УДК 621.8.033

ОЦЕНКА ПОТРЕБНОГО КОЛИЧЕСТВА ГАЗА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДЪЕМА СТРЕЛЫ С ПОМОЩЬЮ ГАЗОВОГО ЦИЛИНДРА

к.т.н. А.А. Пьянков, к.т.н. А.И. Пискачев
(представил д.т.н., проф. И.М. Приходько)

Разработана методики расчета потребного количества газа в газовом баллоне при питании им пневматического цилиндра механизма подъема стрелы. Учитывается особенность нагрузки, действующей на пневматический цилиндр.

Подъем стрелы осуществляется с помощью газового цилиндра. Нагрузкой цилиндра является нагрузка от массовых сил стрелы с поднимаемым грузом. Характерной особенностью такой системы является существенная зависимость потребной силы газового цилиндра от угла подъема системы. Максимальное усилие на цилиндре возникает в начале, а минимальное – в конце подъема. Величина минимального усилия может быть даже отрицательной, т.е. в цилиндре появляются растягивающие усилия.

Для обеспечения подъема стрелы используется привод подъема в виде гидравлического или газового цилиндра. Схема механизма подъема представлена на рис.1.

Рис. 1. Схема механизма подъема

В зависимости от местоположения гидродомкрата будут изменяться как силовые, так и геометрические параметры системы подъема.

Кинематический анализ механизма подъема. Параметры механизма подъема связаны соотношениями:

$$a2 = (b^2 + b1^2)^{1/2};$$
$$\varphi 0 = arctg(b1/b);$$
$$l = (a1^2 + a2^2 - 2\cdot a1\cdot a2\cdot \cos\varphi)^{1/2};$$
$$h(\varphi) = (a1\cdot a2/l)\sin\varphi;$$
$$M(\varphi) = L\cdot G\cdot \cos\varphi - B\cdot G\cdot \sin\varphi;$$
$$R(\varphi) = M(\varphi)/h(\varphi);$$
$$F = R(0)/P0,$$

где **a2** - расстояние между точками крепления стрелы и домкрата к раме; **b** - продольное смещение точки крепления домкрата к раме по отношению к точке крепления стрелы; **b1** - расстояние по вертикали между точками крепления к раме стрелы и домкрата; **φ0** - начальный угол между стрелой и отрезком **a2**; ***l*** – длина домкрата; **φ** - угол поворота стрелы относительно отрезка **a1**; **h(φ)** - плечо домкрата; **M(φ)** - момент от внешних сил относительно оси вращения стрелы; **L** - расстояние от оси вращения стрелы до центра масс поднимаемой системы; **G** - сила веса поднимаемой системы; **B** - высота центра масс относительно стрелы; **R(φ)** - сила, развиваемая домкратом при подъеме; **F** - площадь поршня домкрата; **P0** - максимальное давление в полости домкрата.

Для подъема стрелы с грузом используется газовый цилиндр (рис.2), в полость 3 которого подается газ из баллона 1 через запорный орган 2. Давлением в цилиндре поршень 4 со штоком выдвигается и поднимает стрелу с грузом.

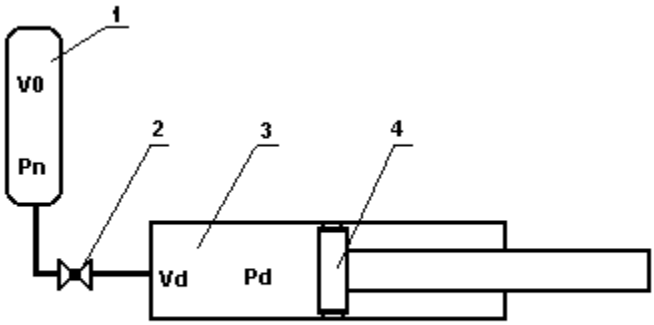

Рис. 2. Газовый привод подъема

Для определения потребного для подъема газа поступим следующим образом:

- рассчитаем массу газа в цилиндре при заданном давлении и текущем объеме цилиндра;
- для преодоления динамических нагрузок величину давления принимаем с некоторым превышением по сравнению с расчетным значением

© к.т.н. А.А. Пьянков, к.т.н. А.И. Пискачев, 2000

давления;

- процесс расширения газа считаем изотермическим.

Уравнения состояния газа в цилиндре можно записать в виде:

$$\mathbf{P(\varphi) = R(\varphi)/F};$$

$$\mathbf{V(\varphi)=F(l(\varphi) - l0)};$$

$$\mathbf{m(\varphi) = k1 \cdot P(\varphi)V(\varphi)/(R1 \cdot T1)},$$

где **P(φ) -** потребное давление в цилиндре; **V(φ) -** объем газовой полости цилиндра; **m(φ) -** масса газа в цилиндре; **k1 –** коэффициент запаса; **R1, T1 -** газовая постоянная и температура газа.

Решение системы уравнений кинематики подъема приведено на рис.3.

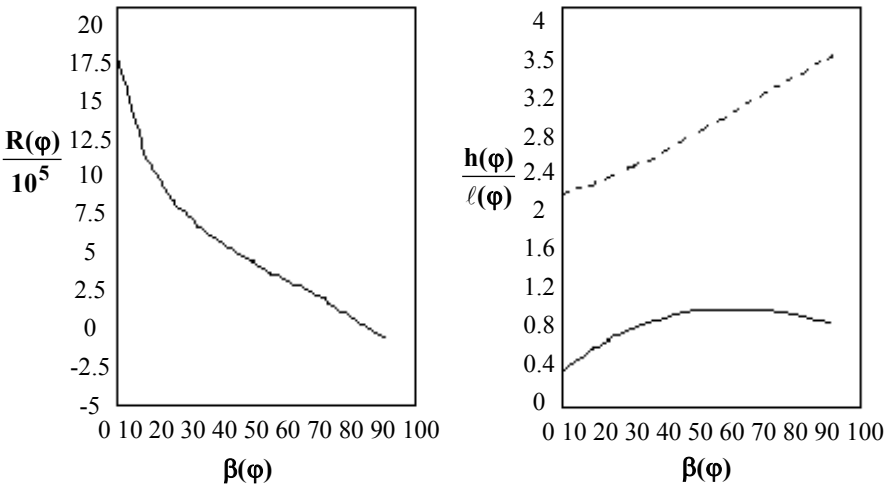

Рис. 3. Изменение усилий в домкрате, его плеча и длины в процессе подъема

Анализ решения показывает, что усилие, действующее на газовый цилиндр, в процессе подъема уменьшается. На рис. 4 приведены программа расчета массы газа в процессе подъема и зависимость массы газа в пневмоцилиндре от угла подъема.

Из рис. 4 видно, что потребная масса газа имеет экстремум (максимум) в районе подъема системы на угол около 50 градусов. При заполнении цилиндра максимальной массой газа дальнейшую подачу газа можно прекратить, а движение системы будет происходить с увеличением ее скорости. Таким образом, для оценки необходимой массы газа для подъема системы необходимо определить максимальную потребную массу газа и обеспечить поступление ее в цилиндр. Так как сжатый газ запасен в баллоне, то необходимо определить объем баллона и исходное давление газа в нем. Считая, что процесс расширения газа изотермический, и в конце расширения масса газа в цилин-

дре должна быть равна вычисленной, необходимо подобрать объем баллона с исходным давлением $\mathbf{P0_б}$. Объем баллона может быть определен в следующем виде:

$$\mathbf{V_б = m \cdot R1 \cdot T1 / (P0_б - P_{кб}),}$$

где $\mathbf{V_б}$ – объем баллона; **m** – масса газа в баллоне; $\mathbf{P0_б}$ – начальное давление в баллоне; $\mathbf{P_{кб}}$ - давление в баллоне при максимальной массе газа.

$$V(\varphi) = F(\ell(\varphi) - \ell(\varphi 0)) \qquad R1 = 293 \qquad T1 = 300$$

$$Vb = \frac{Vd}{\left(\frac{P2}{Pd} - 1.1\right)} \qquad Vd = 0.01487$$

$$Pd = 5.273 \cdot 10^6 \quad m(\varphi) = \frac{k1 \cdot P(\varphi) \cdot V(\varphi)}{R1 \cdot T1} \qquad k1 = 1.5 \qquad P2 = 30 \cdot 10^6$$

$$Rb = \left(\frac{3 \cdot Vd}{4\pi}\right)^{\frac{1}{3}} \qquad Vb = 0.003 \qquad Rb = 0.153$$

m(φ)
0
1.525
2.659
3.533
4.103
4.276
3.937
2.955
1.18
-1.578

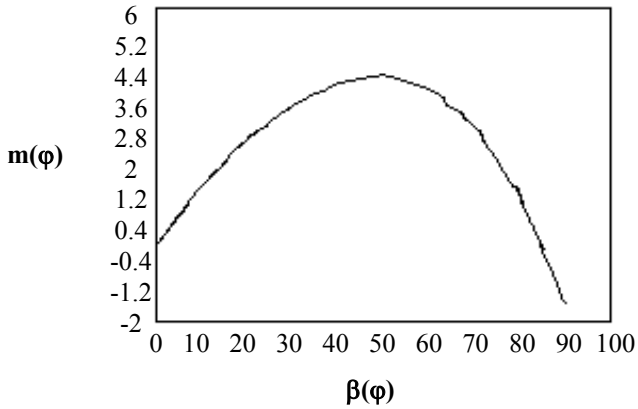

Рис. 4. Программа расчета и зависимости массы газа от угла подъема (обозначения в программе: $\mathbf{Vb=V_б}$; $\mathbf{Vd=V_д}$; $\mathbf{P2=PO_б}$; $\mathbf{Pd=P_{кб}}$)

Объем баллона можно вычислить также по формуле

$$\mathbf{V_б = V_д / (P0_б / P_{кб} - 1{,}1)},$$

где $\mathbf{V_д}$ - объем газового цилиндра при максимальной массе газа.

Расчеты, проведенные по данной методике, позволяют выбрать параметры газовой системы для подъема с помощью сжатого газа.

Поступила в редколлегию 14.09.2000