

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ РАЗМЕРОВ ПАТРОНОВ ДЛЯ ПНЕВМОПОЧТ

Г. П. БОРИСЕНКО, А. Е. БЕЛЯЕВ

(Представлена научным семинаром кафедры прикладной механики)

При сооружении пневмопочт к уже действующим установкам и оборудованию часто возникает необходимость включать в трассу трубопровода изгибы небольших радиусов. В некоторых случаях радиус изгиба приходится делать близким или даже равным минимально допустимому по условиям получения качественного изгиба [5, 6, 7, 8].

Для подобных условий очень важно определить максимально возможные размеры патронов, так как это необходимо для ответа на вопрос о возможности применения пневмопочты по условиям трассы.

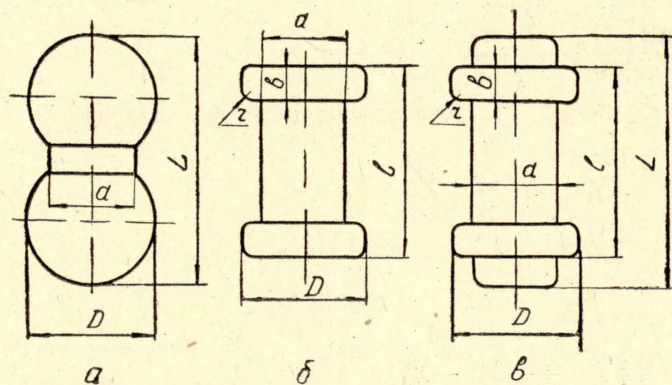


Рис. 1. Применяемые формы патронов

Максимальные размеры патрона, форма которого указана на рис. 1, *а*, в зависимости от параметров изогнутого участка трубопровода относительно просто определяются графическим методом. Однако этот метод становится трудоемким и дает неточные результаты при определении размеров патронов, формы которых указаны на рис. 1, *б*, *в*.

В работе [1] приводится полуэмпирическая формула для определения радиуса изгиба в зависимости от размеров патрона. Нами установлено, что результаты, получаемые по этой формуле, в 2—3 раза больше минимально возможных и, следовательно, определять предельные значения вышеуказанных параметров по ней нельзя. Других методик по определению предельных параметров изогнутого участка трубопровода пневмопочты нам неизвестно.

В настоящей работе сделана попытка получить аналитические выражения для максимально возможных размеров патронов, формы которых показаны на рис. 1, б, в зависимости от наименьших параметров изгиба, включенного в трубопровод пневмопочты.

На рис. 2 схематично изображены изогнутый участок трубы с радиусом изгиба R и диаметром проходного сечения d_0 и находящийся в нем патрон. Согласно рис. 2 одно из предельных условий беспрепятственного прохода патрона, форма которого показана на рис. 1, б, по данному участку трубы записывается следующим образом:

$$\frac{d}{2} = Y_0 - \left(R - \frac{d_0}{2} \right), \quad (1)$$

где Y_0 — расстояние от оси патрона по оси OY в выбранной системе координат, которое определяется из системы уравнений, описывающих условия касания пояска с внутренней поверхностью изгиба в плоскости

$$X = \frac{l}{2}.$$

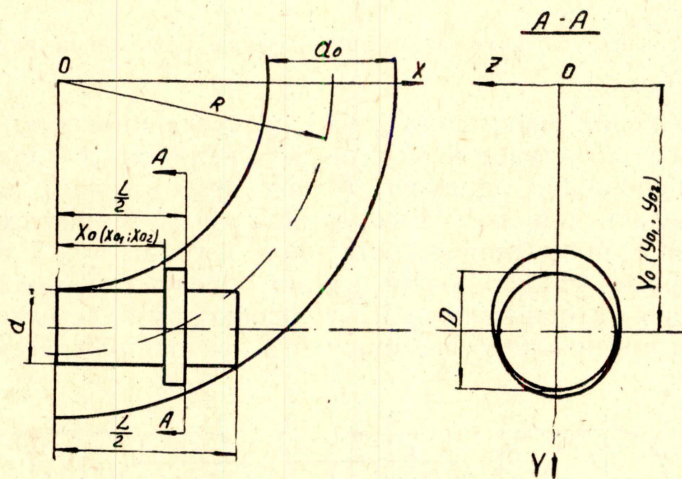


Рис. 2. К определению размеров патрона

$$\left(\sqrt{\frac{l^2}{4} + Y^2} - R \right)^2 + Z^2 = \frac{d_0^2}{4}; \quad (2)$$

$$(Y - Y_0)^2 + Z^2 = \frac{D^2}{4}; \quad (3)$$

$$\frac{Y \left(\sqrt{\frac{l^2}{4} + Y^2} - R \right)}{\sqrt{\frac{l^2}{4} + Y^2} \sqrt{\frac{d_0^2}{4} - \left(\sqrt{\frac{l^2}{4} + Y^2} - R \right)^2}} = \frac{Y - Y_0}{\sqrt{\frac{D^2}{4} - (Y - Y_0)^2}}, \quad (4)$$

где, уравнение (2) — уравнение кривой, полученной сечением торовой поверхности (внутренней поверхности изогнутого участка трубопровода) плоскостью $X = \frac{l}{2}$ в принятой системе координат (l — один из размеров патрона, см. рис. 1, б); уравнение (3) — уравнение окружности, полученной сечением цилиндрического участка патрона (диаметр D) плоскостью $X = \frac{l}{2}$ в принятой системе координат; уравнение (4) — условие касания кривых (2) и (3); касательные для этих кривых должны совпадать в точке касания.

Для рассматриваемого случая:

$$Y_{0_1} = \sqrt{\left(R + \frac{d_0}{2}\right)^2 - \frac{l^2}{4} - \frac{D}{2}}, \quad (5)$$

$$Y_{0_2} = \sqrt{R^2 - \left(\frac{l^2}{2} - \sqrt{\frac{d_0^2}{4} - \frac{D^2}{4}}\right)^2}. \quad (6)$$

Подставляя (5) и (6) в (1), получим:

$$d_1 = \sqrt{(2R + d_0)^2 - l^2} - D - (2R - d_0), \quad (7)$$

$$d_2 = \sqrt{4R^2 - (l - \sqrt{d_0^2 - D^2})^2} - (2R - d_0). \quad (8)$$

Максимально возможный диаметр гильзы патрона d в зависимости от выбранной длины патрона l определяется по формуле (7), если

$$l \leq (2R + d_0) \sqrt{1 - \left(\frac{D}{d_0}\right)^2} \quad (9)$$

и по формуле (8), если

$$l \geq (2R + d_0) \sqrt{2 - \left(\frac{D}{d_0}\right)^2}. \quad (10)$$

Условия (9) и (10) получены исходя из того, что $Y_{0_1} \leq Y_{0_2}$. Если требуется определить максимальную возможную длину патрона « l » при выбранном диаметре гильзы « d », то решив уравнения (7) и (8) относительно « l », получим:

$$l_1 = \sqrt{(2R + d_0)^2 - (d + 2R - d_0 + D)^2}, \quad (11)$$

$$l_2 = \sqrt{4R^2 - (2R + d - d_0)^2} + \sqrt{d_0^2 - D^2}. \quad (12)$$

При этом необходимо применять формулу (11), если

$$d \geq d_0 - \frac{2R}{d_0} (d_0 - D), \quad (13)$$

и формулу (12), если

$$d \leq d_0 - \frac{2R}{d_0} (d_0 - D). \quad (14)$$

Разность « $d_0 - D$ » в уравнениях (7), (8), (11), (12), (13), (14) равна величине зазора « δ » между уплотнительным пояском патрона и внутренней поверхностью трубы. По рекомендациям [1, 2, 3, 4] $\delta = 1 \div 3$ мм.

Принимая во внимание, что

$$d_0 - D = \delta, \quad (15)$$

$$d_0 - d = \delta_1, \quad (16)$$

преобразуем уравнения (7), (8), (11), (12), (13), (14):

$$d_1 = \sqrt{(2R + d_0)^2 - l^2} - (2R - \delta), \quad (7^1)$$

$$d_2 = \sqrt{4R^2 - (l - \sqrt{(d_0 + D)\delta})^2} - 2R + d_0, \quad (8^1)$$

$$l_1 = \sqrt{(\delta + \delta_1)(4R + D + d)}, \quad (11^1)$$

$$l_2 = \sqrt{\delta_1(4R - \delta_1)} + \sqrt{(d_0 + D)\delta}, \quad (12^1)$$

$$d \geq d_0 - \frac{2R\delta}{d_0}, \quad (13^1)$$

$$d \leq d_0 - \frac{2R\delta}{d_0}. \quad (14^1)$$

Для беспрепятственного прохода патрона, форма которого указана на рис. 1, б, необходимо выполнить еще одно условие:

$$b = \frac{l}{2} - X_0, \quad (17)$$

где b — ширина уплотнительного пояса патрона;

X_0 определяется из системы уравнений (18), (19), (20), описывающей условия касания уплотнительности пояса в плоскости $X=X_0$ в принятой системе координат (рис. 2) с внутренней поверхностью изгиба

$$\left\{ \begin{array}{l} (\sqrt{X_0^2 + Y^2} - R)^2 + Z^2 = \frac{d_0^2}{4}; \end{array} \right. \quad (18)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} (Y - Y_0)^2 + Z^2 = \frac{D^2}{4}; \end{array} \right. \quad (19)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{Y(\sqrt{X_0^2 + Y^2} - R)}{\sqrt{X_0^2 + Y^2} \sqrt{\frac{d_0^2}{4} - (\sqrt{X_0^2 + Y^2} - R)^2}} = \frac{Y - Y_0}{\sqrt{\frac{D^2}{4} - (Y - Y_0)^2}}, \end{array} \right. \quad (20)$$

где уравнение (18) — уравнение кривой, полученной сечением торовой поверхности (внутренней поверхности изгиба) плоскостью $X=X_0$ в принятой системе координат; уравнение (19) — уравнение окружности, полученной сечением цилиндрического участка патрона (диаметр D) плоскостью $X=X_0$ в принятой системе координат; уравнение (20) — условие касания кривых (18) и (19); касательные для этих кривых должны совпадать в точке касания.

Для рассматриваемого случая:

$$X_{0_1} = \sqrt{\left(R - \frac{d_0}{2}\right)^2 - \left(Y_{0_1} - \frac{D}{2}\right)^2}, \quad (21)$$

$$X_{0_2} = \sqrt{R^2 - Y_{0_2}^2} - \sqrt{\frac{d_0^2}{4} - \frac{D^2}{4}}. \quad (22)$$

Подставляя в (1) уравнение (5), в (22) — (6), после некоторых преобразований получим:

$$X_{0_1} = \sqrt{(D-d) \left(R - \frac{d_0}{2} - \frac{D}{4} + \frac{d}{4}\right)}, \quad (21^1)$$

$$X_{0_2} = \frac{l}{2} - \sqrt{d_0^2 - D^2}. \quad (22^1)$$

Подставляя (21¹) и (22¹) в (17), соответственно получим:

$$b_1 = \frac{l}{2} - \sqrt{(D-d) \left(R - \frac{d_0}{2} - \frac{D}{4} + \frac{d}{4}\right)}, \quad (23)$$

$$b_2 = \sqrt{d_0^2 - D^2}. \quad (24)$$

Уравнение (23) применяется при выполнении условия (9) или (13), а уравнение (24) — при выполнении условия (10) или (14).

Габаритные размеры патрона были вычислены из предельных условий беспрепятственного его прохода по изгибу идеальной формы. Так как при изготовлении изгиба неизбежны некоторые отклонения от идеальной формы, то для беспрепятственного прохода патрона по реальному изгибу необходимо ввести компенсирующий размер. В качестве такого принимаем радиус скруглений уплотнительного пояска патрона « r ». Величину « r » рекомендуем брать равной:

$$r = \frac{1}{3}b. \quad (25)$$

Для определения радиуса изгиба в зависимости от выбранных размеров патрона, форма которого указана на рис. 1, б, используем формулу (1):

$$R = Y_0 + \frac{1}{2}(d_0 - d).$$

Подставляя в (1) уравнения (5) и (6), соответственно получим

$$R_1 = \frac{l^2}{4(\delta + \delta_1)} - \frac{D+d}{4}, \quad (26)$$

$$R_2 = \frac{(l - \sqrt{(d_0 + D)\delta^2})}{4\delta_1} + \frac{\delta_1}{4}. \quad (27)$$

Формула (26) применяется при условии

$$l \leq (\delta + \delta_1) \sqrt{\frac{D+d}{\delta}}, \quad (28)$$

а формула (27) — при условии

$$l \geq (\delta + \delta_1) \sqrt{\frac{D+d}{\delta}}. \quad (29)$$

Определение размеров патрона, форма которого показана на рис. 1, в, в зависимости от радиуса изгиба R трубопровода производится аналогично приведенному выше методу.

Выводы

1. В работе приведены аналитические зависимости, позволяющие связать радиусы изгиба трубопроводов пневмопочт с размерами патронов, наиболее часто встречающихся в настоящее время (рис. 1, б).

2. При одинаковых параметрах изгиба трубопроводов форма патрона, показанная на рис. 1, в, оказывается более предпочтительной вследствие большего полезного объема.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Ф. Руденко, Ф. А. Говоров. Пневмотранспорт документов и мелких предметов в патронах, Машгиз, М., 1963.
2. А. Г. Богданченко. Пневматическая подача проб из сталеплавильного цеха в лабораторию. Металлургия, М., 1964.

3. С. И. Глузман, Л. В. Корнюшин, С. С. Орлов. О системе пневматического транспортирования проб стали на металлургических заводах. Заводская лаборатория. Металлургиздат, М., 1957, № 4.

4. С. А. Назаров. Пневматический транспорт проб стали на металлургических заводах. Заводская лаборатория. Металлургиздат, М., 1962, № 11.

5. А. И. Гальперин. Гнутье труб, Госстройиздат, М., 1958.

6. А. Н. Батенчук. Изготовление и монтаж технологических трубопроводов, Госстройиздат, М., 1962.

7. Л. П. Гинзбург-Шик. Гнутье труб в монтажных условиях. Госэнергоиздат, М., 1951.

8. Б. С. Дмитриев. Трубогибочные работы, Машгиз, М., 1953.
