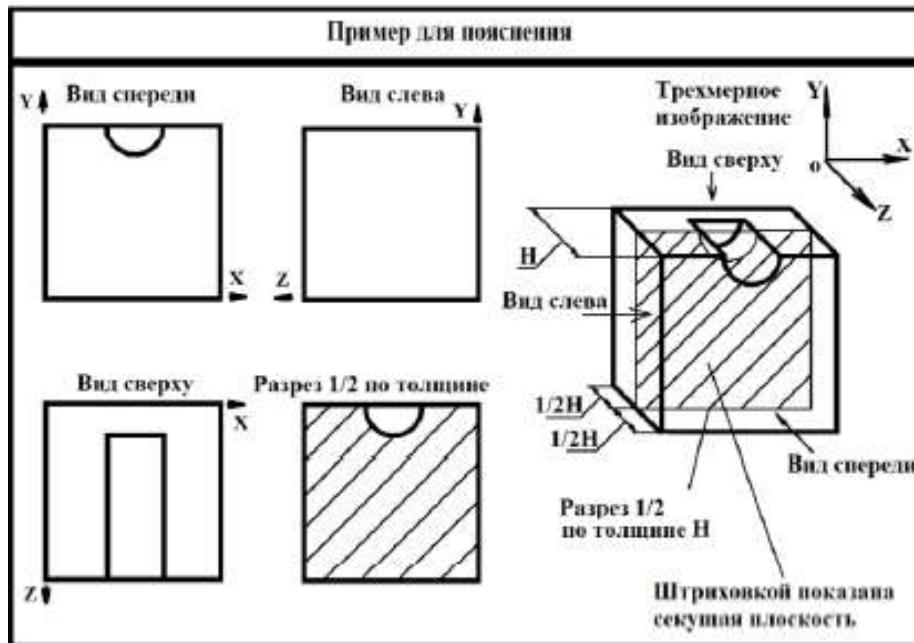
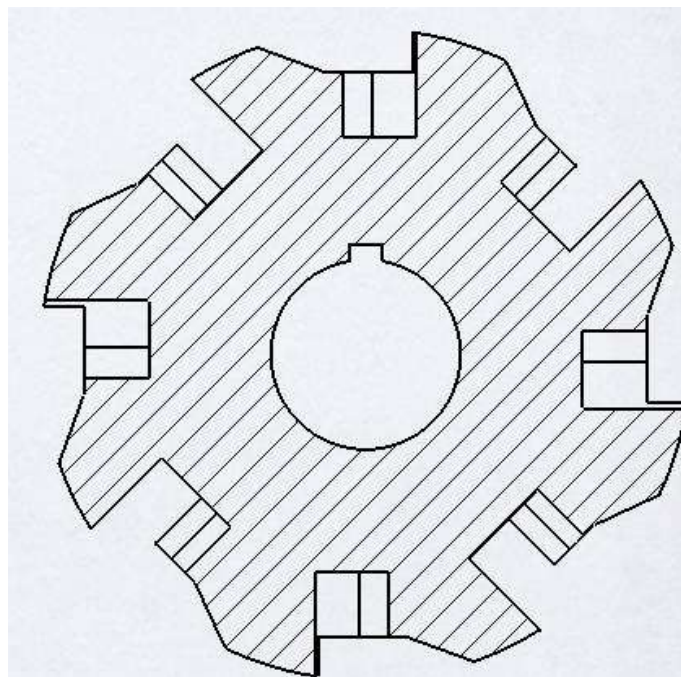


Рис. 6

Ответ:



Задача №5

На участке обработки деталей возникла проблема отказа конструктивных элементов режущего инструмента (рис 7). Высокие механические напряжения служили причиной разрушения режущей пластины токарного проходного резца, так как момент затяжки винта был чрезмерным. Сменная режущая пластина токарного проходного резца (6) крепится в корпусе резца с помощью прихвата (4) с силовым замыканием на опорную и боковую поверхности. Прихват имеет выступ в виде срезанного цилиндра, которым он устанавливается в отверстие пластины. Противоположная опора прихвата (4) опирается на скос корпуса резца. При затягивании винта (5) прихват воздействует на пластину сверху, прижимая ее к опорной пластине (1), прикрепленной штифтом (2) к боковым граням гнезда. Упрощенная плоская расчетная схема представлена на рис. 8. На пластину

действует сила резания P_1 , которая стремится опрокинуть пластину относительно точки А. Рассматривая пластину как рычаг, качающийся относительно точки А, требуется определить минимальную силу закрепления P_2 , действующую со стороны винта на пластину, если известна сила резания $P_1=500$ Н, а размеры плеч приложенных сил относительно точек А и В равны:

- $a = 3,97$ мм;
- $b = 1,985$ мм;
- $c = 2,64$ мм;
- $d = 5,8$ мм;
- $e = 0,1$ мм;
- $f = 0,16$ (коэффициент трения)
- $g = 12,83$ мм;
- $h = 17,09$ мм.

Коэффициент трения между пластиной и винтом равен $f = 0,16$.



Рис. 7

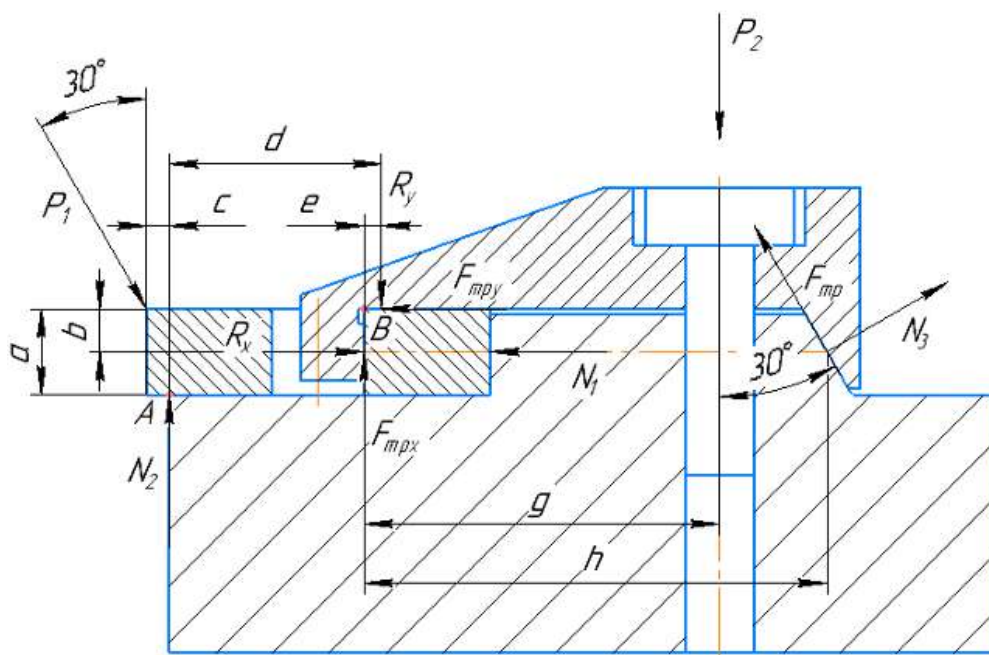


Рис. 8 – Расчетная схема для определения минимальной силы закрепления: P_1 – сила резания; P_2 – сила закрепления; N_1 и N_2 – силы реакций в месте контакта пластины и державки резца; N_3 – сила реакции в месте контакта прихвата и державки резца; a, b, c, d, e, g, h – плечи сил

Оценка за правильный ответ 35 баллов.

Решение.

Минимальной силой закрепления будет та сила, при которой конструкция будет находиться в статическом равновесии. Плечи действия сил известны из конструктивных параметров узла установки СМП, величина и направление сил резания определяется исходя из параметров обработки. Так как для одного тела под действием плоской системы сил можно составить только три независимых уравнения равновесия, а в данном случае неизвестных сил больше трех, то для их определения необходимо рассматривать равновесие каждой части составной конструкции в отдельности. Для этого разобьем систему на два тела в месте контакта пластины и рычага, а внешние связи заменим их реакциями (рис. 9 и 10).

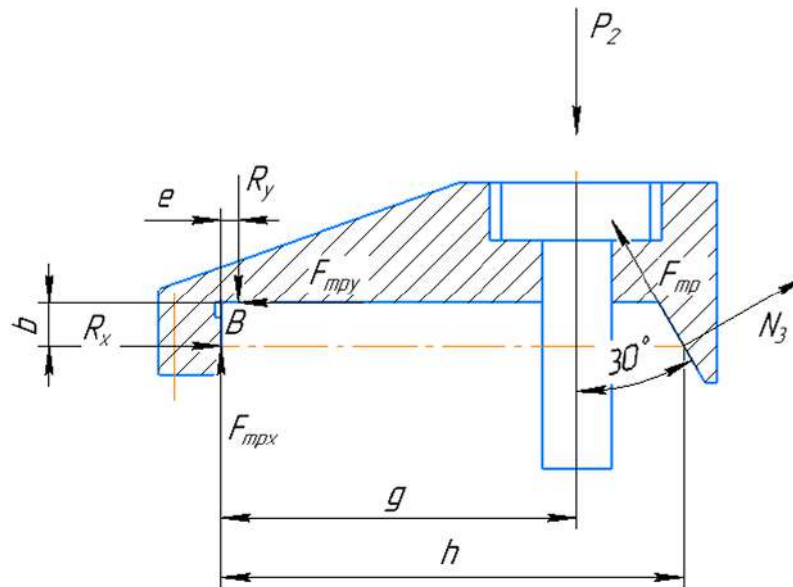


Рис. 9

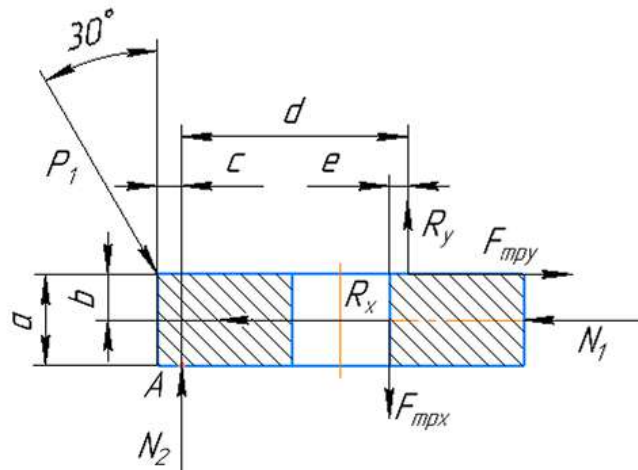


Рис. 10

Запишем систему уравнений, описывающих статическое равновесие подсистемы 1:

$$\begin{cases} \sum F_x = R_x - F_{тпу} + N_3 \cdot \cos 30^\circ - F_{тп} \cdot \sin 30^\circ = 0 & (1) \\ \sum F_y = F_{тп} \cdot \cos 30^\circ + N_3 \cdot \sin 30^\circ - P_2 - R_y + F_{тпх} = 0 & (2) \\ \sum M_B = R_x \cdot b - R_y \cdot e - P_2 \cdot g + N_3 \cdot \cos 30^\circ \cdot b - F_{тп} \cdot \sin 30^\circ \cdot b + N_3 \cdot \sin 30^\circ \cdot h + F_{тп} \cdot \cos 30^\circ \cdot h = 0 & (3) \end{cases}$$

Запишем систему уравнений, описывающих статическое равновесие подсистемы 2:

$$\begin{cases} \sum F_x = P_1 \cdot \cos 30^\circ - R_x + F_{\text{тpy}} - N_2 = 0 & (4) \\ \sum F_y = R_y - F_{\text{тpx}} + N_1 - P_1 \cdot \sin 30^\circ = 0 & (5) \\ \sum M_A = P_1 \cdot \sin 30^\circ \cdot c - P_1 \cdot \cos 30^\circ \cdot a + N_2 \cdot b \\ + R_y \cdot d - F_{\text{тpy}} \cdot a + R_x \cdot (a - b) - F_{\text{тpx}} \cdot (d - e) = 0 & (6) \end{cases}$$

Поскольку $F_{\text{тp}} = f \cdot N$, то $F_{\text{тpx}} = f \cdot R_x$; $F_{\text{тpy}} = f \cdot R_y$; $F_{\text{тp}} = f \cdot N_3$;

Преобразуем уравнение (5): $N_1 = P_1 \cdot \sin 30^\circ - R_y + f \cdot R_x$.

Преобразуем уравнение (6):

$$N_2 = \frac{P_1 \cdot (\cos 30^\circ \cdot a - \sin 30^\circ \cdot c) - R_y \cdot (d + f \cdot a) - R_x \cdot ((a - b) - f \cdot (d - e))}{b};$$

Преобразуем уравнение (4):

$$R_x = \frac{P_1 \cdot (\cos 30^\circ \cdot (a - b) + \sin 30^\circ \cdot c) + R_y \cdot (d - f \cdot a - f \cdot b)}{((a - b) - f \cdot (d - e))};$$

Преобразуем уравнение (3):

$$= \frac{(P_1 \cdot (\cos 30^\circ \cdot (a - b) + \sin 30^\circ \cdot c) + R_y \cdot (d - f \cdot a - f \cdot b)) \cdot b}{((a - b) - f \cdot (d - e)) \cdot (f \cdot \sin 30^\circ \cdot b - \cos 30^\circ \cdot b - f \cdot \cos 30^\circ \cdot h - \sin 30^\circ \cdot h)}$$

$$N_3 = - \frac{(R_y \cdot e + P_2 \cdot g) \cdot ((a - b) - f \cdot (d - e))}{((a - b) - f \cdot (d - e)) \cdot (f \cdot \sin 30^\circ \cdot b - \cos 30^\circ \cdot b - f \cdot \cos 30^\circ \cdot h - \sin 30^\circ \cdot h)};$$

Преобразуем уравнение (1):

$R_y =$

$$P_1 \cdot \left(\frac{(\cos 30^\circ \cdot (a - b) + \sin 30^\circ \cdot c) \cdot b \cdot (f \cdot \sin 30^\circ - \cos 30^\circ)}{f \cdot ((a - b) - f \cdot (d - e)) \cdot (f \cdot \sin 30^\circ \cdot b - \cos 30^\circ \cdot b - f \cdot \cos 30^\circ \cdot h - \sin 30^\circ \cdot h)} - \frac{(\cos 30^\circ \cdot (a - b) + \sin 30^\circ \cdot c)}{f \cdot ((a - b) - f \cdot (d - e))} \right) \\ 1 + \frac{(d - f \cdot a - f \cdot b)}{f \cdot ((a - b) - f \cdot (d - e))} - \frac{(d - f \cdot a - f \cdot b) \cdot b \cdot (f \cdot \sin 30^\circ - \cos 30^\circ)}{f \cdot ((a - b) - f \cdot (d - e)) \cdot (f \cdot \sin 30^\circ \cdot b - \cos 30^\circ \cdot b - f \cdot \cos 30^\circ \cdot h - \sin 30^\circ \cdot h)} ;$$

Подставив уравнения (3) и (1) в (2) и сделав необходимые сокращения получим окончательное выражение для силы P_2 :

$$P_2 = \frac{P_1 \cdot \left(\frac{(\cos 30^\circ \cdot (a - b) + \sin 30^\circ \cdot c) \cdot b \cdot (f \cdot \sin 30^\circ - \cos 30^\circ)}{f \cdot ((a - b) - f \cdot (d - e)) \cdot (f \cdot \sin 30^\circ \cdot b - \cos 30^\circ \cdot b - f \cdot \cos 30^\circ \cdot h - \sin 30^\circ \cdot h)} - \frac{(\cos 30^\circ \cdot (a - b) + \sin 30^\circ \cdot c)}{f \cdot ((a - b) - f \cdot (d - e))} \right)}{1 + \frac{(d - f \cdot a - f \cdot b)}{f \cdot ((a - b) - f \cdot (d - e))} - \frac{(d - f \cdot a - f \cdot b) \cdot b \cdot (f \cdot \sin 30^\circ - \cos 30^\circ)}{f \cdot ((a - b) - f \cdot (d - e)) \cdot (f \cdot \sin 30^\circ \cdot b - \cos 30^\circ \cdot b - f \cdot \cos 30^\circ \cdot h - \sin 30^\circ \cdot h)}} ;$$

Подставив в это выражение исходные данные найдем:

$P_2 = 115,2 \text{ Н}$.

Ответ: 115,2 Н.